

Umweltdaten 2003 Baden-Württemberg





Umweltdaten 2003

Baden-Württemberg

Umweltdaten 2003

Herausgeber	Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, 70029 Stuttgart Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 76157 Karlsruhe
ISSN	0938 - 2178
Redaktion und Gestaltung	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Abteilung 2 - Ökologie, Boden- und Naturschutz Referat 21 - Konzeptentwicklung, Forschungstransfer
Druck gedruckt auf	Greiserdruck GmbH & Co. KG, 76405 Rastatt Recyclingpapier aus 100 % Altpapier, 80 g Umschlagkarton aus 100 % Altpapier, 250 g
Nachdruck	Soweit nicht Rechte Dritter betroffen sind, ist der Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.
Bezug über	Verlagsauslieferung der LfU bei der JVA Mannheim, Herzogenriedstraße 111, 68169 Mannheim, Telefax (0621) 39 82 22
Karlsruhe, Oktober 2003	



Die systematische und kontinuierliche Beobachtung der Umwelt ist unverzichtbare Grundlage für die Information der Öffentlichkeit. Entscheidungen der Politik müssen für die Bürgerinnen und Bürger nachvollziehbar sein. Mit den Umweltdaten wollen wir den Zustand der Umwelt in Baden-Württemberg für jeden transparent darstellen. Denn Transparenz staatlichen Handelns ist gerade für den Bereich Umwelt und Nachhaltigkeit unabdingbar.

Seit der ersten Ausgabe der Umweltdaten im Jahr 1977 hat sich die Situation der Umwelt in Baden-Württemberg deutlich verbessert. In den Bereichen Luftreinhaltung, Bodenschutz, beim Zustand von Flüssen und Seen sowie in der Abfallwirtschaft wurden deutliche Fortschritte erzielt. Zwar sind die von Jahr zu Jahr messbaren Erfolge gering, aber der Trend ist in diesen Umweltbereichen klar positiv. Die regelmäßige Fortschreibung der Umweltdaten ist für die Politik ein wichtiges Informationsinstrument, da sie eine Erfolgskontrolle für die Wirksamkeit umweltpolitischer Maßnahmen ermöglichen.

Die „Umweltdaten 2003“ stellen jedoch keine reine Fortschreibung der Vorgängerversion dar. Sie greifen vielmehr Problemverschiebungen auf und machen den Handlungsbedarf deutlich, der etwa beim Flächenverbrauch, der Lärmbelastung, dem Ausstoß klimawirksamer Gase und dem zunehmenden Rohstoff- und Ressourcenverbrauch besteht. Gemessen an der wirtschaftlichen Leistung sind zwar auch hier erfreuliche Fortschritte zu verzeichnen, etwa bei der Energieproduktivität. Allerdings ist in diesen Bereichen die absolute Belastung der Umwelt nach wie vor hoch, so dass bei der Festlegung umweltpolitischer Schwerpunkte diese Bereiche Priorität genießen.

Die Ziele der Umweltpolitik des Landes wurden erstmals im Umweltplan Baden-Württemberg zusammenhängend konkretisiert. Der Umweltplan umfasst Leitvorstellungen sowie qualitative und quantitative Ziele für eine dauerhaft umweltgerechte Entwicklung des Landes und stellt so einen langfristigen Orientierungsrahmen für alle Akteure in Politik, Wirtschaft, Verwaltung und Gesellschaft dar. Gerade bei langfristigen Zielvorgaben ist es wichtig, eine regelmäßige Erfolgskontrolle durchzuführen. Nur so können Zielabweichungen rechtzeitig erkannt und gegengesteuert werden. Die Umweltdaten sind für die Umsetzung des Umweltplans ein unerlässliches Kontrollinstrument, das uns offen legt, wo wir auf gutem Wege sind und wo verstärkte Anstrengungen unternommen werden müssen.

Mein Dank gilt allen, die zum Gelingen der vorliegenden Umweltdaten 2003 beigetragen haben.

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'U' followed by a series of loops and a final vertical stroke.

Ulrich Müller Mdl

Minister für Umwelt und Verkehr
des Landes Baden-Württemberg



Voraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung ist die umfassende Kenntnis der Umweltsituation. Informationen über Inanspruchnahme und Zustand der Umwelt und der natürlichen Lebensgrundlagen sowie über Art, Umfang und den Erfolg getroffener Schutzmaßnahmen sind hierfür unerlässlich.

Mit den „Umweltdaten 2003“ legen das Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg und die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg bereits zum neunten Mal einen umfassenden Umweltbericht vor. Es werden sowohl der Zustand und die Entwicklung der „klassischen“ Umweltmedien Wasser, Boden, Luft, Natur und Landschaft dokumentiert, erläutert und bewertet. Daneben werden auch weitere Themenfelder wie z.B. die Umweltökonomie und das Umweltinformationssystem behandelt. Erstmals ist dem Thema „Nachhaltiges Baden-Württemberg“ ein eigenes Kapitel gewidmet. Es enthält unter anderem Ausführungen zur Lokalen Agenda 21 und zu dem aktuellen Umweltthema „Flächenverbrauch“. Auch aktuelle Brennpunkte des Umweltschutzes, wie die Entwicklung der Ozonkonzentration, die Klimafolgen oder das Funkwellenmessprogramm, werden dargestellt.


















Jedem Kapitel wurde – soweit vorhanden – der dazugehörige Indikator vorangestellt, der als Kenngröße die jeweilige Umweltsituation trendmäßig beschreibt. Alle Indikatoren werden im Kapitel „Umweltindikatoren“ nochmals zusammenfassend abgebildet und beschrieben. Sie sollen künftig als „Umweltbarometer“ fortgeschrieben werden.

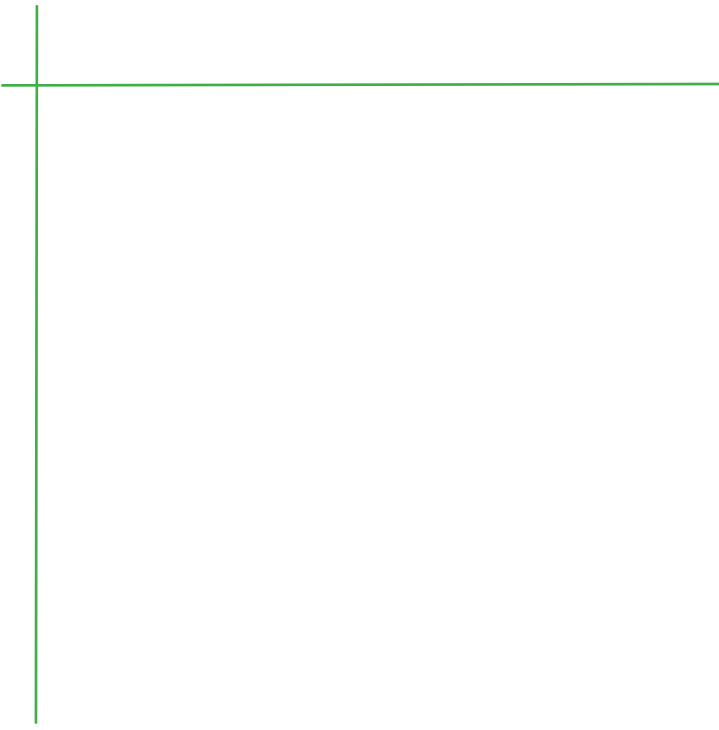
Neben der Ihnen vorliegenden Langfassung der Umweltdaten wurde zusammen mit dem Statistischen Landesamt Baden-Württemberg eine Kurzversion der „Umweltdaten 2003“ erstellt. Die Broschüre „Umweltdaten 2003 – Kurzfassung“ enthält die wichtigsten Daten in komprimierter und allgemein verständlicher Form.

Da Umweltschutz einer umfassenden Umweltbetrachtung bedarf, waren neben der LfU viele Institutionen in die Berichtserstellung eingebunden. Mein Dank gilt dem Engagement aller Beteiligten, die die Daten zusammengestellt und wissenschaftlich aufbereitet sowie erläuternde Beiträge hierzu bereitgestellt haben.

Margareta Barth

Präsidentin der
Landesanstalt für Umweltschutz
Baden-Württemberg

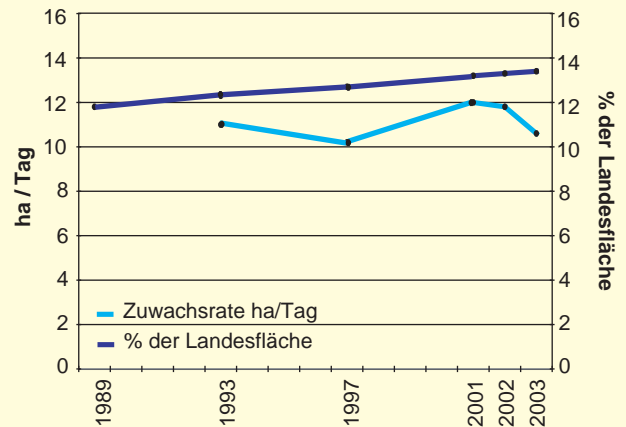
Nachhaltiges Baden-Württemberg	7 - 10	
Umweltökonomie	11 - 18	
Verkehr	19 - 32	
Energie	33 - 42	
Klimafolgen	43 - 48	
Luft	49 - 72	
Elektromagnetische Felder	73 - 82	
Radioaktivität	83 - 96	
Lärm	97 - 110	
Abfall	111 - 116	
Wasser und Altlasten	117 - 180	
Boden	181 - 188	
Lebensmittel und Verbraucherschutz	189 - 206	
Natur und Landschaft	207 - 240	
Wald	241 - 254	
Umweltindikatoren	255 - 264	
Umweltinformationssystem	265 - 270	



NACHHALTIGES BADEN-WÜRTTEMBERG

1. Dauerhaft umweltgerechte Entwicklung	7
2. Lokale Agenda 21	7
3. Bevölkerungsentwicklung	8
4. Altersaufbau	8
5. Flächennutzung	9
6. Anhang	10

Wesentlicher Eckpunkt einer nachhaltigen Entwicklung ist die umweltgerechte Flächennutzung. Mehr als 13 % der Landesfläche sind versiegelt. Täglich kommen knapp 11 ha hinzu.



vgl. Kapitel „Umweltindikatoren“

1. Dauerhaft umweltgerechte Entwicklung

Mit dem Umweltplan 2000 hat die Landesregierung Baden-Württemberg ihre Leitvorstellungen für eine dauerhaft umweltgerechte Entwicklung und für eine nachhaltige Zukunft des Landes vorgelegt. Der Umweltplan ist ein Orientierungsrahmen für die staatlichen Akteure und die Gesellschaft.

Darüber hinaus hat die Landesregierung Baden-Württemberg im April 2002 einen Nachhaltigkeitsbeirat (NBBW) berufen. Ihm gehören neun Umweltwissenschaftler an. Sie beraten die Landesregierung in allen Fragen der Nachhaltigkeit.

Nachhaltigkeit bedeutet die wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Verhältnisse als eine Einheit zu betrachten. Leitziel für eine nachhaltige Entwicklung Baden-Württembergs ist demnach, die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit des Landes, den sozialen Frieden, die natürlichen Lebensgrundlagen und die Lebensqualität der Bürgerinnen und Bürger zu erhalten. Dies bedingt, dass einerseits soziale und wirtschaftliche Entwicklungen zugleich umweltverträglich gesteuert werden und andererseits bei Umweltmaßnahmen auch deren soziale und wirtschaftliche Auswirkungen Berücksichtigung finden.

2. Lokale Agenda 21

Bei der Konferenz für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen 1992 in Rio de Janeiro haben 178 Staaten ein umfangreiches weltweites Aktionsprogramm für eine umweltverträgliche, nachhaltige Entwicklung verabschiedet, die „Agenda 21“. Der daraus folgende Auftrag an alle Kommunen war, für ein Gleichgewicht zwischen ökologischen, sozialen und ökonomischen Gegebenheiten zu sorgen. Jede Kommunalverwaltung soll in einen Dialog mit ihren Bürgern, Organisationen und der Privatwirtschaft eintreten und eine kommunale Agenda 21 beschließen (Kapitel 28 der Agenda 21).

In Baden-Württemberg hat als erste Kommune die Stadt Karlsruhe durch Gemeinderatsbeschluss im Mai 1995 einen Agenda-Beschluss gefasst. Am 28. April 1998 richtete Baden-Württemberg sein Agenda-Büro in der Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) ein. Es hilft den Kommunen beim Start und bei der Umsetzung von Projekten der Lokalen Agenda 21 (LA 21).

In 371 Gemeinden (von 1110) und 13 Landkreisen (von 35) liegen Beschlüsse von Gemeinderäten und Kreistagen zur LA 21 vor. Damit haben fast jede dritte Gemeinde (32 %) und 37 % der Landkreise einen LA 21-Beschluss gefasst. Baden-Württemberg liegt somit deutlich über dem bun-

desweiten Durchschnitt, wonach nur jede sechste Gemeinde (17 %) eine LA 21 beschlossen hat. Dabei ist ein starkes Gefälle nach Gemeindegrößen feststellbar. Kleine Gemeinden unter 10 000, besonders aber unter 5 000 Einwohnern, sind unterrepräsentiert. Die Gesamtentwicklung des LA 21-Prozesses im Land zeigt Abb. 1.

Die LA 21-Aktivitäten im Land sind regional und lokal im Einzelnen sehr unterschiedlich verteilt (Abb. 2).

Die LA 21 beruht auf der Kooperationsachse Bürger-Verwaltung. Die Bürger werden dazu in Arbeitskreisen zu Schwerpunktthemen einer nachhaltigen Entwicklung beteiligt. Durchschnittlich arbeiten in jeder Agenda-Kommune vier Bürger-Arbeitskreise, die sich konkreten Projekten widmen. Das Land Baden-Württemberg hat von 1999 bis 2002 insgesamt 215 kommunale LA 21-Projekte mit rund 2 Mio. Euro gefördert.

Eine Umfrage der LfU (erhältlich als „Arbeitsmaterialie Nr. 24“ beim Agenda-Büro der LfU) zur LA 21 zeigt, dass

Auszug aus dem Bericht der Brundtland-Kommission (1987)

(World Commission on Environment and Development „Brundtland-Kommission“ 1987):

„Nachhaltige Entwicklung ist Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.“

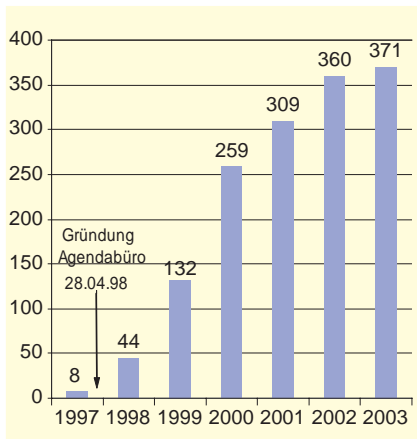


Abb. 1: Lokale Agenda 21-Beschlüsse: Gemeinden 1997 – 2000, Gemeinden und Landkreise 2001 – 2003 (Quelle: LfU, 2003)

rund drei Viertel der Agenda-Kommunen, Umwelt-, Naturschutz sowie Soziales als LA 21-Themen benennen. Als wichtigstes Einzelthema folgt bei zwei Dritteln das Thema Verkehr und Mobilität. Stadt-, Siedlungsent-

wicklung und Energie-, Klimaschutz nennen etwa jede zweite Kommune. Von den Agenda-Kommunen fördern 54 % erneuerbare Energien, 40 % das Energiesparen. Eine Studie der Akademie für Technikfolgenabschätzung zeigt: Agenda-Kommunen sind hierbei deutlich aktiver als andere Kommunen im Land. Insgesamt fördern 33 % der Kommunen erneuerbare Energien, 20 % das Energiesparen und 40 % der Kommunen im Land arbeiten mit kommunalen Nachhaltigkeitsindikatoren oder planen diese ihrer Arbeit zugrunde zu legen.

Eine Agenda-Kommune setzt durchschnittlich jeweils neun Projekte um. Als wichtigste Agenda-Erfolge betrachten die Kommunen umgesetzte konkrete Maßnahmen und Projekte. Durch die Bürgerbeteiligung gewinnen die Kommunen neue Akteure und es gelingt ihnen eine bessere

Zusammenarbeit der Bürger mit der Gemeinde.

Die häufigste Empfehlung der Kommunen für den weiteren LA 21-Prozess heißt deshalb: Lokale Agenda lebt in konkreten kleinen Schritten, in Projekten und in praxisbezogenen Arbeiten. Dann stellen sich auch sichtbare Erfolge ein.

3. Bevölkerungsentwicklung

Im Vergleich zu den anderen Bundesländern hatte Baden-Württemberg in den vergangenen 50 Jahren (1950-2000) den höchsten Anstieg der Bevölkerungszahl. Am Jahresende 1952 betrug Baden-Württembergs Einwohnerzahl 6 696 756. Am 31.12.2002 lebten im Land, auf 35 751,3 qkm Fläche, 10 613 200 Menschen (Vergleichszahlen 1981 und 1991: 9 287 921 und 10 001 840). Je qkm sind dies, bezogen auf 2002, 298 Personen (zum Vergleich: 1980 259, 1991 280). Die voraussichtliche weitere Entwicklung geht davon aus, dass die Bevölkerung im Land sich – verglichen mit früheren Zeiträumen – bis 2010 noch mäßig erhöhen dürfte. Ab dem Jahr 2026 wird die Bevölkerungszahl in Baden-Württemberg voraussichtlich zurückgehen (Abb. 3).

4. Altersaufbau

Im Vergleich zur Entwicklung der Bevölkerungszahl stellen die absehbaren Veränderungen beim Bevölkerungsalter die weitaus bedeutenderen Herausforderungen an Gesellschaft und Politik dar. Bei der Altersgliederung werden die Auswirkungen des Geburtenrückgangs immer mehr erkennbar: Infolge der niedrigen Kinderzahlen ist der Anteil der nachwachsenden Generation gering geworden.

In der älteren Bevölkerung sind Frauen aufgrund ihrer höheren Lebenserwartung und der immer noch sichtbaren Kriegsfolgen stärker vertreten als Männer. Demgegenüber übertrifft bei den unter 35-Jährigen die Zahl der Männer leicht die der Frauen (Abb. 4).

Die Besetzungsraten der einzelnen Altersjahrgänge wirken sich, unmit-

Baden-Württemberg Lokale Agenda 21 STAND 08.08.2003

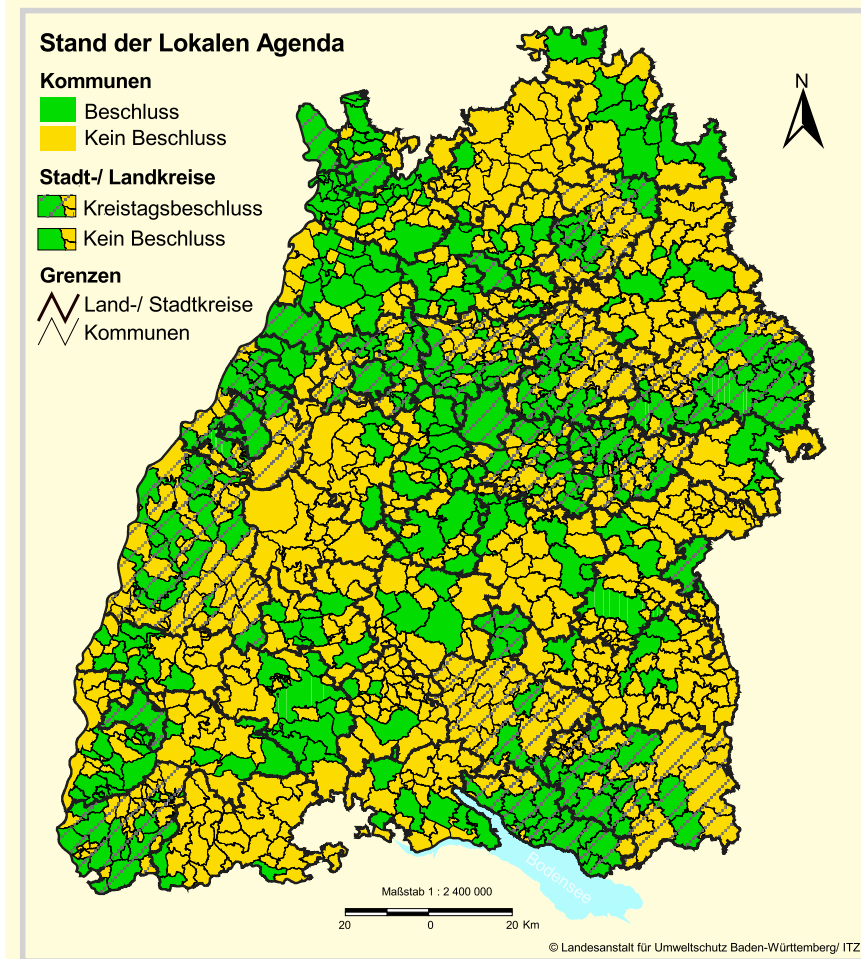


Abb. 2: Lokale Agenda 21-Beschlüsse: Lokale und regionale Verteilung (Quelle: LfU; Stand 8/2003)

Bevölkerungszahlen

Die Bevölkerungszahlen werden auf der Grundlage der jeweils letzten allgemeinen Zählung der Bevölkerung nach den Ergebnissen der Statistik der natürlichen Bevölkerungsbewegung und der Wanderungsstatistik fortgeschrieben. Zugänge sind die Geburten und Zuzüge, Abgänge die Sterbefälle und Fortzüge. Weiterhin werden mit Wirkung vom 27.4.1983 die An- und Abmeldungen der Personen, die mehrere Wohnungen innehaben, der Bevölkerung der Gemeinde zugerechnet, in der sich die Hauptwohnung befindet. Seit diesem Zeitpunkt werden auch die Mitteilungen über den Wechsel der Hauptwohnung berücksichtigt.

telbar wie mittelbar, auf nahezu alle Bereiche aus. Während Anfang der 70er Jahre das mittlere Alter (Median) der Bevölkerung bei rund 33 Jahren lag, belief es sich Ende 2002 auf 40 Jahre. Im Jahr 2000 lebten erstmals in der Geschichte des Landes mehr 60-jährige und über 60-jährige (23 % der Bevölkerung) als junge Menschen unter 20 Jahren (22 %).

Bei der Gründung des Landes 1952 wies die Bevölkerung einen Anteil der unter 20-Jährigen von rund 31 % und einen Anteil der 60-Jährigen und Älteren von knapp 14 % auf.

Der Anteil der nachwachsenden Generation – der unter 20-Jährigen – an der Gesamtbevölkerung wird von heute 22 % auf 20 % im Jahr 2010 sinken.

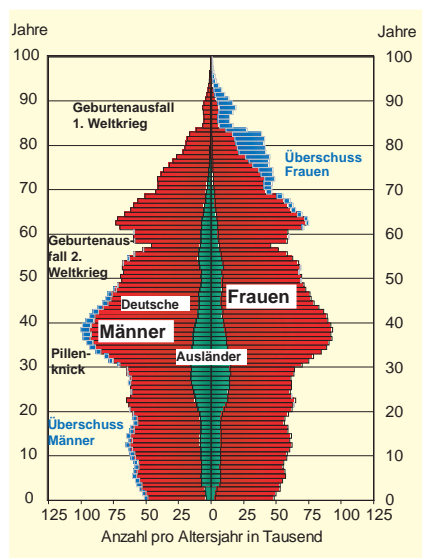


Abb. 4: Altersaufbau der Bevölkerung am 31.12.2002 (Quelle: StaLa, 2003)

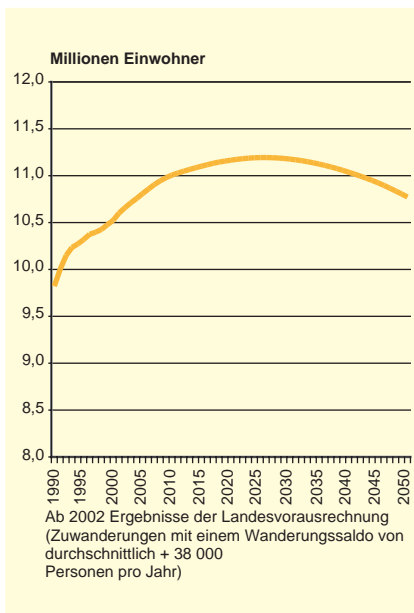
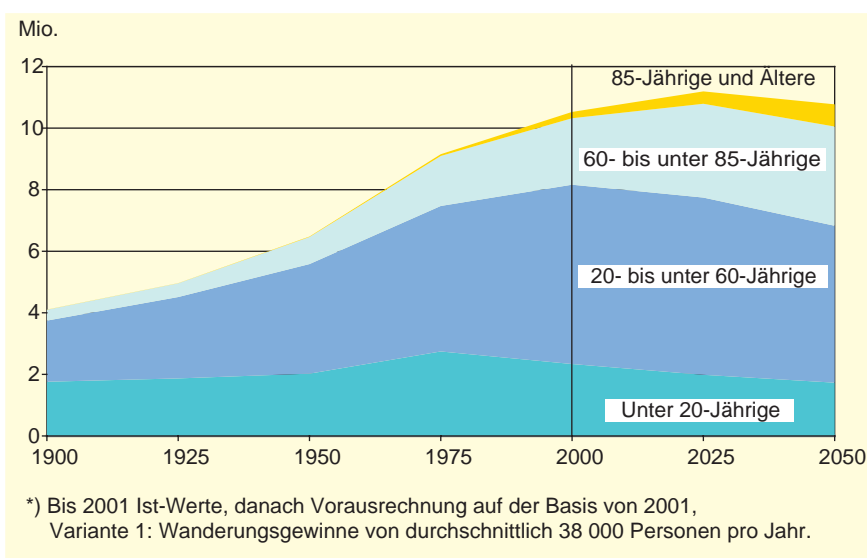


Abb. 3: Bevölkerung – Vorausberechnung. Basis: 2001 (Quelle: StaLa, 2003)

In einer gegenläufigen Bewegung wird der Bevölkerungsanteil der 60-Jährigen und Älteren von heute knapp 23 % auf 25 % bis zum Jahr 2010 ansteigen (Abb. 5).

Bei diesen Daten ist zu bedenken, dass Vorausberechnungen keine Vorhersagen (Prognosen) sind. Vielmehr werden die Entwicklungen aufgezeigt, welche zu erwarten sind, wenn die unterstellten regionalen Verhaltensmuster bei der Binnenwanderung, beim Geburtenverhalten und bei der Sterblichkeit tatsächlich eintreffen und wenn langfristig per saldo etwa 38 000 Menschen pro Jahr



*) Bis 2001 Ist-Werte, danach Vorausberechnung auf der Basis von 2001, Variante 1: Wanderungsgewinne von durchschnittlich 38 000 Personen pro Jahr.

Abb. 5: Altersaufbau – Vorausberechnung bis 2050 (Quelle: StaLa, 2003)

über die Landesgrenze nach Baden-Württemberg zuziehen.

5. Flächennutzung

Der Begriff „Flächenverbrauch“ umschreibt die Umwidmung von vormalig land- und forstwirtschaftlich genutzter Fläche zu siedlungsbezogener Nutzung.

Die Siedlungs- und Verkehrsfläche (SVF) wurde in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts jährlich um durchschnittlich 1 600 ha größer. Auf dem Gebiet von Baden und Württemberg waren um 1900 erst 118 000 ha (3,3 %) der Landesfläche besiedelt; 1,2 Mio. ha (33,8 %) wurden als Wald und 2,17 Mio. ha (fast 61 %) landwirtschaftlich genutzt.

Noch bis in die 50er Jahre verlief der Siedlungszuwachs verhalten. 1950 bis 1980 dagegen wuchs die SVF um jährlich 6 000 ha (entspricht 16,4 ha pro Tag).

Höhepunkt der Flächenumwidmungen für Siedlungs- und Verkehrsbedarf waren die Jahre 1968 bis 1973 mit einem durchschnittlichen jährlichen Zuwachs von 9 500 ha (entspricht 26 ha pro Tag).

Von 1993 bis 1997 lag die Zunahme noch bei täglich 10,2 ha. Von 1997 bis 2001 wurden trotz zunehmend verdichteter Bauweise täglich 12 ha Fläche neu in Anspruch genommen;

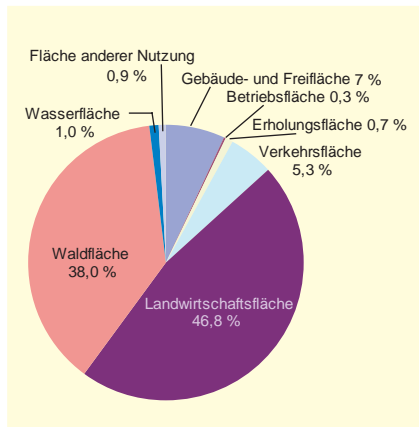


Abb. 6: Flächennutzung (Bodenfläche) nach Nutzungsarten in Prozent (Quelle: StaLa, 2001)

dies ging fast ausschließlich auf Kosten der Landwirtschaftsfläche.

Von der Bodenfläche des Landesgebiets (3 575 130 ha im Jahr 2001) entfallen 2001 46,8 % auf Landwirtschaft, 38 % auf Wald, 1 % auf Wasser und 13,2 % auf SVF (Abb. 6).

Der Zuwachs an SVF hält unvermindert an. Damit verbunden ist ein Verlust an Böden und ihren ökologischen Funktionen sowie Eingriffe in Natur und Landschaft mit Auswirkungen auch auf die biologische Vielfalt. Die derzeitige Zunahme im Land (2003; Stichtag 31.12 2002) beträgt durchschnittlich 10,6 ha/Tag. Eine Prognose des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg, welche die Wirkungszusammenhänge der Vergangenheit berücksichtigte, ergab, dass die SVF bis 2010 täglich um 13,5 ha, zwischen 2010 und 2015 um täglich 15,9 ha anwachsen wird. Dabei flossen verstärkte Bemühungen zur Eindämmung des „Flächenverbrauchs“ in die Modellrechnung nicht ein.

Einem weiteren unverminderten „Flächenverbrauch“ muss deshalb mit durchgreifenden Maßnahmen entgegengewirkt werden. So ist es z. B. notwendig, neue Wohn- und Gewerbegebiete flächenschonend zu erschließen, bei Planungen auf flächensparende Bauweise zu achten sowie bereits bebaute Flächen konsequent zu nutzen und nachzuverdichten.

Die Landesregierung Baden-Württemberg strebt mit dem Umweltplan 2000 an, „zur langfristigen

Sicherung von Entwicklungsmöglichkeiten die Inanspruchnahme bislang unbebauter Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke (derzeit 4 000 ha/Jahr) bis 2010 deutlich zurückzuführen“. Auch bei eigenen Baumaßnahmen und Vorhaben will die Landesregierung einen Beitrag zur Eindämmung der Flächeninanspruchnahme leisten. Außerdem hat der Ministerrat am 8.4.2003 den Entwurf eines einheitlichen Landesbodenschutz- und Altlastengesetzes (LBodSchAG) verabschiedet.

In einem von der LfU gemeinsam mit dem Ministerium für Umwelt und Verkehr definierten umweltpolitischen Schwerpunkt wurde das „Kommunale Flächenmanagement“ bearbeitet. In diesem Projekt wurden Lösungsansätze und Wege aufgezeigt, wie sich die Kommunen bei der Umsetzung in der Bauleitplanung für den sparsamen Umgang mit Boden einsetzen können. Dazu wurden im Zusammenwirken mit den Kommunen insbesondere praxistaugliche Empfehlungen erarbeitet.

Im Umweltplan ermutigt das Land Baden-Württemberg die Kommunen die Wiedernutzung von Baulandbrachen zu überdenken, Gewerbe- und Wohnbebauungen zu verdichten und ein Recycling von z.B. ehemaligen Industrieflächen anzugehen. Im Rahmen einer flächensparenden Erschließung von Neubaugebieten sollte möglichst keine Neuinanspruchnahme von Verkehrsflächen erfolgen. Die Nutzung bestehender Anknüpfungen an den ÖPNV sind ein weiterer Ansatz, die Flächeninanspruchnahme zu reduzieren.

6. Anhang

6.1 Quellen- und Literaturhinweise

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.): Statistik von Baden-Württemberg. Band 562. Daten zur Umwelt 2001. Stuttgart 2001

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.): Statistisches Taschenbuch 2002

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.): Baden-Württemberg in Wort und Zahl, Heft 1/März 2003. S. 27

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2002): Flächenverbrauch in Baden-Württemberg – gestern, heute und morgen. Statistisch-prognostischer Bericht 2002, herausgegeben von der Landesregierung Baden-Württemberg.

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Kommunales Flächenmanagement, Strategie und Umsetzung, Reihe Bodenschutz, Band 13

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Kommunales Flächenmanagement, Arbeitshilfen, Reihe Bodenschutz, Band 8

6.2 Informationsmöglichkeiten

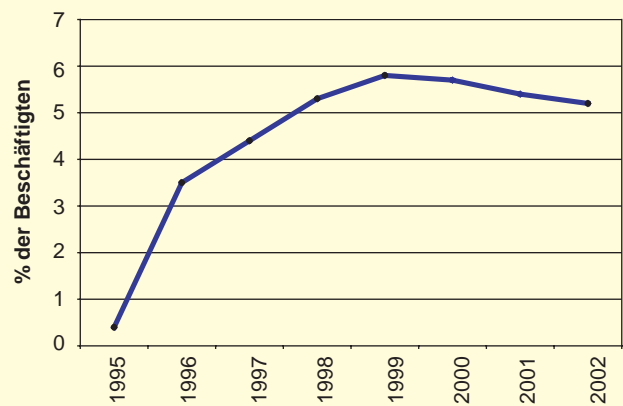
Agendabüro Baden-Württemberg
www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt2/agenda/index.html

www.uvm.baden-wuerttemberg.de/xfaweb

UMWELTÖKONOMIE

1. Allgemeines	11
2. Umweltschutzausgaben allgemein	11
3. Ausgaben der öffentlichen Hand	12
4. Ausgaben des Produzierenden Gewerbes	13
5. Umsätze mit Waren, Bau- und Dienstleistungen	14
6. Beschäftigungseffekte des Umweltschutzes	15
7. Anbieter im Umweltschutzmarkt	16
8. Betriebliches Umweltmanagement	17
9. Anhang	18

EMAS ist das europäische Qualitätszeichen für eine umweltorientierte Unternehmensführung. Rund 5 % aller Beschäftigten im Land arbeiten derzeit in solchen Betrieben und Organisationen.



vgl. Kapitel „Umweltindikatoren“

1. Allgemeines

Im Kapitel Umweltökonomie geht es darum, die ökonomische Bedeutung des Umweltschutzes abzubilden und zu quantifizieren. Hierzu werden zum einen die Ausgaben der öffentlichen Hand und der gewerblichen Wirtschaft zur Vermeidung, Verringerung oder Beseitigung von Umweltbelastungen dargestellt („Ausgabenseite“). In diesen Zahlen kommt letztlich zum Ausdruck, was der Umweltschutz unserer Gesellschaft „wert“ ist. Zum anderen wird der volkswirtschaftliche Stellenwert des Marktes für Umweltschutzgüter und -dienstleistungen veranschaulicht („Einnahmenseite“). Darüber hinaus ist zu beziffern, welche Beschäftigungseffekte aus dem Umweltschutz resultieren und wie sich der Markt von Umweltschutzanbietern im Einzelnen zusammensetzt. Der letzte Abschnitt wendet sich dem zunehmend bedeutsamen Feld des betrieblichen Umweltschutzes und den zertifizierten Umweltmanagementsystemen zu.

2. Umweltschutzausgaben allgemein

Aus unterschiedlichen amtlichen Statistiken stehen Angaben zu den Kosten des Umweltschutzes zur Verfügung. Die wichtigste Größe sind die Gesamtausgaben zu den jeweiligen Marktpreisen. Sie setzen sich aus Investitionen im Umweltschutz und laufenden Ausgaben, unterteilt in

Personal- und laufende Sachausgaben, zusammen.

Die Investitionen in Umweltschutzeinrichtungen sind als ein geeignetes Maß für neue Anstrengungen zum Schutz der Umwelt anzusehen. Sie werden bei Betrieben des Produzierenden Gewerbes mit mehr als 20 Beschäftigten, bei Gemeinden und Kreisen sowie sonstigen öffentlichen Einrichtungen und Unternehmen jährlich erfasst. In den Statistiken für den Bereich der öffentlichen Hand sind neben den investiven Ausgaben für Sachanlagen zudem auch die laufenden Ausgaben für den Umweltschutz nachgewiesen. Daten liegen dazu bereits seit 1975 in eingeschränkt vergleichbarer Form vor und werden im Folgenden für den Zeitraum ab 1980 präsentiert. Für die übrigen Sektoren (Dienstleistungen, Landwirtschaft und private Haushalte) liegen ebenso wie für Kleinbetriebe mit weniger als 20 Beschäftigten keine genauen Ergebnisse vor.

Seit dem Berichtsjahr 1995 sind die Statistiken im Verarbeitenden Gewerbe auf die neue „Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 1993 (WZ93)“ umgestellt. Vergleiche mit vorangegangenen Jahren sind nur bedingt möglich, weil nach der neuen Klassifikation einzelne Wirtschaftszweige (z.B. Reparatur von Kraftfahrzeugen, Augenoptik) nicht mehr zum Erhebungskreis zählen, während u.a. das Verlagsgewerbe und die Re-

cyclingindustrie erstmalig dazu gerechnet werden. Darüber hinaus haben sich vielfach die Zuordnung und Aufteilung von Wirtschaftszweigen geändert. So werden seit 1996 die integrierten Umweltschutzmaßnahmen nicht mehr erfasst. Dagegen sind die Investitionen für die Bereiche Naturschutz und Landschaftspflege sowie Bodensanierung hinzugekommen.

Auch für die Umweltschutzausgaben der öffentlichen Hand sind die Zeitreihen nur eingeschränkt vergleichbar. Wurden diese bis 1993 ausschließlich den Gemeindefinanzstatistiken (kamerale Haushalte) entnommen, werden seit 1994 zusätzlich die Jahresabschlüsse öffentlicher bestimmter Fonds, Einrichtungen und Unternehmen aufgenommen. Das ist vornehmlich dem Umstand geschuldet, dass Gemeinden und Kreise Aufgaben im Umweltschutz zunehmend auf Eigenbetriebe, Zweckverbände oder andere rechtlich selbstständige Unternehmen auslagern, an denen die kommunalen Träger mit mehr als 50 % beteiligt sind.

Zu den Umweltschutzinvestitionen zählen neben Zugängen an Sachanlagen zum Schutz vor produktionsbezogenen schädlichen Umwelteinflüssen (produktionsbezogene Maßnahmen) auch Investitionen zur Herstellung von Erzeugnissen, die bei Ge- oder Verbrauch eine geringere

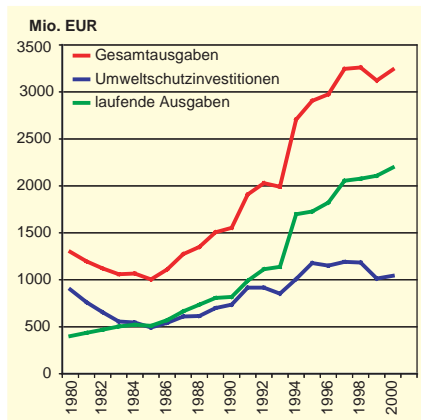


Abb. 1: Umweltschutzausgaben der öffentlichen Hand in Baden-Württemberg (Quelle: Statistisches Landesamt, 2003)

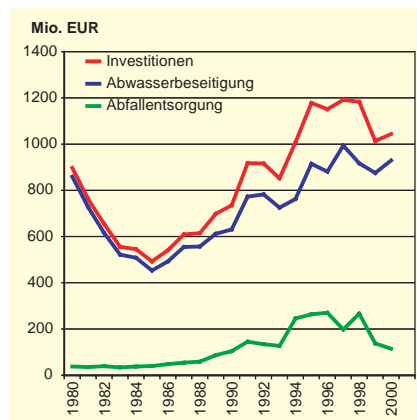


Abb. 2: Umweltschutzinvestitionen der öffentlichen Hand in Baden-Württemberg nach Bereichen (Quelle: Statistisches Landesamt, 2003)

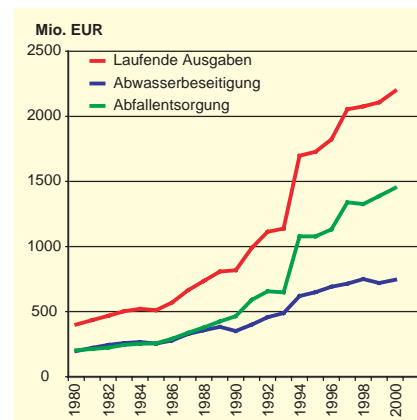


Abb. 3: Laufende Umweltschutzausgaben der öffentlichen Hand in Baden-Württemberg nach Bereichen (Quelle: Statistisches Landesamt, 2003)

Umweltbelastung hervorrufen (produktbezogene Maßnahmen).

Bei den produktbezogenen Maßnahmen sind grundsätzlich zwei typische Fälle zu unterscheiden: Die additiven (nachgeschalteten oder End-of-pipe-) und die integrierten (oder vorsorgenden) Investitionen. Im einfachen Fall der additiven Maßnahmen handelt es sich um separate, vom übrigen Produktionsprozess getrennte Anlagen, welche etwa der Abfallentsorgung (z.B. Verbrennungsanlagen), dem Schutz der Gewässer (Kläranlagen), der Lärmbekämpfung (Lärmschutzwand) oder der Luftreinhaltung (Abluftfilter) dienen. Sie sind eindeutig als Umweltschutzmaßnahmen zu identifizieren und statistisch leicht zu erfassen. Indessen sind die integrierten Maßnahmen definitionsgemäß immer ein integrierter, das heißt nicht klar isolierbarer Teil einer größeren Anlage. Als Beispiele seien hier nur die Kreislaufführung von Stoffen und Kühlwasser sowie die Nutzung von Reaktionswärme (Wärmetauscher) genannt. Integrierte Anlagen können in buchhalterischer und vor allem statistischer Hinsicht nur schwer als Umweltschutzinvestitionen bestimmt werden, weshalb aus Gründen der Klarheit und zur Entlastung der Unternehmen in den Erhebungen seit 1996 auf deren Deklaration weitgehend verzichtet wird.

Damit handelt es sich bei den aktuell nachgewiesenen Umweltschutzinvestitionen also lediglich um ausschließlich dem Umweltschutz

dienende Maßnahmen und in erster Linie um Ausgaben additiver Natur. Freilich ist zu beachten, dass der heutige „Trend“ eindeutig zum produktionsintegrierten Umweltschutz neigt. Mehr und mehr Unternehmen erkennen, dass sich Umweltschutz auch wirtschaftlich lohnen kann, wenn Produktionsprozesse so modifiziert werden, dass Schadstoffe erst gar nicht mehr entstehen. Insofern wird ein wesentlicher Teil umweltbezogener Investitionsmittel in den statistischen Aussagen nicht berücksichtigt. Bei den produktbezogenen Umweltschutzinvestitionen werden darüber hinaus nur solche einbezogen, die auf gesetzliche Vorschriften zurückgehen. Bei den ausgewiesenen Beträgen handelt es sich insgesamt also lediglich um eine untere, genauer quantifizierbare Grenze der tatsächlich erbrachten Geldleistungen.

3. Ausgaben der öffentlichen Hand

Die genannte Aussage lässt sich im Grunde genommen ebenso auf die Leistungen der öffentlichen Hand übertragen. Die Umsetzung öffentlicher Umweltschutzmaßnahmen liegt hauptsächlich in der Zuständigkeit von Gemeinden und Kreisen. Das gilt allgemein für die öffentliche Abfallentsorgung und die Abwasserbeseitigung. Das Land leistet hierfür vor allem Finanzhilfe. Die im Folgenden dargestellten Umweltschutzausgaben umfassen die durch Gemeinden, Gemeindeverbände, Zweckverbände und öffentliche Unternehmen für

Abfallentsorgung und Abwasserbeseitigung erbrachten Ausgaben. Für die anderen Umweltbereiche (Luftreinhaltung, Lärm- und Naturschutz) liegen keine Angaben vor. Ebenso fehlen vollständige statistische Informationen über die unmittelbaren Investitionen des Landes, die im Weiteren ausgeklammert bleiben.

Die Gesamtausgaben der öffentlichen Hand für den Umweltschutz beliefen sich von 1980 bis 2000 auf annähernd 40,9 Mrd. Euro. Eindeutiger Schwerpunkt dabei ist die Abwasserbeseitigung mit einem Anteil von knapp 60 %. Für sie wurden 24,5 Mrd. Euro aufgebracht. Auf die Abfallentsorgung entfielen demnach mit 40 % knapp 16,5 Mrd. Euro. Von den gesamten Ausgaben können wiederum 23,4 Mrd. Euro (57 %) den laufenden Ausgaben und 17,6 Mrd. Euro den umweltschutzbezogenen Investitionen zugerechnet werden. Die zum Teil großen Sprünge der Ausgabenbeträge zwischen 1993 und 1994 lassen sich auf die geänderte Berichtsgrundlage zurückführen: Wie bereits erwähnt, werden seit 1994 zusätzlich zu den kamerale Haushalten von Gemeinden, Kreisen und Zweckverbänden auch die Jahresabschlüsse u.a. von öffentlichen Unternehmen herangezogen (Abb. 1).

Während sich bei den Investitionen seit Mitte der 90er Jahre ein gewisses Einpendeln der jährlichen Ausgaben auf etwas über 1 Mrd. Euro abzeichnet, ist für die laufenden Ausgaben eine nach wie vor steigende Tendenz

festzustellen. Dieser Effekt liegt allgemein darin begründet, dass mit einem zunehmenden Bestand an Umweltschutzanlagen und -einrichtungen auch höhere Unterhaltungs- und Verwaltungskosten anfallen. Von einer leichten Stagnation 1984/1985 abgesehen, stiegen die laufenden Ausgaben deshalb kontinuierlich an und erreichten 2000 ihren Spitzenwert mit 2,2 Mrd. Euro.

Was die genaue Verteilung der genannten Investitionssumme anbelangt, dominiert eindeutig die Abwasserbeseitigung. Hier wurden 1980 bis 2000 insgesamt 15,1 Mrd. Euro an investiven Ausgaben verbucht, was einem Anteil von 86 % entspricht. Resultierend aus dem vollendeten Erstanschluss der Einwohner an biologische Kläranlagen und dem damaligen konjunkturellen Einbruch gingen die abwasserbezogenen Investitionen seit 1980 stark zurück und erreichten 1985 ihren bisherigen Tiefststand. Im Zuge erhöhter Gewässerschutzanforderungen – zusätzliche Reinigungsstufen bei Kläranlagen und Ausbau der Abwasserbeseitigung in ländlichen Gebieten – wurde seitdem ein deutlicher Anstieg verzeichnet, der sich von einzelnen Ausnahmen abgesehen bis 1997 fortsetzte (im Jahr 2000 wurden 929,2 Mio. Euro investiert). Lediglich eine untergeordnete Rolle bei den Investitionen spielt die Abfallentsorgung mit einem Gesamtvolumen von 2,5 Mrd. Euro (14 %). In der Abfallwirtschaft ist die Kapitalintensität wesentlich niedriger als in der Abwasserbeseitigung, was eine eher geringe Anzahl von Investitionsvorhaben und einen deutlich höheren Anteil laufender Ausgaben zur Folge hat (Abb. 2).

Umgekehrte, wenn auch nicht ganz so stark ausgeprägte Relationen zwischen den beiden Umweltbereichen ergeben sich bei den laufenden Ausgaben. Die laufenden Umweltschutzausgaben der öffentlichen Hand verteilen sich von 1980 bis 2000 zu 60 % (14 Mrd. Euro) auf die Abfallentsorgung und zu 40 % auf den Abwasserbereich (9,4 Mrd. Euro). Dabei ist in den vergangenen Jahren eine deutliche Schere zu erkennen: Während die Ausgaben für den Abwasserbe-

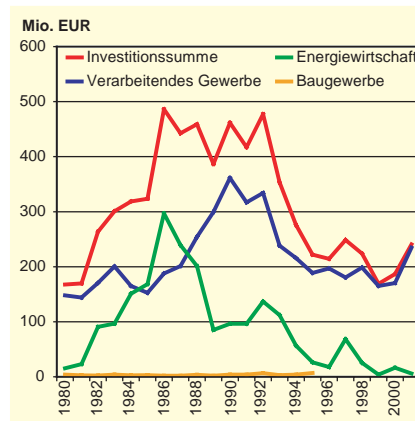


Abb. 4: Umweltschutzinvestitionen des Produzierenden Gewerbes in Baden-Württemberg nach Sektoren (Quelle: Statistisches Landesamt, 2003)

reich nur noch langsam ansteigen bzw. 1999 leicht rückläufig waren, konnte die Abfallentsorgung zum Teil beträchtliche Zuwächse erzielen. Der Höchstwert wurde hier 2000 mit knapp 1,5 Mrd. Euro erreicht. Der deutlich höhere Betrag an laufenden Ausgaben für die Abfallentsorgung erklärt sich in erster Linie aus dem hohen Umfang der in Anspruch genommenen privaten gewerblichen Entsorgungsleistungen (Abb. 3).

4. Ausgaben des Produzierenden Gewerbes

Das Produzierende Gewerbe unterteilt sich in die Sektoren Verarbeitendes Gewerbe, Energiewirtschaft und Baugewerbe. Während zu den laufenden Umweltschutzausgaben auf Landesebene lediglich grob abgeschätzte Daten vorliegen, können die Investitionsmittel, mit den eingangs erwähnten Einschränkungen (seit 1995 Umstellung auf die neue Klassifikation der Wirtschaftszweige, seit 1996 Wegfall der Frage zu den integrierten Umweltschutzinvestitionen und Einbeziehung von Naturschutz, Landschaftspflege und Bodensanierung), relativ treffsicher nachgezeichnet werden. Von 1980 bis 2000 entfielen die Umweltschutzinvestitionen des Produzierenden Gewerbes zu über zwei Dritteln (69 %) auf das Verarbeitende Gewerbe und zu 30 % auf die Energiewirtschaft. Das Baugewerbe fällt mit weniger als 1 % kaum ins Gewicht und wird deshalb nicht näher betrachtet. Für den Umweltbereich liegen beim Baugewerbe

seit 1996 ohnehin keine genauen Statistiken mehr vor (Abb. 4).

4.1 Investitionen des Verarbeitenden Gewerbes

Das Verarbeitende Gewerbe einschließlich Bergbau sowie Gewinnung von Steinen und Erden (1980 bis 1994 ohne Bergbau) brachte von 1980 bis 2001 insgesamt etwas mehr als 4,7 Mrd. Euro an umweltschutzbezogenen Investitionen auf. Der höchste Stand wurde dabei 1990 mit einem Volumen von 361 Mio. Euro und einem Anteil von nahezu 4 % an den Gesamtinvestitionen erreicht. Im Gegensatz zu den teilweise stark rückläufigen Vorjahren konnte 2001 erneut ein signifikanter Anstieg verzeichnet werden. Mit einem Betrag von 234,7 Mio. Euro und einem Gesamtinvestitionsanteil von 2,4 % wird damit seit 1993 der höchste Wert verbucht, was auf größere Investitionsvorhaben, insbesondere in der Mineralölwirtschaft und der Chemischen Industrie, zurückzuführen ist (Abb. 5).

Mit Blick auf die genaue Verteilung der Umweltschutzinvestitionen können für 1980 bis 2001 der Gewässerschutz und die Luftreinhaltung mit 42 % bzw. 40 % als eindeutige Schwerpunkte benannt werden. Mit großem Abstand folgen die Abfallwirtschaft (13,5 %) und die Lärmbekämpfung (4,5 %). Im Jahr 2001 dominierte die Luftreinhaltung mit fast 130 Mio. Euro (55 %). Damit liegt sie, ähnlich wie in den 80er Jahren, wo ihr Anteil im Zuge der Großfeuerungsanlagenverordnung und der TA Luft ebenfalls stark zunahm, deutlich vor dem Gewässerschutz (58 Mio. Euro) und der Abfallwirtschaft (28,9 Mio. Euro). Trotz des aufgezeigten Anstiegs der Investitionstätigkeit ist in der Gesamtschau jedoch eine gewisse Sättigung zu konstatieren. Diese erklärt sich einerseits aus den relativ hohen und beständigen Investitionen zu Beginn der neunziger Jahre sowie der verstärkten Berücksichtigung integrierter Techniken. Andererseits gab es in den vergangenen Jahren auch keine einschneidenden neuen Umweltschutzanforderungen an die Industrie.

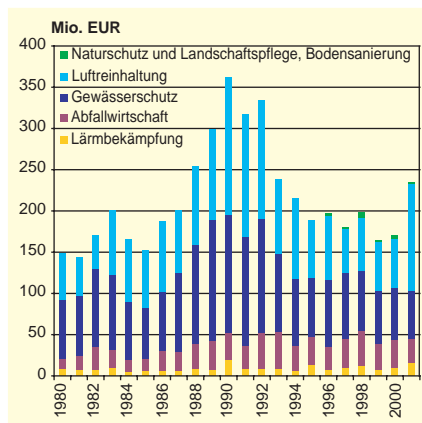


Abb. 5: Umweltschutzinvestitionen des Verarbeitenden Gewerbes in Baden-Württemberg nach Bereichen (Quelle: Statistisches Landesamt, 2003)

4.2 Investitionen der Energiewirtschaft

Die Energiewirtschaft (Elektrizitäts-, Gas-, Fernwärme- und Wasserversorgung) tätigte von 1980 bis 2001 Umweltschutzinvestitionen von knapp 2 Mrd. Euro. Eindeutiger Schwerpunkt ist die Luftreinhaltung mit knapp 82 %. Auf den Gewässerschutz entfielen 11 %, auf die Lärmbekämpfung 4 % und auf die Abfallwirtschaft 2 %. Für 2001 wird eine umweltbezogene Investitionssumme von 5,9 Mio. Euro und damit ein erneuter Rückgang zum Vorjahr verzeichnet (Abb. 6).

Die Gründe für die insgesamt stark rückläufigen Investitionsbeträge in der Energiewirtschaft sind ähnlich wie beim Verarbeitenden Gewerbe. Seit dem Auslaufen der Umsetzungsfristen der Großfeuerungsanlagenverordnung 1993 beschränken sich Aktivitäten deshalb in erster Linie auf Ersatzbeschaffungen. Nicht ganz unwesentlich fällt auch hier ins Gewicht, dass integrierte Investitionen nicht erfasst werden, obwohl sie sich zunehmend etablieren. Gerade dieser Aspekt muss nach wie vor als statistisch höchst unbefriedigend gewertet werden.

Allerdings zeichnet sich hier im Zuge europäischer Rechtsetzungserfordernisse eine Änderung der bisherigen Berichtsgrundlagen ab. So sieht die neugefasste Verordnung über die strukturelle Unternehmensstatistik auch die Meldung integrierter Umweltschutzinvestitionen vor. Hierzu

bedarf es jedoch der genauen Abgrenzung und Operationalisierung der Variablen, weshalb die tatsächliche Umsetzung noch eine gewisse Zeit in Anspruch nehmen dürfte.

4.3 Laufende Ausgaben

Zu den laufenden Umweltschutzausgaben des Produzierenden Gewerbes lassen sich keine den Umweltinvestitionen vergleichbar differenzierte Aussagen treffen. Ergebnisse stehen hier lediglich für eine Auswahl von Unternehmen zur Verfügung und werden seit 1996 im Rahmen des neuen Umweltstatistikgesetzes zentral vom Statistischen Bundesamt erfasst. Hiernach beliefen sich die laufenden Ausgaben im Jahr 2000 bundesweit auf 9,7 Mrd. Euro. Zu unterscheiden sind dabei laufende Ausgaben aus Aufwendungen für den Betrieb eigener Umweltschutzeinrichtungen (Personalkosten, Hilfs- und Betriebsstoffe etc.), für andere Umweltschutzmaßnahmen (z.B. Gebühren und Beiträge) sowie für Fremdleistungen und sonstige Maßnahmen.

Eine koordinierte Auswertung der zentralen Stichprobenerhebung nach Bundesländern liegt gegenwärtig nicht vor. Gemäß einer ersten Schätzung der Ausgaben für den Betrieb eigener Anlagen mit Hilfe des baden-württembergischen Anteils an den kumulierten Umweltschutzinvestitionen einerseits sowie der übrigen Ausgaben für andere Aufwendungen anhand des Landesanteils an der Bruttowertschöpfung im Produzie-

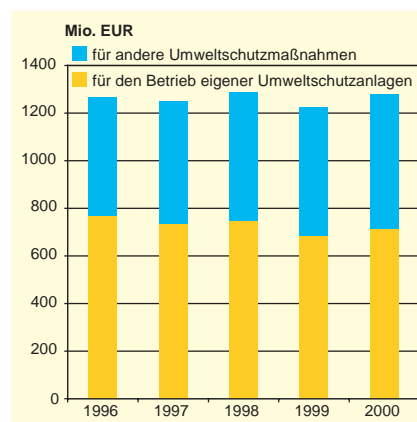


Abb. 7: Laufende Ausgaben des Produzierenden Gewerbes in Baden-Württemberg (Quelle: Statistisches Landesamt)

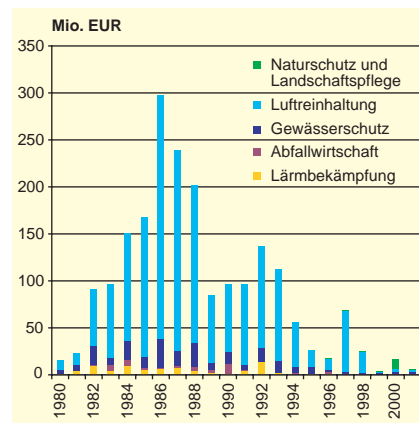


Abb. 6: Umweltschutzinvestitionen der Energiewirtschaft in Baden-Württemberg nach Bereichen (Quelle: Statistisches Landesamt, 2003)

renden Gewerbe andererseits lassen sich für das Jahr 2000 jedoch laufende Ausgaben von rund 1,3 Mrd. Euro annehmen. Das ist insofern bemerkenswert, weil diese Summe fast dem Sechsfachen des umweltbezogenen Investitionsbetrages im selben Jahr entspricht. Seit 1996, dem Jahr der erstmaligen Durchführung der entsprechenden Stichprobenerhebung, weist dieser Wert auch nur relativ geringe Änderungen auf (Abb. 7).

5. Umsätze mit Waren, Bau- und Dienstleistungen

Positive wirtschaftliche Effekte entstehen durch die Produktion und den Umsatz von Umweltschutzgütern und -dienstleistungen. Eine systematische Betrachtung der Angebots- bzw. Produktionsseite macht seit 1997 die Novellierung des Umweltstatistikgesetzes möglich. Erfasst werden dabei die erzielten Umsätze mit Waren, Bau- und Dienstleistungen für den Umweltschutz – allerdings nur solche, die ausschließlich dem Umweltschutz dienen. Wegen methodischer Abgrenzungsprobleme noch nicht enthalten sind Umsatzerlöse aus der Herstellung und dem Verkauf multifunktionaler Güter, also solcher Produkte, die auch für andere Zwecke als den Umweltschutz eingesetzt werden können.

Die Problematik entspricht der bei den integrierten Umweltschutzausgaben. Darüber hinaus bleiben Produkte aus den Bereichen Energieeinsparung, Nutzung alternativer

Energien, insbesondere Solar- und Windenergie, und Dienstleistungen der Entsorgungswirtschaft ausklammert. Insofern liefern die vorliegenden Ergebnisse kein vollständiges Bild über die Wirkungen von Umweltschutzmaßnahmen auf die Produktion. Ähnlich den Aussagen zu den Umweltausgaben stellen die präsentierten Zahlen auch hier lediglich eine untere Grenze der tatsächlich erzielten Umsätze im Umweltschutzmarkt dar.

Insgesamt haben baden-württembergische Firmen des Verarbeitenden Gewerbes, des Baugewerbes und aus dem Dienstleistungsbereich 1997 bis 2001 Umsätze im Bereich Umweltschutz von 8,1 Mrd. Euro getätigt. Allerdings sind die Zahlen für 1997 mit einem gewissen Unsicherheitsfaktor behaftet, da teilweise nur Stichprobenerhebungen möglich waren. Eindeutiger Schwerpunkt der umweltschutzbezogenen Erlöse ist der Absatz von Waren überwiegend bei Betrieben des Verarbeitenden Gewerbes mit einer Gesamtsumme von 5,2 Mrd. Euro und einem Anteil von 64 %. Auf Bauleistungen entfielen demnach mit 2 Mrd. Euro rund 24 % der Umsätze. Die Erträge aus Dienstleistungen summierten sich auf 943 Mio. Euro bzw. 12 % (Abb. 8).

Für das Jahr 2001 machten 554 Betriebe im Land Angaben zu umweltbezogenen Umsätzen. Aufschlussreich erscheint dabei eine differenzierte Betrachtung nach Umweltbereichen: Bei den produzierten Waren handelt es sich überwiegend um Produkte zum Zwecke der Luftreinhaltung. Hierauf entfielen immerhin 1,2 Mrd. Euro und damit über zwei Drittel des gesamten umwelt-schutzbezogenen Warenumsatzes. Wichtigste Produktgruppen sind in erster Linie Abgasreinigungsanlagen für den Fahrzeugbau, daneben auch noch Abluftreinigungsanlagen sowie Mess- und Analysegeräte. Mit deutlichem Abstand folgt der Gewässerschutz (insbesondere Einrichtungen zur Abwassersammlung und -behandlung) mit 279 Mio. Euro und einem Anteil von 17 %. Auf Waren zur Abfallwirtschaft (z.B. Einrichtungen zur Demontage und Zerkleinerung

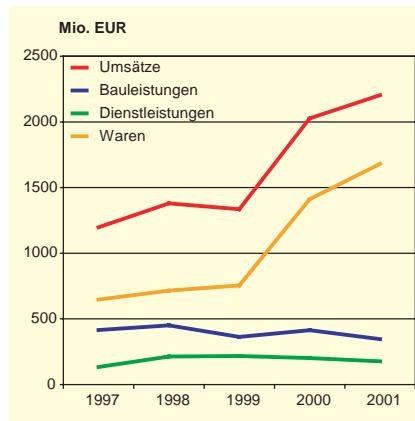


Abb. 8: Umsätze mit Waren, Bau- und Dienstleistungen für den Umweltschutz in Baden-Württemberg (Quelle: Statistisches Landesamt, 2003)

von Bauabfällen) und der Lärmbekämpfung (etwa Erzeugnisse zur Schall- und Schwingungsdämpfung) entfielen jeweils knapp 6 % der gesamten Umsätze.

Mit Bauleistungen, die ausschließlich dem Umweltschutz dienen, erzielten Betriebe 346 Mio. Euro Umsatz. Knapp 88 % (304 Mio. Euro) sind dabei dem Gewässerschutz, vor allem dem Bau von Abwasserleitungen, Regenrückhaltebecken und anderen Anlagen zur Abwasserbehandlung, zuzurechnen.

Auch bei den Umweltschutzdienstleistungen schlugen die auf den Gewässerschutz ausgerichteten Dienstleistungen (insbesondere Planungsarbeiten, Projektbetreuung) mit 76 Mio. Euro am stärksten zu Buche. Als Besonderheit sind zudem noch die allgemein auf Umweltschutzmaßnahmen bezogenen (bereichs-

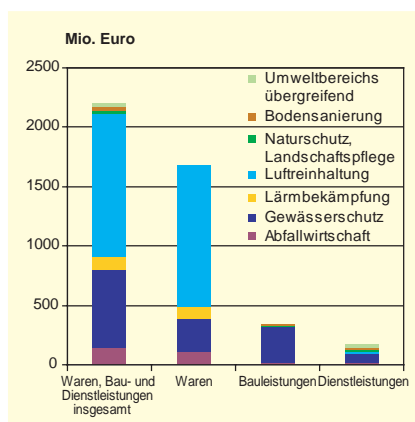


Abb. 9: Umsätze mit Waren, Bau- und Dienstleistungen für den Umweltschutz in Baden-Württemberg 2001 nach Bereichen (Quelle: Statistisches Landesamt)

übergreifenden) Dienstleistungen in Form von Gutachten, Analysen und Beratungen mit einem Umsatz von immerhin 29 Mio. Euro zu erwähnen (Abb. 9).

6. Beschäftigungseffekte des Umweltschutzes

In früheren Jahren stand der Umweltschutz häufig als vornehmlicher Kostenfaktor unter Legitimationsdruck. Demgegenüber wird zunehmend die These einer „doppelten Dividende“ des Umweltschutzes vertreten, wonach das Erreichen einer besseren Umweltqualität bei gleichzeitiger Verbesserung der Beschäftigungssituation möglich ist. Zuverlässige statistische Daten zur Anzahl der mit Umweltschutzaufgaben befassten Erwerbstätigen sind allerdings nicht verfügbar. Die Arbeitsmarktstatistik lässt diesbezüglich keine genauen Aussagen zu. Lediglich aus den erfassten Umsätzen mit Waren, Bau- und Dienstleistungen kann man gewisse Beschäftigungseffekte ableiten. So waren nach Berechnungen des Statistischen Landesamtes in den 554 Betrieben, die 2001 Angaben zu umweltbezogenen Umsätzen machten, rund 13 000 Erwerbstätige unmittelbar mit der Herstellung von ausschließlich dem Umweltschutz dienenden Waren, Bau- und Dienstleistungen beschäftigt. Aufgrund der bereits dargelegten begrenzten Erhebungsgrundlage spiegelt diese Zahl aber lediglich einen Teilausschnitt der wirklichen Situation wider und kann nicht als aussagekräftige Bezugsgröße angesehen werden. Damit ist man bei der Erfassung von Arbeitsplätzen im Umweltschutz auf Schätzungen angewiesen.

Nach einer im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) erstellten Studie aus dem Jahr 2002 hingen 1998 bundesweit über 1,3 Mio. Arbeitsplätze vom Umweltschutz ab. Das ist deutlich mehr als die in einer früheren vom UBA vergebenen Forschungsarbeit für 1994 ermittelte Beschäftigtenzahl von etwa einer Million. Damit würde sich die zuvor vertretene These einer „doppelten Dividende“ bewahrheiten. Allerdings verbietet sich aufgrund eines deutlich breiteren

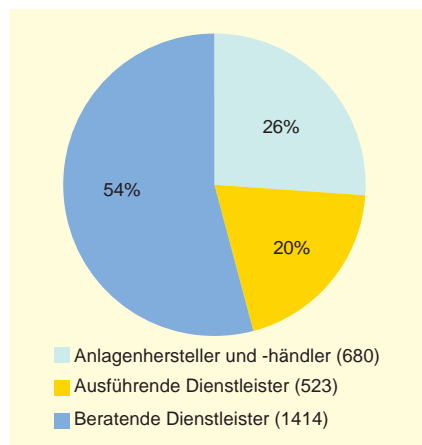


Abb. 10: Umweltschutzanbieter in Baden-Württemberg nach Hauptgruppen (Absolutwerte in Klammern. Quelle: UMFIS; Stand 3/2003)

Untersuchungsansatzes der neuen Studie ein unmittelbarer Vergleich. Obwohl neue Tätigkeitsfelder in die Berechnung eingeflossen sind, ist die genannte Schätzung nach Ansicht des UBA noch immer eine untere Grenze der tatsächlichen Beschäftigungswirkung. So sind etwa die Bereiche integrierter Umweltschutz und erneuerbare Energien nicht oder nur teilweise berücksichtigt. Rund zwei Drittel der Arbeitsplätze lassen sich umweltorientierten Dienstleistungen zurechnen. Damit partizipiert die Umweltschutzwirtschaft an dem allgemeinen Trend zur Dienstleistungsgesellschaft. 370 000 Erwerbstätige sind zudem mit der Erstellung von Umweltschutzgütern beauftragt, 93 500 Arbeitsplätze werden durch Maßnahmen der Arbeitsförderung geschaffen (Tab. 1).

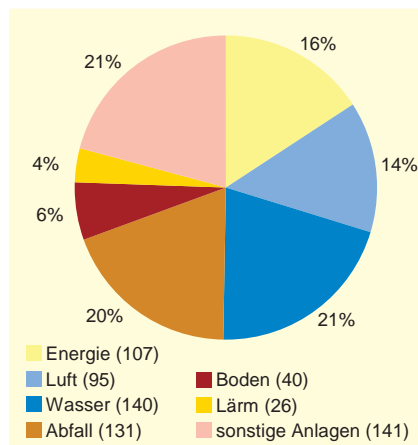


Abb. 11: Anlagenhersteller und -händler nach Bereichen (Absolutwerte in Klammern. Quelle: UMFIS; Stand 3/2003)

Die angeführte Abschätzung lässt keine regionalisierten Angaben für die Bundesländer und damit auch nicht für Baden-Württemberg zu. Um zumindest ein annäherndes Bild der umweltschutzbezogenen Arbeitsplatzsituation im Land zu zeichnen, wird deshalb auf eine Studie des Instituts für Wirtschaftsforschung in Halle (IWH) zurückgegriffen. Auf Basis einer repräsentativen Stichprobe aller deutschen Unternehmen im Rahmen des regelmäßig durchgeführten Betriebspanels des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) wurden hier für 1999 Aussagen zur Produktion von Umweltechnik und Umweltdienstleistungen ausgewertet. Darauf aufbauend konnte der Anteil der im Umweltschutz tätigen Arbeitnehmer hochgerechnet werden. Dies führte bundesweit zu einer Anzahl von 912 685 Beschäftigten.

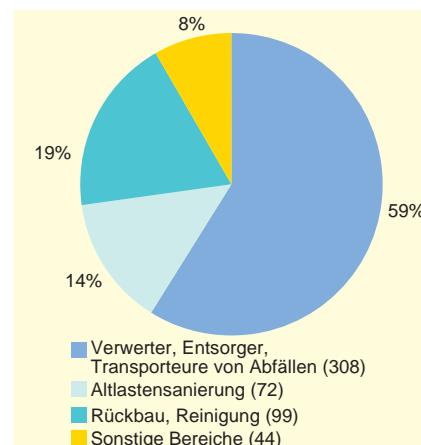


Abb. 12: Ausführende Dienstleister nach Bereichen (Absolutwerte in Klammern. Quelle: UMFIS; Stand 3/2003)

Ein Vergleich mit den vom UBA präsentierten Aussagen ist dabei nicht möglich, da der Studie eine völlig andere Erhebungsmethodik zugrunde liegt.

Nach weiteren Kalkulationen des IWH entfällt auf Baden-Württemberg ein Anteil von 12,3 %, das damit neben Nordrhein-Westfalen, Bayern und Niedersachsen die größten Beschäftigungseffekte in Deutschland aufweist. Umgerechnet waren in Baden-Württemberg 1999 somit rund 112 300 Arbeitnehmer im Umweltschutz tätig. Das würde einem Anteil von knapp 2,3 % der Gesamtbeschäftigtenzahl entsprechen. Leider wurden in den nachfolgenden Umfragerunden des IAB-Betriebspanels keine Fragen mehr zur Produktion von Umweltschutzgütern bzw. der Bereitstellung von Umweltschutzdienstleistungen berücksichtigt. Aktuellere Aussagen zu den Beschäftigungseffekten im Umweltschutz auf Basis der genannten Methodik lassen sich insofern für die Jahre nach 1999 derzeit nicht realisieren.

7. Anbieter im Umweltschutzmarkt

Um einen Überblick über die im Umweltschutzmarkt in Baden-Württemberg tätigen Unternehmen zu erhalten, wurde eine Auswertung des Umweltfirmen-Datenbanksystems (UMFIS) der Industrie- und Handelskammern vorgenommen. Mit Stand März 2003 waren dort, aufgeschlüsselt nach drei Hauptgruppen, insge-

Umweltschutzarbeitsplätze	Erwerbstätige
Erstellung von Umweltschutzgütern	370 000
Umweltschutzinduzierte Investitionen	135 000
Umweltschutzinduzierte Sachausgaben	165 000
Umweltschutzinduzierte Auslandsnachfrage	69 800
Umweltorientierte Dienstleistungen	906 500
Land- und Forstwirtschaft	55 700
Produzierendes Gewerbe	253 900
Handel, Gastgewerbe, Verkehr	166 500
Grundstücks- und Wohnungswesen, Finanzierung, Vermietung, Dienstleistungen für Unternehmen	168 800
Öffentliche und sonstige private Dienstleistungen	261 600
Maßnahmen zur Arbeitsförderung im Umweltschutz	93 500
Insgesamt (erfasste Bereiche)	1 370 000

Tab. 1: Beschäftigte in Deutschland im Umweltschutz 1998 (Quelle: Umweltbundesamt)

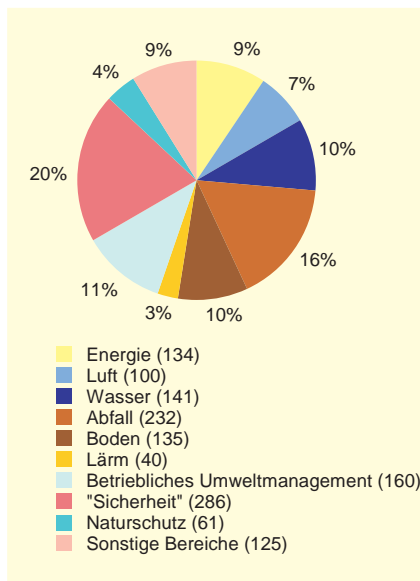


Abb. 13: Beratende Dienstleister nach Bereichen (Absolutwerte in Klammern. Quelle: UMFIS; Stand 3/2003)

samt 1 262 Firmen verzeichnet. Bei der differenzierten Betrachtung nach Hauptgruppen ist die weitaus höhere Summe infolge möglicher Mehrfachnennungen zu beachten. Ebenfalls ist zu berücksichtigen, dass es sich bei der Datenbank um ein freiwilliges Angebot an die Unternehmen handelt, so dass die genannten Zahlen letztlich nur einen repräsentativen Ausschnitt der tatsächlichen Situation im Anbietermarkt widerspiegeln dürften (Abb. 10).

Die Anlagenhersteller und -händler konzentrieren sich im Wesentlichen auf die Schwerpunkte Wasserreinhaltung und -einsparung, Abfall- und Kreislaufwirtschaft, Energieeinsparung und Luftreinhaltung, ferner Lärminderung sowie Altlasten- und Bodensanierung. In den sonstigen Anlagen sind u.a. auch Anbieter integrierter Umweltschutztechniken verzeichnet (Abb. 11).

Bei den ausführenden Dienstleistern sind die Verwerter, Entsorger und Transporteure von Abfällen, Wertstoffen und Gefahrgütern mit 308 Anbietern am stärksten vertreten. Hinzu kommen die Sparten Altlastensanierung, Rückbau und Reinigung sowie sonstige Dienstleistungsanbieter (Abb. 12).

Zu den beratenden Dienstleistungen, die mehr als die Hälfte aller Umwelt-

schutzanbieter im Land stellen, zählen Beratung, Planung, Projektierung, Analytik sowie Forschung und Entwicklung. Neben den bereits bekannten Kategorien finden sich hier auch Beratungsleistungen im betrieblichen Umweltmanagement und im Natur- und Landschaftsschutz. Unter „Sicherheit“ wurden zudem die Bereiche Gefahrgut Umgang, Sicherheitstechnik, Lagertechnik/Gefahrstoffe, Brandschutz/Löschsysteme und Elektrosmog/Radioaktivität zusammengefasst (Abb. 13).

8. Betriebliches Umweltmanagement

Moderne und innovative Unternehmen zeichnen sich dadurch aus, dass sie betrieblichen Umweltschutz einsetzen, um Kosten zu senken und ihre Wettbewerbsfähigkeit zu steigern. Die Vorteile gehen jedoch weit über einen rein monetären Nutzen hinaus: So leistet der Umweltschutz auch einen entscheidenden Beitrag, um Störfälle und Arbeitsunfälle zu vermeiden, die Motivation der Beschäftigten und die Rechtssicherheit zu erhöhen sowie das Profil des Unternehmens zu schärfen. Ferner ist davon auszugehen, dass eine umweltorientierte Unternehmensführung ein immer wichtigeres Kriterium für Kapitalanleger und bei der Bonitätsbewertung durch Banken sein wird.

Als ein zentrales Instrument zur Förderung des betrieblichen Umwelt-

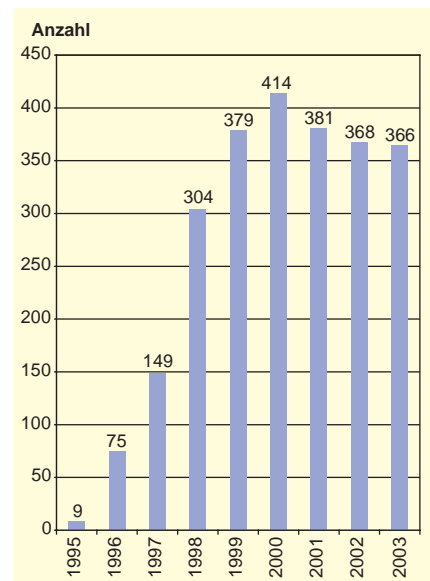


Abb. 14: Nach EMAS registrierte Organisationen in Baden-Württemberg (Quelle: BMU/ DIHK; Stand 4/2003)

schutzes wurde 1993 die EG-Öko-Audit-Verordnung, kurz EMAS (Eco Management and Audit Scheme), erlassen. Unternehmen, die sich dazu verpflichten, ihre Umweltschutzleistung kontinuierlich zu verbessern, können sich nach entsprechenden Vorgaben prüfen und zertifizieren lassen und dies mit der Verwendung des EMAS-Logos nach außen dokumentieren. Ursprünglich nur für Wirtschaftsbetriebe des Produzierenden Gewerbes konzipiert, wurde der Anwendungsbereich der Verordnung sukzessive erweitert und erstreckt sich nach einer grundlegenden Überarbeitung (die EMAS II“ trat im April 2001 in Kraft) mittlerweile auf alle

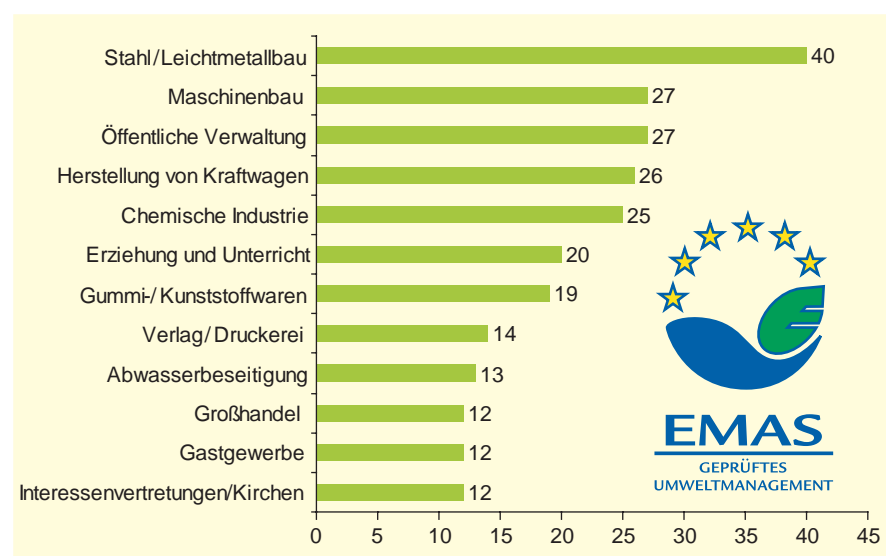


Abb. 15: Nach EMAS registrierte Organisationen in Baden-Württemberg nach Branchen (teilweise mit Mehrfachzuordnungen) – Die Top 12 (Quelle: DIHK; Stand 4/2003)

Gesamtzahl zertifizierter Umweltmanagementsysteme	732
EMAS	240
ISO 14001	360
EMAS und ISO 14001	132

Tab. 2: Gesamtzahl zertifizierter Umweltmanagementsysteme in Baden-Württemberg (Quelle: UBA; Stand 8/2002)

Organisationen, also u.a. auch auf öffentliche Betriebe, Einrichtungen und Behörden.

Die Zahl der nach EMAS registrierten Organisationen in Baden-Württemberg war 2001 und 2002 leicht rückläufig und ist wieder unter die Zahl 400 abgesunken. Im April 2003 besaßen 366 Organisationen eine gültige Validierung, im Bundesgebiet waren es rund 2300. Damit steht Baden-Württemberg nach Bayern an zweiter Stelle. Die zu beobachtenden Rückgänge beziehen sich insbesondere auf die „klassischen“ Bereiche des Öko-Audits im Produzierenden Gewerbe. Allerdings werden diese durch starke Zuwächse bei öffentlichen Institutionen (Gemeinden und kommunale Eigenbetriebe, Schulen, Landesbehörden usw.) in gewissem Umfang kompensiert. Als ursächlicher Beweggrund hierfür kommt häufig die Vorbildfunktion des öffentlichen für den privaten und wirtschaftlichen Sektor zum Tragen (Abb. 14).

Die meisten Organisationen sind nach wie vor Unternehmen der metallbe- und -verarbeitenden Industrie sowie des Maschinen- und Fahrzeugbaus. Ebenfalls stark vertreten sind die Chemische Industrie und die Gummi- und Kunststoffwaren. Die öffentlichen „Unternehmen“ finden sich hauptsächlich in Verwaltung, Erziehung und Unterricht (insbesondere Schulen) und in der Abwasserbeseitigung (Kläranlagen) (Abb. 15).

Neben der EMAS-Verordnung besteht für Unternehmen bzw. Organisationen seit 1996 ebenfalls die Möglichkeit, ihr Umweltmanagementsystem nach der DIN EN ISO 14001 zertifizieren lassen. Diese Norm ist privatrechtlicher Natur und besitzt weltweite Gültigkeit. Zwar sind beide Systeme – EMAS und ISO 14001 – in ihren genauen Vorgaben inzwischen fast

identisch ausgestaltet. EMAS weist jedoch aufgrund verschiedener Zusatzanforderungen aus Umweltsicht weiterhin einen höheren Stellenwert auf. Gleichwohl ist auch ISO 14001 ein geeignetes Instrument zur nachhaltigen Ausrichtung von Unternehmen.

Bundesweit waren Ende Dezember 2002 3 700 Organisationen nach ISO 14001 zertifiziert. Nach einer bislang einmalig im August 2002 erarbeiteten länderspezifischen Darstellung konnten mit Stand 8/2002 in Baden-Württemberg 492 Organisationen eine Zertifizierung nach ISO 14001 vorweisen. Ähnlich wie bei EMAS liegt das Land auch hier zusammen mit Nordrhein-Westfalen (734) und Bayern (691) im Spitzenfeld. Unter den baden-württembergischen Standorten befanden sich wiederum 132 Organisationen mit einer doppelten Zertifizierung nach EMAS und ISO 14001. Zusammen mit den damals 240 ausschließlich nach EMAS validierten Organisationen ergibt sich damit eine Gesamtzahl von 732 zertifizierten Umweltmanagementsystemen (Tab. 2).

9. Anhang

9.1 Quellen- und Literaturhinweise

Büringer, Helmut: Aktuelle Entwicklungen der Ausgaben für den Umweltschutz, in: Baden-Württemberg in Wort und Zahl 2001, S. 288 ff.

Büringer, Helmut: Zur Produktion von Umweltschutzgütern in Baden-Württemberg, in: Baden-Württemberg in Wort und Zahl 2002, S. 383 ff.

Hennen, Leonhard: Folgen von Umwelt- und Ressourcenschutz für Ausbildung, Qualifikation und Beschäftigung, TAB-Arbeitsbericht Nr. 71, Berlin 2001

Horbach, Jens/Blien, Uwe/Hauff, Michael von: Beschäftigung im Umweltschutzsektor in Deutschland. Eine empirische Analyse auf der Basis des IAB-Betriebspanels, Halle (Saale) 2001

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Der Weg zu EMAS, Karlsruhe 2001

Rogall, Holger: Bausteine einer zukunftsfähigen Umwelt- und Wirtschaftspolitik, Berlin 2000

Umweltbundesamt (Hrsg.): Erfolgreich durch Umweltschutz – mit Nachhaltigkeit den Wirtschaftsstandort stärken, Berlin 2002

Umweltbundesamt (Hrsg.): Jahresbericht 2000, Berlin 2001

Umweltinformationssystem (UMFIS) der Industrie- und Handelskammern in Baden-Württemberg

9.2 Informationsmöglichkeiten

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg: www.statistik.baden-wuerttemberg.de

Statistisches Bundesamt Wiesbaden: www.destatis.de

UMFIS der Industrie- und Handelskammern in Baden-Württemberg: www.umfis.de

Übersicht über die in das EMAS-Register eingetragenen Organisationen: www.emas-register.de

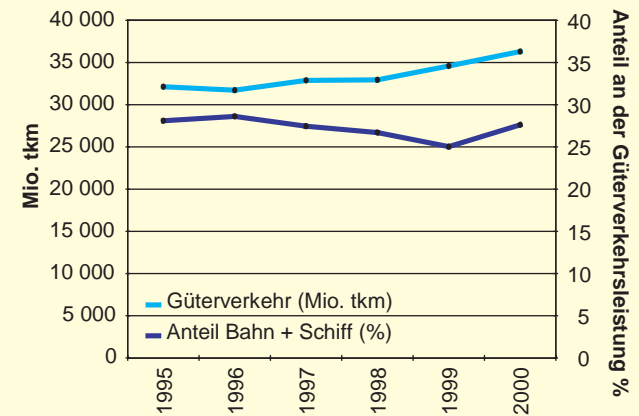
EMAS-Initiative: www.emas-logo.de

Informationen zu ISO 14001: www.14001news.de

VERKEHR

1. Allgemeines	19
2. Verkehrsinfrastruktur	19
3. Fahrzeugbestand	20
4. Fahr-, Verkehrsleistung und Verkehrsstärken	21
5. Kraftstoff	23
6. Verkehrsemissionen	24
7. Abgaskgrenzwerte	30
8. Verkehrsbedingte Luftbelastung in Städten	31
9. Anhang	32

Der Anteil von Schiff und Bahn am Güterverkehr ist zu gering. Der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie zufolge soll die Bahn bis 2015 eine doppelt so große Menge an Gütern transportieren, um die Umwelt zu entlasten und Staus auf den Straßen zu vermindern.



vgl. Kapitel „Umweltindikatoren“

1. Allgemeines

In einer modernen Industrie- und Dienstleistungsgesellschaft nimmt der Verkehr eine Schlüsselrolle ein. Verkehr bedeutet Mobilität von Gütern und Personen und ermöglicht nationale und internationale Arbeitsteilung ebenso wie Tourismus und Freizeitaktivitäten. Verkehr bedeutet aber auch Flächenverbrauch durch die Infrastruktur, Energieverbrauch, Lärm und Luftverschmutzung.

Die Luftverschmutzung durch Emissionen des Verkehrs beeinflusst die globale Klimaentwicklung (Stichwort: Treibhauseffekt), führt zu regionalen Problemen (Stichwort: Ozonbildung) und verursacht lokale Beeinträchtigungen in den Ballungsgebieten, die von Stickstoffoxiden, Benzol und Dieselruß ausgehen.

Es ist daher ein Hauptanliegen der Umwelt- und Verkehrspolitik in Baden-Württemberg, den negativen Folgen des Verkehrs, insbesondere auch den Luftverschmutzungen, entgegenzuwirken und die Bedingungen für eine möglichst umweltverträgliche Verkehrsentwicklung zu schaffen.

2. Verkehrsinfrastruktur

Nach der Gründung der Bundesrepublik Deutschland stand der Aufbau der Wirtschaft und damit der Auf- und Ausbau der Verkehrswege für den Güterverkehr, das heißt des

Schienennetzes, im Vordergrund. Jedoch nahm mit steigendem Wohlstand der Bevölkerung der Individualverkehr mit dem eigenen Pkw massiv zu. Dem trug die Politik durch den Ausbau der Straßen Rechnung, in den 70er Jahren vorwiegend begleitet durch Streckenstilllegungen im Schienennetz.

Die gesamte Verkehrsfläche in Baden-Württemberg hat zwischen 1981 und 2001 um 10,5 % zugenommen. Im Jahr 2001 betrug sie mit 189 675 ha 5,3 % der Landesfläche. Auf Straßen entfallen hiervon 48,3 %, auf Wege 42,2 % und Plätze 1,6 %. Das Bahngelände nimmt 6,3 %, Flugplätze knapp 0,1 ‰ ein.

2.1 Straßenverkehrsnetz

Insbesondere der Ausbau der Bundes- und Landesstraßen führte zwischen 1960 und 1970 zu einer Zunahme der Gesamtlänge der überörtlichen Straßen in Baden-Württemberg um 9,7 %. Die Zunahme betrug bis 1980 3,0 % und ging zwischen 1980 und 1999 auf 1,8 % zurück. Seit 2000 ist eine leichte Abnahme, vorwiegend zu Lasten der Bundes- und Landesstraßen, zu verzeichnen. Die Gesamtlänge der überörtlichen Straßen betrug 2001 27.455 km. Kreisstraßen sind hieran mit 44 % und Landesstraßen mit 36 % beteiligt; Bundesstraßen machen gut 16 %, Autobahnen knapp 4 % der Gesamtlänge aus.

2.2 Wasserstraßennetz

Dem gewerblichen Binnenschiffsverkehr steht in Baden-Württemberg ein zusammenhängendes Streckennetz von ca. 550 km zur Verfügung. Dieses Netz setzt sich aus den Bundes- und den Landeswasserstraßen zusammen. Die Bundeswasserstraßen verteilen sich anteilig auf Rhein (284 km), Neckar (203 km) und Main (38 km). Die Landeswasserstraßen sind der baden-württembergische Anteil des Rheins der Strecke Basel - Rheinfelden (rund 17 km) sowie der Nebengewässer des Rheins. Hinzu kommen noch die baden-württembergischen Teile des Bodensees, auf dem in beträchtlichem Umfang Güter und Personen befördert werden und die Landesanteile der Rheinstrecke von Konstanz bis Schaffhausen. Da der schiffbare Rhein über weite Strecken die Landesgrenze darstellt, teilweise auch vollständig auf französischem bzw. schweizerischem Gebiet verläuft, kann er zu einem großen Teil nicht Baden-Württemberg zugeordnet werden.

2.3 Schienennetz

Etwa 83 % des Gesamtschienennetzes Baden-Württembergs mit 3 500 km betreibt die Deutsche Bahn AG. Rund 76 % dieses Netzes sind Haupt-, der Rest Nebenstrecken. 51 % der Strecken, überwiegend die Hauptstrecken, sind elektrifiziert.

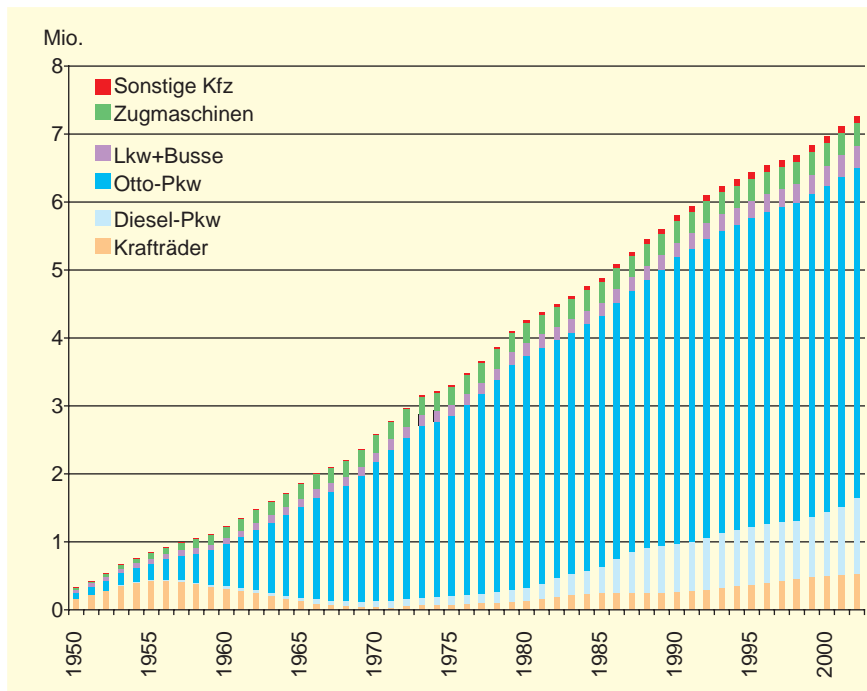


Abb. 1: Entwicklung des Kraftfahrzeug-Bestands in Baden-Württemberg 1950 – 2002. Stand jeweils 1. Juli (Quellen: StaLa, Kraftfahrt-Bundesamt, 2002)

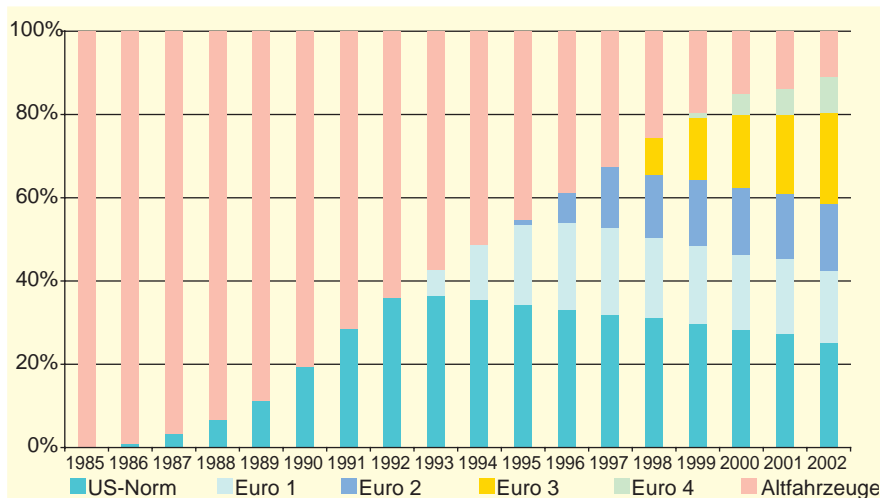


Abb. 2: Anteile der Schadstoffklassen am Pkw-Bestand mit Ottomotoren in Baden-Württemberg (Quellen: StaLa, Kraftfahrt-Bundesamt, 2002) (Zu Abgasgrenzwerten siehe Abb. 16)

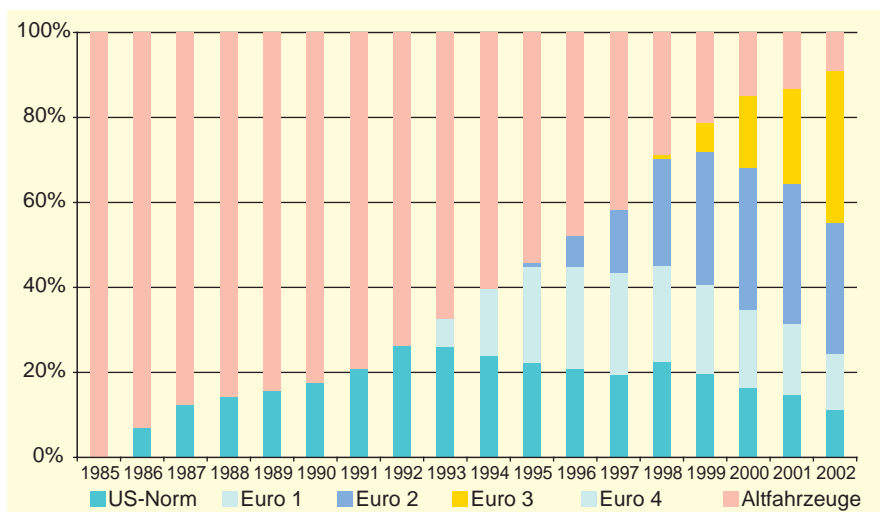


Abb. 3: Anteile der Schadstoffklassen am Pkw-Bestand mit Dieselmotoren in Baden-Württemberg (Quellen: StaLa, Kraftfahrt-Bundesamt, 2002) (zu Abgasgrenzwerten siehe Abb. 16)

Die Streckenlänge der nichtbundeseigenen Eisenbahnen lag 1971 bei 663 km, 2002 bei ca. 600 km. Davon sind lediglich 30 % elektrifiziert.

Für die Luftbelastung von Bedeutung sind die etwa 2 050 km nicht elektrifizierten Strecken, die von Dieselloks und teilweise auch von Dampflokomotiven befahren werden. Hinzu kommt der Rangierbetrieb auf 47 Bahnhöfen mit Diesellokomotiven.

2.4 Flughäfen

Zentraler Verkehrsflughafen des Landes ist der Flughafen Stuttgart; sein Einzugsgebiet umfasst große Teile Baden-Württembergs. Daneben stehen dem Luftverkehr zwei Regionalflughäfen (Friedrichshafen und Karlsruhe/Baden-Baden) und zahlreiche Verkehrslandeplätze sowie sonstige Flugplätze zur Verfügung.

3. Fahrzeugbestand

3.1 Straßenverkehr

Der Kraftfahrzeugbestand in Baden-Württemberg nimmt weiterhin stetig zu. Die lange Zeitreihe macht die enorme Zunahme seit 1950 deutlich (Abb. 1). Am 1.7.2002 waren rund 5,98 Mio. Personenkraftwagen (Pkw), 307 203 Lastkraftwagen (Lkw) und 531 388 Krafträder im Land zugelassen.

Der Zuwachs im Bestand ist signifikant. Zwischen 1.7.1992 und 1.7.2002 waren folgende Zunahmen zu verzeichnen :

Kraftfahrzeuge gesamt	+19,1 %
Pkw gesamt	+15,9 %
Pkw Diesel	+44,0 %
Lkw	+36,1 %
Krafträder	+78,2 %

Krafträder zeigen seit etwa 1990 starke Zuwachsraten aufgrund ihrer wachsenden Beliebtheit als Freizeitgeräte. Der Anteil von Diesel-Pkw am gesamten Pkw-Bestand ist seit etwa 1985 deutlich gestiegen; er betrug 2002 18,6 % gegenüber 14,9 % im Jahr 1992.

Von den 2002 neu zugelassenen Pkw hatten 43,8 % einen Dieselmotor. Die Kfz-Dichte lag 2002 bei 690 Fahrzeugen je 1000 Einwohner (zum Vergleich: 1960 bei 160, 1980 bei 460).

Schwere Nutzfahrzeuge wie Lkw und Sattelzugmaschinen sind wegen ihrer leistungsstarken Motoren überproportional an den von Kraftfahrzeugen verursachten Emissionen beteiligt.

3.2 Schadstoffarme Fahrzeuge

Neue Kfz emittieren heute deutlich weniger Schadstoffe als die Altfahrzeuge früherer Jahre. Dies ist ein klarer Erfolg der europäischen und der nationalen Gesetzgebung, aber auch der Fahrzeugindustrie, die, etwa durch den Einsatz des geregelten 3-Wege-Katalysators beim Ottomotor, teilweise enorme Schadstoffminderungen realisiert hat.

Der Anteil schadstoffreduzierter Pkw ist stark angestiegen und lag am 1.1. 2002 bei 89,4 % (Abb. 2). Die verbleibenden 10,6 % (Altfahrzeuge) sind Pkw nach Europa-Norm, bedingt schadstoffarme PKW und Pkw ohne Schadstoffminderung.

Altfahrzeuge haben an den Emissionen einen hohen Anteil. So emittiert ein alter Otto-Pkw ohne Abgasnachbehandlung etwa 10 mal soviel Kohlenmonoxid (CO) und mehr als 30 mal soviel Kohlenwasserstoffe (NMVOC) und Stickstoffoxide (NO_x) wie ein nach der derzeit gültigen Schadstoffnorm Euro 3 zugelassener Pkw.

Bei Pkw sind seit Anfang der 70er Jahre, bei Lkw seit Ende der 80er Jahre die EU-weit verbindlichen Grenzwerte schrittweise verschärft worden. Die Anteile der Schadstoffklassen am Pkw-Bestand mit Otto- bzw. mit Dieselmotor zeigen die Abb. 2 und 3.

4. Fahr-, Verkehrsleistung und Verkehrsstärken

Für die Umweltbelastung durch Abgase ist nicht die Bestandszahl an Fahrzeugen entscheidend, sondern die damit zurückgelegte Strecke, die so genannte Fahrleistung. Darüber hinaus ist die Verkehrsleistung ein Maß dafür, welcher Transport von

Personen oder Gütern mit den gefahrenen Kilometern verbunden ist. Für die lokale Belastung sind zudem die Verkehrsstärken relevant.

4.1 Fahrleistung der Kraftfahrzeuge

Definiert ist die Fahrleistung als das Produkt aus der Anzahl der Fahrzeuge und den im Inland zurückgelegten Kilometern. Sie wird in Fahrzeugkilometer (Fz-km) angegeben.

Während die durchschnittliche Fahrleistung eines Pkw 2001 bundesweit 11 500 km betrug, lag dieser Wert für Lkw (alle Größenklassen) bei 23 600 km, für Omnibusse bei 42 900 km und für Sattelzugmaschinen sogar bei 77 600 km.

Die Gesamtfahrleistung der Kfz hat sich 2002 in Baden-Württemberg

gegenüber 1991 um 18,1 % auf 90,6 Mrd. km gesteigert (die Steigerung bundesweit betrug 8 % auf 620,3 Mrd. km) (Tab. 1). Fast die Hälfte der Fahrleistung (47,8 %) betrifft die Bundes-, Landes- und Kreisstraßen, 28,3 % die innerörtlichen Straßen und 23,9 % die Autobahnen.

Anlässe für Fahrten im Straßenpersonenverkehr sind in erster Linie Urlaubs- und Freizeitaktivitäten (47 %), gefolgt von Fahrten zur Arbeits- und Ausbildungsstelle (26 %); Dienst- und Geschäftsreisen machen 17 %, Einkaufsfahrten 11 % aus (Erhebung auf Bundesebene).

Aufgrund der hohen Anzahl an Fahrzeugen dominieren Pkw mit großem Abstand vor den Lkw die Gesamtfahrleistung auf Landes- wie Bundesebene (Abb. 4a, 4b). Es sind aber in Baden-Württemberg insbesondere

	Pkw	Lkw und Busse unter 3,5 t	Lkw und Busse über 3,5 t	Krafträder	Gesamt
<i>in Milliarden Fahrzeugkilometern</i>					
1991	67,1	2,2	5,7	1,6	76,7
1992	70,2	2,2	6,0	1,7	80,0
1993	71,6	2,2	6,0	1,7	81,4
1994	72,2	2,1	6,1	1,7	82,1
1995	74,2	2,1	6,2	1,8	84,3
1996	75,1	2,2	6,3	1,8	85,4
1997	75,4	2,3	6,5	1,8	86,0
1998	76,4	2,5	6,7	1,8	87,3
1999	77,3	2,6	6,8	1,8	88,6
2000	77,3	2,8	6,9	1,8	88,8
2001	77,7	2,8	6,8	1,8	89,2
2002	79,1	2,9	6,9	1,8	90,6

Tab. 1: Fahrleistung in Baden-Württemberg nach Fahrzeugarten (Quelle: StaLa, 2003)

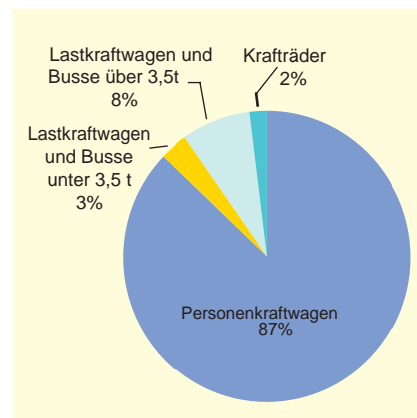


Abb. 4a: Anteile der Kraftfahrzeugarten an der Gesamtfahrleistung des Kraftfahrzeugverkehrs in Baden-Württemberg, 2001 (Quelle: StaLa, 2003)

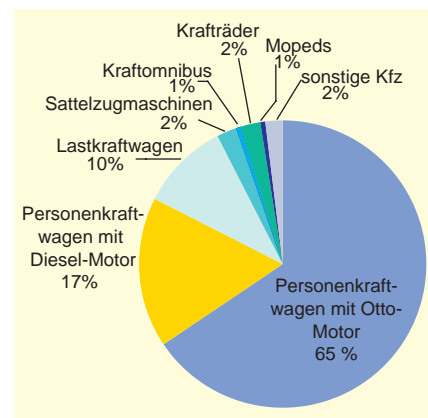


Abb. 4b: Anteile der Kraftfahrzeugarten an der Gesamtfahrleistung des Kraftfahrzeugverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland 2001 (Quelle: BMVBW, 2002)

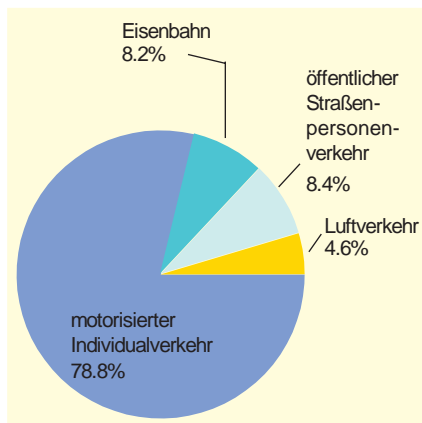


Abb. 5: Personenverkehrsleistung in der Bundesrepublik Deutschland 2001 nach Verkehrsbereichen (Quelle: BMVBW, 2002)

die leichten Nutzfahrzeuge, die zwischen 1991 und 2001 ihre Fahrleistung um 28 % steigerten, während die Fahrleistung der Lkw um 20 % zunahm. Bundesweit stieg insbesondere die Fahrleistung der Lkw (+43 %), der Sattelzugmaschinen (+65 %) und der Krafträder (+59 %).

4.2 Verkehrsleistung

Unter dem Begriff „Verkehrsleistung“ werden zwei Größen zusammengefasst:

- Personenverkehrsleistung: Produkt aus der Zahl der beförderten Personen („Personenaufkommen“) und den zurückgelegten Kilometern, angegeben in Pkm
- Güterverkehrsleistung: Produkt aus den beförderten Tonnen an Gütern („Güteraufkommen“) und den zurückgelegten Kilometern, angegeben in tkm

Für die Personenverkehrsleistung liegen im Wesentlichen nur bundesweite Statistiken für den öffentlichen Verkehr (Eisenbahn, Busse, Straßen- und U-Bahnen) und für den Luftverkehr vor. Die Werte des motorisierten Individualverkehrs schätzt das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) jährlich mit Hilfe einer Modellrechnung ab. Auch für die Güterverkehrsleistung liegen auf Landesebene nur wenige Schätzungen für ausgewählte Jahre vor, so dass für Zeitreihen auch hier auf die Bundesdaten zurückgegriffen wird. Aussagen zur Entwicklung der einzelnen Verkehrssparten sind aufgrund sich wandelnder statistischer Erhebungsgrenzen nur näherungsweise möglich.

4.2.1 Personenverkehrsleistung

Zwischen 1991 und 2001 erhöhte sich die Personenverkehrsleistung in Deutschland um 42 Mrd. Pkm (4,8 %) auf 917 Mrd. Pkm. Die Aufteilung auf die Verkehrsbereiche zeigt Abb. 5: Pkw 723 Mrd. Pkm (1991-2001: +1,3 %), Eisenbahnen 75,3 Mrd. Pkm (+32 %), Luftverkehr 41,9 Mrd. Pkm (+85 %), öffentlicher Straßenpersonenverkehr 77 Mrd. Pkm (-5,6 %).

Entsprechende Angaben für Baden-Württemberg liegen nicht vor, da das Personenaufkommen beim motorisierten Individualverkehr und bei den Eisenbahnen nicht mehr erfasst wird.

Im öffentlichen Straßenpersonenverkehr ist das Fahrgastaufkommen zwischen 1991 und 2002 von 773 auf 931 Mio. beförderte Personen angestiegen.

Der Flugverkehr zeichnet sich durch eine hohe Wachstumsdynamik aus (Abb. 6). Auf den Regionalflughäfen Friedrichshafen und Karlsruhe/Baden-Baden haben die Fluggastzahlen auch weiterhin zugenommen auf 496 432 bzw. 208 109 im Jahr 2002. Stuttgart erreichte 2000 ein Maximum mit 8,13 Mio. Passagieren, 2002 verminderte sich die Fluggastzahl auf 7,27 Mio. Damit liegt Stuttgart jedoch nach wie vor auf Rang sechs der internationalen Flughäfen in Deutschland.

4.2.2 Güterverkehrsleistung und Güteraufkommen

Die Güterverkehrsleistung in Deutschland nahm zwischen 1991 und 2001 um 28 % auf 509 Mrd. tkm zu. Wesentlichen Anteil hieran hatte der Straßengüterverkehr, der sich im selben Zeitraum um 44 % auf 353 Mrd. tkm erhöhte. Der Transport mit deutschen Lkw machte hieran 256 Mrd. tkm aus (Abb. 7).

Eisenbahnen nahmen gegenüber 1991 in ihrer Güterverkehrsleistung um 7 % (2001: 74 Mrd. tkm) ab, während die Binnenschifffahrt um knapp 16 % zunahm (2001: 65 Mrd. tkm). Der Anteil des Luftverkehrs an der Güterverkehrsleistung ist mit 0,14 % (1998) gering. Jedoch steigerte sich diese Leistung im betrachteten Zeitraum um 72 % auf 0,74 Mrd. tkm. Der Transport durch Rohrleitungen blieb annähernd gleich (2001: 16 Mrd. tkm).

Die Güterverkehrsleistung (einschließlich Durchgangsverkehr) in Baden-Württemberg lag 2000 bei 61,4 Mrd. tkm insgesamt beförderte Güter (Abb. 8). Damit nahm die Güterverkehrsleistung um 16,3 % gegenüber 1995 und um 22,1 % gegenüber 1990 zu. Einen noch bedeutenderen Anteil als auf Bundesebene hat hieran der Straßengüterverkehr. Er konnte seinen Transport zwischen 1990 und 2000 um 26,8 % auf 45 Mrd. tkm steigern und nimmt an der Güterverkehrsleistung einen Anteil von 73,2 % ein. 14,3 % der Verkehrsleistung bewältigten die Eisenbahnen, 11 % die Binnenschifffahrt. Sie erhöhten ihre Transportleistungen 1990 bis 2000 um 17 % auf 8,9 Mrd. tkm bzw.

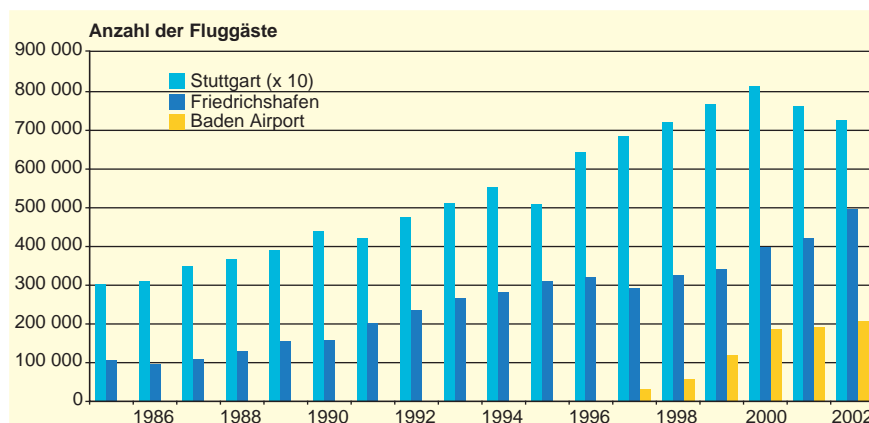


Abb. 6: Fluggastzahlen auf den Flughäfen Baden-Württembergs 1985 – 2002 (Quelle: Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen (ADV), 2003)

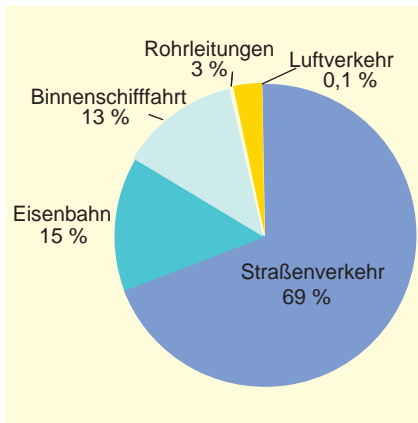


Abb. 7: Güterverkehrsleistung in der Bundesrepublik Deutschland 2001 nach Verkehrsbereichen (Quelle: BMVBW, 2002)

um 8 % auf 6,8 Mrd. tkm. Hingegen verminderte sich der Transport in Rohrleitungen um 16 % auf knapp 1 Mrd. tkm.

Die entsprechende Aufteilung des Güteraufkommens in Baden-Württemberg 2001 (473 Mio. t) zeigt Abb. 9. Die Menge der transportierten Güter stieg zwischen 1991 und 2001 auf das 2,7-fache, vorwiegend zu Gunsten des Straßenverkehrs, der heute etwa 85 % der Güter befördert. Der Transport auf der Schiene nahm tendenziell ebenso ab (zwischen 1991 und 2001 um knapp 27 %) wie der Transport mit der Binnenschifffahrt (um knapp 14 %). Der Vergleich zur Tendenz der Verkehrsleistung der Binnenschifffahrt spricht dafür, dass die mittlere Transportweite in der Binnenschifffahrt zugenommen hat. Der Anteil des Luftverkehrs lag 2001 auf dem gleichen Niveau wie 1991.

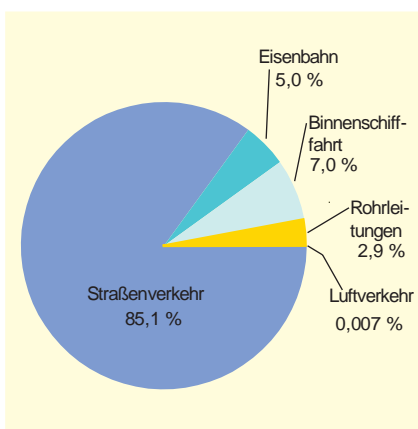


Abb. 9: Güteraufkommen (beförderte Güter) in Baden-Württemberg 2001 (Quelle: StaLa, 2002)

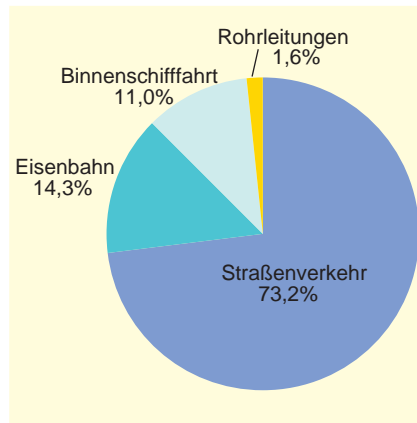


Abb. 8: Güterverkehrsleistung in Baden-Württemberg 2000 nach Verkehrsbereichen (Quelle: StaLa, 2002)

4.3 Verkehrsstärken im Straßenverkehr

Die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) wird flächendeckend alle fünf Jahre in einer deutschlandweit einheitlichen Verkehrszählung und in den Jahren dazwischen über automatische Zählstellen ermittelt.

Abb. 10 zeigt die Entwicklung der DTV-Werte auf überörtlichen Straßen. Die starke Zunahme der Gütertransportleistung auf den Straßen und der hohe Anteil des motorisierten Individualverkehrs an der Personenverkehrsleistung führten zu einer hohen Belastung der Straßennetze. Auf Autobahnen ist mit 57 % gegenüber 1985 die höchste Steigerung der Verkehrsbelastung festzustellen. Im Jahr 2002 lag sie im Mittel bei 57 959 Kfz/24 h.

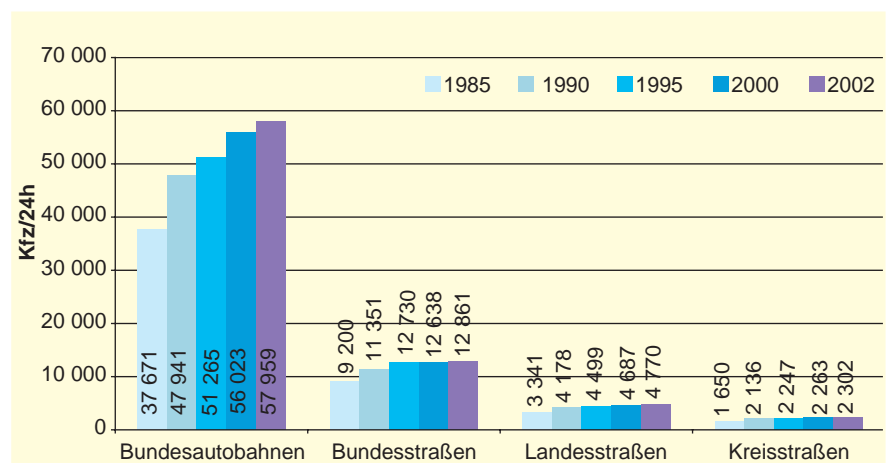


Abb. 10: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) auf den überörtlichen Straßen in Baden-Württemberg 1985 – 2002 (Quellen: BAB, LfS 2002)

Spitzenwerte der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke im Mittel über alle Werktage wurden an folgenden automatischen Messstellen erreicht:

- A 5 am Autobahnkreuz Stuttgart-Vaihingen mit 143 203 Kfz/24 h, davon 26 765 Fahrzeuge mit mehr als 3,5 t/24 h;
- A 5 am Autobahnkreuz Karlsruhe mit 128 729 Kfz/24 h, davon 23 813 Fahrzeuge mit mehr als 3,5 t/24 h.

Die höchsten DTV-Werte an Werktagen auf Bundesstraßen wurden an der B 27 bei Echterdingen mit 79 418 Kfz/24 h und an der B 10 bei Plochingen mit 79 017 Kfz/24 h ermittelt und auf Landesstraßen an der L600A bei Heidelberg mit 34 960 Kfz/24 h.

5. Kraftstoff

5.1 Kraftstoffverbrauch

Der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch der Pkw hat sich seit 1980 von 10,1 l/100 km auf 8,5 l/100 km im Jahr 2001 vermindert (Abb. 11). Otto-Motoren verbrauchten 2001 durchschnittlich 8,8 l/100 km, Diesel-Motoren 7,3 l/100 km. Die durchschnittliche Motorleistung erhöhte sich von 1980 bis 2001 um 17 kW auf 70 kW.

Die Erfolge bei der Konstruktion verbrauchsärmerer Motoren sind demnach durch den Trend zu stärkerer Motorisierung teilweise kompensiert worden. Prognosen der Mineralölindustrie gehen aber von einem

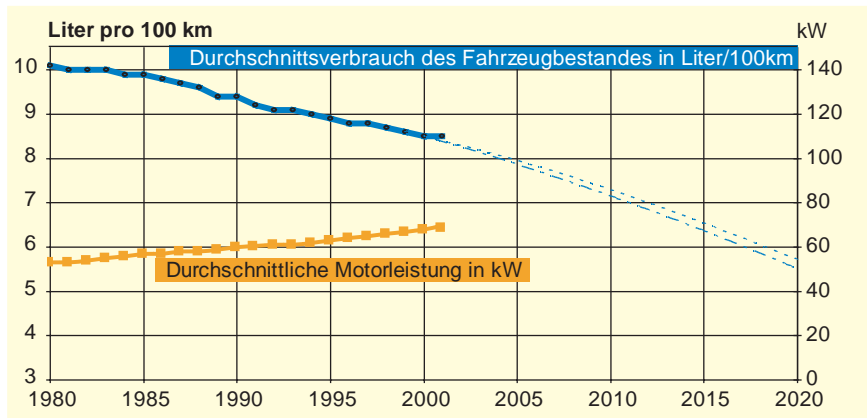


Abb. 11: Pkw-Kraftstoffverbrauch (Flottenwert) und durchschnittliche Pkw-Motorleistung 1980 – 2020 (Quellen: BMVBW, 2002; Deutsche Shell AG, 2001)

deutlichen Rückgang des Kraftstoffverbrauchs der Pkw in den kommenden Jahren aus; für 2020 wird ein Durchschnittswert von knapp 6 l pro 100 km für die gesamte Pkw-Flotte angenommen. Diese Vorhersage gründet vor allem auf der Zusage des Verbands der europäischen Automobilhersteller, den durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch neuer Pkw bis 2008 auf 5,8 l pro 100 km zu senken (vgl. Abschnitt 6.2.3).

5.2 Kraftstoffqualität

Abgasemissionen lassen sich in gewissen Grenzen durch die Qualität des Kraftstoffs beeinflussen. Dies gilt beispielsweise für den Benzol- und den Schwefelgehalt, aber auch für andere Kraftstoffkomponenten. Solche Verbesserungen in der Kraftstoffqualität haben eine unmittelbare Emissionsreduktion im gesamten Fahrzeugbestand zur Folge, also auch bei älteren Fahrzeugen.

Der Anteil an krebserregendem Benzol im Benzin hat stetig abgenommen. Seit dem 1.1.2000 gilt in der Europäischen Union für Benzol ein Grenzwert von maximal 1 Volumenprozent in Ottokraftstoff.

Schwefel, als natürlicher Bestandteil des Rohöls, führt bei der Verbrennung des Kraftstoffs zu unerwünschten Schwefeldioxid-(SO₂)-Emissionen und beeinträchtigt die Funktion moderner Abgaskatalysatoren. Deshalb wird in der Raffinerie der Schwefelgehalt durch spezielle Verfahren verringert.

Die Absenkung des Schwefelgehalts im Kraftstoff hat auf Betreiben der Umweltgesetzgebung wie auch der Automobilindustrie große Fortschritte gemacht und nun einen optimal niedrigen Wert erreicht. Diese Absenkung verlief in drei Stufen:

- Ab dem 1.1.2000 war ein Schwefelgehalt von max. 150 mg/kg in Ottokraftstoff und bis zu 350 mg/kg in Dieseldieselkraftstoff zulässig.
- Ab dem 1.11.2001 wurde in Deutschland „schwefelarmer“ Kraftstoff (Benzin und Diesel) mit einem Schwefelgehalt von höchstens 50 mg/kg (= 50 ppm) flächendeckend angeboten.
- Seit dem 1.1.2003 ist an deutschen Tankstellen nur noch „schwefelfreier“ Kraftstoff (Benzin und Diesel) erhältlich. Als schwefelfrei gelten Kraftstoffe mit einem Schwefelgehalt von weniger als 10 ppm.

Die beiden letzten Absenkungen wurden durch steuerliche Anreize (Mineralölspreizung) gefördert. Deutschland hat damit die innerhalb der EU beschlossene Reduzierung des Schwefelgehalts im Kraftstoff wesentlich früher umgesetzt als von der EU vorgegeben. In der EU ist ein flächendeckendes Angebot an schwefelfreien Kraftstoffen erst am 1.1.2005 vorgeschrieben. Baden-Württemberg hat mit zwei Bundesratsinitiativen sowie durch langjährige Bemühungen bei der Bundesregierung und beim Europäischen Parlament wesentlich zu dieser raschen Markteinführung

von schwefelfreien Kraftstoffen beigetragen.

Für die Umwelt sind schwefelfreie Kraftstoffe mit deutlichen Vorteilen verbunden. Bei Katalysatorfahrzeugen werden durch eine bessere Funktion des Katalysators die Emissionen von Stickstoffoxiden und flüchtigen Kohlenwasserstoffen deutlich verringert. Die verbesserten Treibstoffe sind darüber hinaus eine optimale Voraussetzung für den Einsatz neuer Techniken wie z. B. direkt einspritzende Benzinmotoren oder Partikelfiltersysteme und NO_x-Katalysatoren bei Dieselfahrzeugen.

6. Verkehrsemissionen

6.1 Vergleich der Verkehrsträger

Die Emissionen des Verkehrs haben einen wesentlichen, teilweise dominierenden Anteil an den anthropogenen Schadstoffemissionen.

Der Anteil des Verkehrs an den gesamten Emissionen betrug 2000 bei den Stickstoffoxid-(NO_x)-Emissionen 56 %, den Kohlenmonoxid-(CO)-Emissionen 54 % bei den flüchtigen Kohlenwasserstoffen (ohne Methan NMVOC) 24 % und bei Feinstaub 30 % (Abb. 12). Zu den Kohlendioxid-Emissionen trägt der Verkehr 26 % bei.

Innerhalb des Verkehrssektors kommt dem Kfz-Bereich eine herausragende Bedeutung zu; sein Anteil an den Emissionen des gesamten Verkehrs liegt bei den dargestellten Schadstoffen zwischen 82 % und 97 %. Bei Kraftstoffverbrauch und Emissionen steht nach den Kraftfahrzeugen der Schiffsverkehr an zweiter Stelle, gefolgt von Bahn und Flugverkehr (Tab. 2).

Die genannte Reihenfolge nach dem Kfz-Bereich ist allerdings kritisch zu betrachten, da

- für den Flugverkehr nur die Emissionen im bodennahen Bereich (bis ca. 1000 m Flughöhe) und

- für den Schiffsverkehr die Emissionen des Verkehrs auf dem gesamten Rhein bis Mannheim sowie auf dem gesamten Bodensee (und damit auch erhebliche Emissionsanteile von Schiffen, die nicht auf dem baden-württembergischen Anteil dieser Gewässer fahren)

einbezogen werden.

6.2 Straßenverkehr

6.2.1 Emissionen des Straßenverkehrs

Abb. 13 setzt die Emissionen des Kfz-Verkehrs in Bezug zu Bestand, Fahrleistung und Kraftstoffverbrauch. Schwere Nutzfahrzeuge (Lkw über 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht, Busse und Sattelzugmaschinen) haben zwar am Bestand und an der Fahrleistung nur einen Anteil von 6,4 bzw. 7,7 %, beim Kraftstoffverbrauch dagegen bereits 26 %. Mit einem Anteil von 49 % beim Partikelausstoß und 58 % bei NO_x tragen sie bei diesen Schadstoffen zur Hälfte zu den Emissionen des Straßenverkehrs bei.

Auf Pkw und Krafräder entfallen fast 90 % der Fahrleistung. Sie sind die Hauptemittenten von CO (95 %) und nicht methanhaltigen, leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffen (NMVOC) 85 %, leisten aber auch bei den anderen Schadstoffen ihre Beiträge (NO_x: 39 %, SO₂: 45 %, Feinstaub: 41 %).

Der bei einigen Komponenten beträchtliche Anteil der schweren Nutzfahrzeuge an den Kfz-Emissionen geht zum einen darauf zurück, dass Lkw-Motoren hohe Leistungen mit entsprechend großen Abgasmengen haben. Zum anderen unterscheiden sich Diesel- und Ottomotoren in ihrem Emissionsprofil: Während Ottomotoren im Vergleich deutlich höhere CO-, aber auch NMVOC- und Benzol-Emissionen aufweisen, emittieren Dieselmotoren mehr NO_x und partikelförmigen Dieselruß. Für Pkw nach der seit 1.1.2000 gültigen Abgasnorm Euro 3 verdeutlicht ein Beispiel das Emissionsverhalten (Tab. 3) mit den realen Durchschnittsemissionen der Pkw, nicht die Euro 3-Grenzwerte.

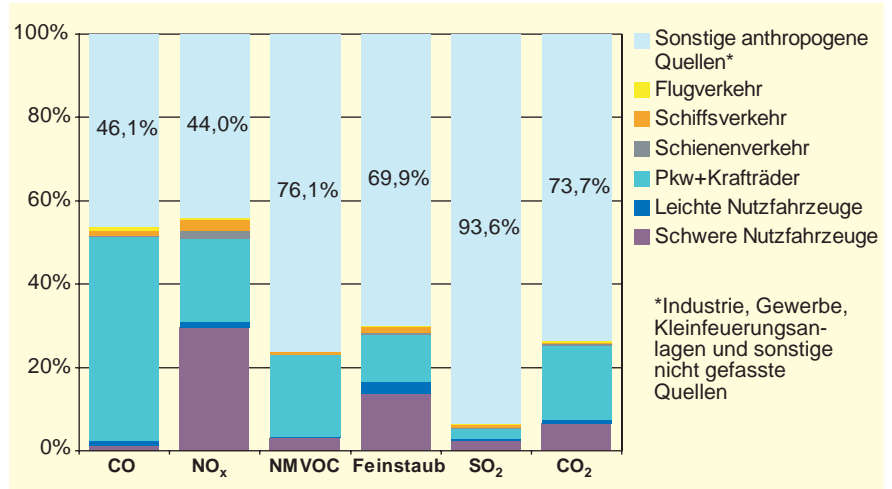


Abb. 12: Anteil der Verkehrsemissionen an den gesamten anthropogenen Emissionen in Baden-Württemberg. Bezugsjahr 2000 (Quelle: UMEG/AVISO, 2003)

	Straßenverkehr	Schiffsverkehr ¹⁾	Schieneverkehr	Flugverkehr ²⁾
Kraftstoffverbrauch	96,4 %	1,7 %	1,0 %	0,9 %
Stickstoffoxide (NO _x)	91,1 %	4,8 %	3,3 %	0,8 %
Leicht flüchtige Kohlenwasserstoffe ohne Methan (NMVOC)	96,5 %	2,2 %	0,4 %	0,9 %
Kohlenmonoxid (CO)	95,5 %	2,1 %	0,3 %	2,1 %
Feinstaub (PM ₁₀ im Abgas)	92,8 %	5,0 %	1,5 %	0,7 %
Schwefeldioxid (SO ₂)	81,8 %	13,2 %	2,8 %	2,2 %
Kohlendioxid (CO ₂)	96,4 %	1,7 %	1,0 %	0,9 %

¹⁾ einschließlich Schiffsverkehr auf den Teilen des Bodensees und des Rheins, die nicht dem Hoheitsgebiet von Baden-Württemberg zuzuordnen sind

²⁾ Bodennaher Bereich bis 3 000 ft (ca. 900 m) Flughöhe

Tab. 2: Prozentuale Anteile der Verkehrsbereiche am Kraftstoffverbrauch und an den Emissionen des gesamten Verkehrs in Baden-Württemberg. Bezugsjahr 2000. (Quelle: UMEG/AVISO, 2002)

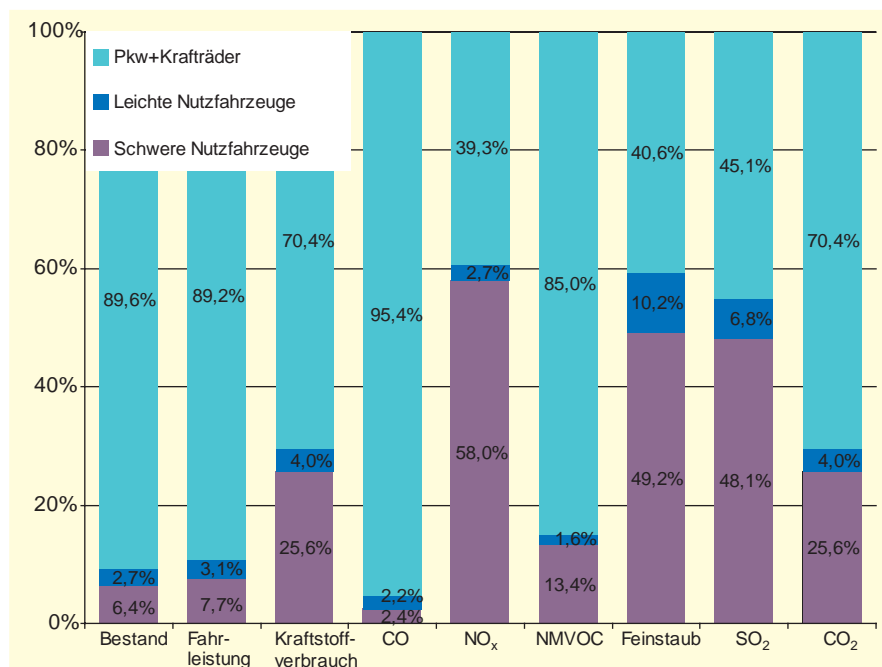


Abb. 13: Fahrleistung, Kraftstoffverbrauch und Emissionen des Kraftfahrzeugverkehrs in Baden-Württemberg, aufgeschlüsselt nach den Gruppen: Pkw + Krafräder, leichte Nutzfahrzeuge und schwere Nutzfahrzeuge, Bezugsjahr 2000. (Quelle: UMEG / AVISO 2002)

	CO	NO _x	NMVOOC	Partikel
Otto-Pkw	606	80	33	0
Diesel-Pkw	147	266	23	23

Tab. 3: Emissionsfaktoren für Pkw nach Euro 3-Norm (in mg/km) (Quelle: IFEU, 2002)

Insbesondere der Partikelausstoß ist dafür verantwortlich, dass Diesel-Abgas von seiner Gesundheitsgefährdung her auch bei modernen Motoren immer noch um ein Mehrfaches schädlicher eingestuft wird als das Abgas von Ottomotoren. Hier ist eine weitere Absenkung des Emissionsniveaus notwendig, beispielsweise durch den Einsatz von Partikelfiltern.

6.2.2 Motorisierte Zweiräder

Bei den Pkw haben die Maßnahmen zur Abgasnachbehandlung ein hohes Niveau erreicht. Auch bei den Lkw werden durch die EU-Grenzwerte die Emissionen deutlich vermindert. Hingegen sind bei Motorrädern Emissionen lange Zeit unbeachtet geblieben. Für sie galten EU-weit bislang sehr anspruchslöse Grenzwerte, die auch ohne Abgasnachbehandlung leicht einzuhalten sind.

Dementsprechend ist der Anteil von Motorrädern mit geregelter oder unregelmäßigem Katalysator in Deutschland äußerst gering. Leicht- und Kleinkrafträder (also die Maschinen bis 125 ccm bzw. 50 ccm Hubraum) fahren fast ausschließlich ohne jede Abgasnachbehandlung.

Diese Situation wurde bislang nicht angegangen, weil die Abgasproble-

me der Pkw und Lkw im Vordergrund standen und die Zahl der motorisierten Zweiräder vergleichsweise gering und lange Zeit sogar rückläufig war. Seit 1972 hat die Zahl der Krafträder (Motorräder und Leichtkrafträder) aber wieder zugenommen, und seit Anfang der 90er Jahre verzeichnet diese Fahrzeuggruppe die höchsten Zuwachsraten aller Kraftfahrzeuge. Von 1992 bis 2002 hat der Bestand an Krafträdern um 85 % zugenommen, der Bestand an Pkw nur um 17 %. Dieser Boom ist auf die Beliebtheit der Motorräder und neuerdings auch der Leichtkrafträder als Freizeitfahrzeug zurückzuführen.

Motorisierte Zweiräder werden überwiegend „fett“, also mit Kraftstoffüberschuss, gefahren. Deshalb haben sie einen sehr hohen Ausstoß an Kohlenwasserstoffen und Kohlenmonoxid, verursacht durch unvollständige Verbrennung im Motor. Insbesondere 2-Takt-Maschinen fallen hier durch extrem hohe Emissionen auf. Zweiräder emittieren 30- bis 175-mal soviel Kohlenwasserstoffe pro gefahrenen Kilometer wie ein moderner Pkw nach Euro 3-Norm. Ein Kleinkraftrad mit 50 ccm emittiert 3- bis 6-mal soviel Kohlenwasserstoffe wie ein Lkw (Abb. 14).

Damit tragen motorisierte Zweiräder mit einem Anteil zu den Kohlenwasserstoff-, Benzol- und Kohlenmonoxid-Emissionen bei, der weit über ihren Fahrleistungsanteil hinausgeht. Da Krafträder vorwiegend in den Sommermonaten gefahren werden, tragen sie damit deutlich zur Ozon-

bildung bei. Für eine Verbesserung der Emissionssituation bei motorisierten Zweirädern bestand daher Handlungsbedarf.

Mit der EG-Richtlinie 2002/51/EG vom 19.7.2002 wurden die Abgasgrenzwerte für Krafträder (über 50 ccm) und leichte Drei- und Vierradfahrzeuge in 2 Stufen verschärft:

- Stufe 1 reduziert die Grenzwerte unter Beibehaltung des alten Fahrzyklus bis 50 km/h ab 1.4.2003 für neue Typen bzw. ab 1.7.2004 für andere Neufahrzeuge;
- Stufe 2 reduziert die Grenzwerte durch Ergänzung des EG-Pkw-Überland-Fahrzyklus bis 120 km/h und geänderte Grenzwerte wesentlich effektiver. Gleichzeitig entfällt die Warmlaufphase vor der Abgasmessung. Umsetzungsfrist hierfür ist 1.1.2006 für neue Typen bzw. 1.1.2007 für andere Neufahrzeuge.

Optional kann für Stufe 2 ein neuer, weltweit harmonisierter, anspruchsvoller Fahrzyklus für die Schnellfahrt verwendet werden, sobald dieser im Konzept vorliegende Zyklus offiziell verabschiedet ist. Er soll nach Verabschiedung verbindlich im EG-Regelwerk eingeführt werden und die Basis für eine etwaige Fortschreibung der Kraftrad-Abgasvorschriften darstellen.

6.2.3 Emissionsentwicklung und -prognose

Die Einführung des geregelten Katalysators bei den Otto-Pkw seit Mitte der 80er Jahre, die zunehmende Verschärfung der Abgasgrenzwerte in der EU seit 1988 und die bis 2008 noch umzusetzenden Grenzwertstufen führen zu eindrucksvollen Minderungen bei den Emissionen des Kfz-Verkehrs.

Auch in Zukunft werden die Emissionen trotz wachsender Fahrleistung weiter abnehmen, auf Grund der allmählichen Erneuerung des Kfz-Bestands durch schadstoffarme Neufahrzeuge.

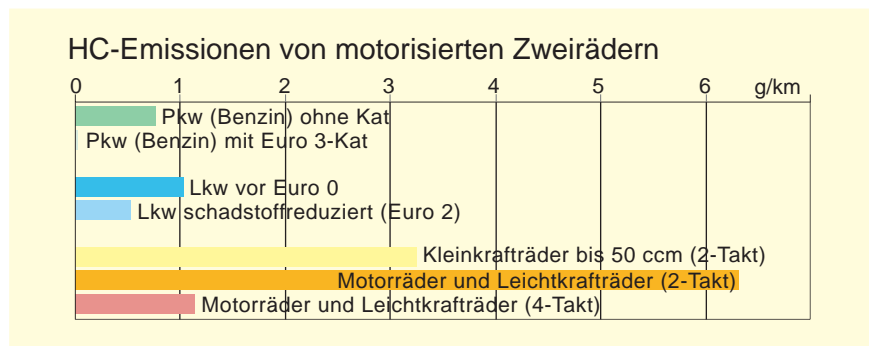


Abb. 14: Kohlenwasserstoff-Emissionen von motorisierten Zweirädern im Vergleich zu Pkw und Lkw. Emissionsfaktoren pro km für Pkw, Lkw, Krafträder (KR) und Kleinkrafträder (KKR) in Abhängigkeit vom Fahrzeugkonzept. Bedingungen: Verkehrssituation Durchschnitt außerorts (ohne BAB), mittlere Geschwindigkeit 78 km/h (Pkw+KR), 72 km/h (Lkw) bzw. 30 km/h (KKR). Ohne Kaltstart. Bezugsjahr 2000. (Quelle: Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs Version 1.2, 1999)

Eine Berechnung der bundesweiten Verkehrsemissionen durch das Heidelberger IFEU-Institut im Auftrag des Umweltbundesamtes zeigt einen sichtbaren Rückgang der Emissionen von NO_x, NMVOC, CO, Benzol und Partikeln (Abb. 15). Da für Partikel erstmals 1992 Grenzwerte festgelegt wurden, ist ein Rückgang der Partikelbelastung erst ab 1994 und damit 3 bis 6 Jahre später als bei den anderen Schadstoffen zu beobachten.

ergeben, dass die Emissionen der schweren Nutzfahrzeuge teilweise deutlich unterschätzt worden sind.

Für die Partikel- und NO_x-Emissionen sagen die Berechnungen bis 2010 einen Rückgang auf etwa 32 %, für Benzol auf nur noch 5 % voraus, jeweils bezogen auf das Niveau von 1990. Wenn diese Entwicklung so zutrifft, dürften bestehende Immissionsprobleme, beispielsweise in Innenstädten, sich in Zukunft entschärfen.

Alleerdings zeigen Immissionsmessungen in stark verkehrsbelasteten Innenstädten bisher nur bei den Komponenten NMVOC, Benzol und CO eine Abnahme im erwarteten Umfang, während bei NO_x und Partikeln die Immissionsabnahme deutlich geringer ausfällt. Dagegen ist die prognostizierte Entwicklung

le, beispielsweise in Innenstädten, sich in Zukunft entschärfen.

Tab. 4 gibt die in Abb. 15 dargestellte Emissionsentwicklung für 2000, 2010 und 2020 in Prozent des Wertes von 1990 an. Diese Emissionsprognose, die sich auf das Gebiet Deutschlands bezieht, berücksichtigt alle absehbaren Entwicklungen und ist insofern eine fundierte Abschätzung. Allerdings haben Messungen in 2003

	1990	2000	2010	2020
Benzol	100 %	13,3 %	5,2 %	4,5 %
NO_x	100 %	61,1 %	31,6 %	22,4 %
Partikel	100 %	77,3 %	31,8 %	22,8 %
CO₂	100 %	113,9 %	115,2 %	110,1 %
Fahrleistung	100 %	106,9 %	122,0 %	136,7 %

Tab. 4: Kfz-Emissionen 2000, 2010 und 2020 in Prozent des Wertes von 1990 (Quelle: IFEU, TREMOD, 10/2002)



Abb. 15: Kfz-Emissionen in Deutschland seit 1980 mit Prognose bis 2020. Direkte Emissionen, berechnet mit dem Verkehrsemissionsmodell TREMOD. Ab 2001 Szenarienberechnung: Verkehrs- und Fahrleistungsänderungen aufgrund der Verkehrsprognose 2015 für die Bundesverkehrswegeplanung (Quelle: IFEU, TREMOD, 10/2002)

	KV [t/a]	CO [t/a]	NO _x [t/a]	NMVOG [t/a]	Partikel [t/a]	SO ₂ [t/a]	CO ₂ [t/a]
Rhein	78.140	890	3.778	431	146	260	248.096
Neckar	18.136	123	901	66	34	59	57.583
Bodensee	16.557	6.565	629	342	31	18	52.568
Summe	112.834	7.578	5.307	839	211	337	358.247

Tab. 5: Kraftstoffverbrauch (KV) und Schadstoffemissionen der Binnenschifffahrt auf Rhein, Neckar und dem gesamten Bodensee im Analysejahr 2000 (Quelle: UMEG/AVISO, 2002)

t/a	2000	2005/ 2000	2010/ 2000
Kraftstoffverbrauch	112.834	+1%	0%
NO _x	5.307	+1%	+1%
NMVOG	839	-12%	-20%
CO	7.578	-7%	-14%
Partikel	211	-9%	-18%
SO ₂	337	-83%	-96%
CO ₂	358.247	+1%	0%

Tab. 6: Veränderungen bei Kraftstoffverbrauch und Schadstoffemissionen der Binnenschifffahrt 2005 und 2010 im Vergleich zu 2000 (Quelle: UMEG/AVISO, 2002)

der klimawirksamen CO₂-Emissionen, die in direktem Zusammenhang mit dem Kraftstoffverbrauch stehen, nicht befriedigend. Zwar zeigt sich seit etwa 1993 eine Verlangsamung des Anstiegs bei den CO₂-Emissionen, es ist aber für die kommenden Jahre eine weitere Zunahme anzunehmen. Ursache dafür ist der fortdauernde Anstieg der Fahrleistung insbesondere der Nutzfahrzeuge. Dieser kann durch die bisher erreichte Verbrauchsminderung bei den Fahrzeugen bei weitem nicht ausgeglichen werden.

Das Maximum der CO₂-Emissionen und somit die Trendwende ist nach dieser Prognose für 2007 zu erwarten. Dabei berücksichtigt die Prognose bereits die Selbstverpflichtungen der Autoindustrie zur CO₂-Minderung.

Die deutsche Automobilindustrie hat sich in einer Selbstverpflichtung bereit erklärt, den CO₂-Ausstoß neuer Pkw bis 2005 um durchschnittlich 25 % gegenüber 1990 zu verringern. Auch der Verband der europäischen Automobilhersteller hat zugesagt, die CO₂-Emissionen neuer Pkw um durchschnittlich 25 % zu reduzieren, und zwar für den Zeitraum 1995 bis 2008. Damit soll der durchschnittliche

Kraftstoffverbrauch bis 2008 auf 5,8 l pro 100 km gesenkt werden, was einer CO₂-Emission der Neuwagen von 140 g/km gegenüber 186 g/km 1998 entspricht. Der EU-Ministerrat hat als weiteres Ziel einen Wert von 120 g/km bis 2012 formuliert.

6.3 Emissionen der Binnenschifffahrt

Der Schiffsverkehr steht - unter Einbeziehung angrenzender, nicht zu Baden-Württemberg gehörender Teile des Rheins und des Bodensees - bei Kraftstoffverbrauch und Emissionen im Vergleich der Verkehrsträger nach dem Straßenverkehr an zweiter Stelle mit einem Anteil zwischen 1,7 und 13 %. Für die Berechnung der Emissionen ist der gesamte Schiffsverkehr einschließlich Durchgangs- und Freizeitverkehr betrachtet worden. Hierbei wurden 374 km schiffbare Länge auf dem Rhein und 203 km auf dem Neckar sowie die gesamte Fläche des Bodensees berücksichtigt.

Die Rheinschifffahrt hält den größten Anteil am Kraftstoffverbrauch (69 %) und an fast allen emittierten Komponenten (Tab. 5). Nur die CO-Emissionen werden vom Personenschiffsverkehr auf dem Bodensee dominiert, der aufgrund des hohen Otto-Motoren-Anteils durch die Freizeitschifffahrt einen mit dem Kraftstoffanteil verglichen deutlich überproportionalen Beitrag zu den Schadstoffen CO und NMVOG leistet.

Aufgeschlüsselt nach Schiffsgattungen ergibt sich: Auf die Güterschifffahrt entfallen 79 % des Kraftstoffverbrauchs. Sie trägt, außer bei den CO- und NMVOG-Emissionen, stets zu über 80 % der Emissionen bei. Die Personenschifffahrt hält beim Kraftstoffverbrauch (10,5 %) und bei den

Emissionen (2 bis 13 %) einen deutlich niedrigeren Anteil.

Die „Freizeit- und sonstigen Schiffe“ (überwiegend Sportboote) sind am Kraftstoffverbrauch nur mit 10 % beteiligt, verursachen jedoch 91 % der CO- und 57 % der NMVOG-Emissionen.

Seit der Einführung von Abgasgrenzwerten für Schiffsmotoren auf dem Bodensee 1993 haben sich die Emissionen unverbrannter Kohlenwasserstoffe aus 2-Takt-Ottomotoren um rund 60 % vermindert.

6.3.1 Emissionsprognose für die Jahre 2005 und 2010

Für die Prognosejahre 2005 und 2010 (Tab. 6) wurde eine Transportleistung im Güterverkehr auf Rhein und Neckar zugrunde gelegt, die sich aus dem Generalverkehrsplan ableitet. Der Kraftstoffverbrauch (KV) und damit auch die CO₂-Emissionen steigen gering an, da die KV-Zunahme infolge der höheren Gütertransportleistung durch die Reduzierung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs nicht kompensiert wird. Der Rückgang der SO₂-Emissionen ergibt sich aufgrund der Reduktion des Schwefelgehalts im Kraftstoff. Die NO_x-Emissionen steigen wegen zunehmender NO_x-Emissionsfaktoren bis 2010 geringfügig an. Der Rückgang der restlichen Schadstoffe liegt bis 2010 im Bereich von -14 % bis -20 %.

6.4 Emissionen des Schienenverkehrs

Direkte Emissionen aus dem Schienenverkehr entstehen durch Dieselmotoren auf den nicht-elektrifizierten Strecken (Streckenverkehr); dies sind bei der Bahn AG etwa 49 %, bei den nichtbundeseigenen Eisenbahnen 70 % des Streckennetzes. Dazu kommt der Rangierbetrieb mit Dieselloks auf 47 Bahnhöfen in Baden-Württemberg. Der Vollständigkeit halber wurden bei der Emissionsberechnung auch dampfbetriebene Züge erfasst.

Der Anteil des Schienenverkehrs am gesamten Verkehrsbereich beträgt

beim Kraftstoffverbrauch 1,0 %, bei den Emissionen zwischen 0,3 % (CO) und 3,7 % (NO_x).

Der Streckenverkehr hatte im Jahr 2000 einen Anteil von 64 % am schienenverkehrsbedingten Kraftstoffverbrauch, der Rangierverkehr einen Anteil von 36 %. Bei den NMVOC-Emissionen war der Streckenverkehrsanteil mit 88 % am höchsten, bei den CO-Emissionen mit 37 % am niedrigsten (Tab. 7).

Differenziert nach Zuggattungen ergibt sich für den Streckenverkehr: An der Jahreszugleistung 2000 waren der Personenverkehr mit ca. 80 %, der Güterverkehr mit gut 13 % und die Einsatzzüge mit knapp 7 % beteiligt. Folglich entfallen die höchsten Schadstoffemissionen auf die Personenzüge, mit Anteilen zwischen 46 % (CO) und 63 % (CO₂) des diesel- bzw. dampfbetriebenen Schienenverkehrs.

6.4.1 Emissionsprognose für die Jahre 2005 und 2010

Im Rahmen des Emissionskatasters wurde auch eine Emissionsprognose für 2005 und 2010 erstellt, unter Einbeziehung von Angaben der Deutsche Bahn AG. Für 2005 und 2010 ergeben sich die dargestellten Veränderungen bei den Emissionen und beim Kraftstoffverbrauch (Tab. 8).

Demnach sollten die Emissionen bis 2010 bezogen auf 2000 um 26 bis 93 % sinken. Die hohen Abnahmen bei den SO₂- und Partikelemissionen ergeben sich aufgrund der Reduktion des Schwefelgehalts im Kraftstoff. Die NO_x- und die CO₂-Emissionen nehmen in der Größenordnung des Rückgangs des Kraftstoffverbrauchs ab; dieser erklärt sich aus dem Einsatz von verbrauchsärmeren Maschinen im Streckenverkehr.

Da beim Straßenverkehr von einer beträchtlichen Abnahme der Emissionen in den kommenden Jahren auszugehen ist, sind vergleichbare Emissionsminderungen beim Diesel-Schienenverkehr ebenso geboten, wenn die Bahn ihren Ruf als umweltfreundliches Verkehrsmittel behalten will.

	KV [t/a]	CO [t/a]	VOC [t/a]	NO _x [t/a]	SO ₂ [t/a]	Partikel [t/a]	CO ₂ [t/a]
Streckenverkehr	43 564	392	147	2 004	47	46	138 268
Rangierdienst	24 036	678	19	1 583	24	16	76 314
Summe	67 600	1 070	166	3 587	71	62	214 582

Tab. 7: Kraftstoffverbrauch (KV) und Schadstoffemissionen des dieselbetriebenen Schienenverkehrs (Streckenverkehr und Rangierdienst) in Baden-Württemberg. Analysejahr 2000 (Quelle: UMEG/AVISO, 2002)

6.5 Emissionen des Flugverkehrs

Es wurden die Emissionen des bodennahen Flugverkehrs im Land für den Flughafen Stuttgart, die beiden Regionalflughäfen Friedrichshafen und Karlsruhe/Baden-Baden (Baden Airport), für 116 Flug- und Segelflugplätze sowie für 30 Hubschrauberlandeplätze berechnet. Erfasst sind die Emissionen im bodennahen Bereich bis 3 000 ft (ca. 915 m Höhe), mit der Anzahl an Start- und Landephasen, Bewegungen am Boden und Platzrunden (Tab. 9).

Die Emissionen des Flugverkehrs in Höhen über 1 000 m werden bislang für Baden-Württemberg nicht erhoben. Gleichwohl tragen solche Emissionen zur überregionalen Schadstoffbelastung und damit zu Prozessen wie etwa der europaweiten Ozonbildung bei.

Der Flughafen Stuttgart ist die maßgebliche Emissionsquelle des Flugverkehrs im Land. Sein Anteil am Kraftstoffverbrauch liegt mit ca. 44.600 t bei 79 % des gesamten bodennahen Flugverkehrs. Der Anteil an den Emissionen beträgt bei CO₂, SO₂ und Partikeln ebenfalls 79 %, bei NO_x sogar 88 %. Dieser hohe Anteil geht auf den Einfluss der Jet-Triebwerke

t/a	2000	2005/ 2000	2010/ 2000
Kraftstoffverbrauch	67 600	-24%	-26%
NO _x	3 587	-23%	-25%
VOC	166	-41%	-72%
CO	1 070	-23%	-38%
Partikel	62	-35%	-60%
SO ₂	71	-87%	-93%
CO ₂	214 582	-24%	-26%

Tab. 8: Veränderungen bei Kraftstoffverbrauch und Schadstoffemissionen des Schienenverkehrs 2005 und 2010 im Vergleich zu 2000 (Quelle: UMEG/AVISO, 2002)

zurück, die mit ihren hohen Verbrennungstemperaturen zu verstärkten NO_x-Emissionen führen. Demgegenüber beträgt der Emissionsanteil bei den Kohlenwasserstoffen (NMVOC) lediglich 39 % und bei CO nur 9 %.

Dagegen verursachen die sonstigen Verkehrslandeplätze 82 % der CO- und 50 % der NMVOC-Emissionen. Dieser weit überproportionale Wert kommt durch die hohen spezifischen Emissionsfaktoren der ein- und zweimotorigen Propellermaschinen zustande, mit denen der überwiegende Anteil aller Flugbewegungen in Baden-Württemberg stattfindet und die bislang keiner Emissionsbegrenzung unterliegen.

	KV [t/a]	CO [t/a]	NO _x [t/a]	VOC [t/a]	Partikel/ PM ₁₀ [t/a]	SO ₂ [t/a]	CO ₂ [t/a]
Stuttgart	44 582	718	800	132	22,3	44,6	140 432
Baden Airport	2 398	352	39	20	1,2	2,4	7 553
Friedrichshafen	920	200	12	10	0,5	0,9	2 898
Sonstige Verkehrslandeplätze	8 382	6 516	58	173	4,2	8,4	26 402
Summe (B.-W. gesamt)	56 282	7 786	909	335	28,2	56,3	177 285

Tab. 9 Kraftstoffverbrauch und Schadstoffemissionen des bodennahen Flugverkehrs in Baden-Württemberg. Analysejahr 2000 (Quelle: UMEG/AVISO, 2002)

6.5.1 Emissionsprognose für die Jahre 2005 und 2010

Auf der Basis von Prognosen über zukünftige Veränderungen bei den Flugbewegungen und Annahmen zur Entwicklung der Emissionskennwerte wurde eine Emissionsprognose für 2005 und 2010 erstellt (Tab. 10). Aufgrund der Steigerung der Flugbewegungen kommt es trotz abnehmender spezifischer Verbräuche zu beträchtlichen Zunahmen beim Kraftstoffverbrauch und bei den CO₂-Emissionen (+37 % bis 2010). Die höchsten Emissionszuwächse sind bei den NO_x- und Partikelemissionen zu verzeichnen (+37 % bis 2010). Bei den SO₂-Emissionen wird von einer Zunahme bis 2005 und einer anschließenden Abnahme ausgegangen (Anstieg bis 2010 um 9 %, bezogen auf 2000).

7. Abgasgrenzwerte

Die EU hat die Abgasgrenzwerte zunehmend verschärft. Dies hat für

die Luftreinhaltung wesentliche Fortschritte gebracht. Nur so ist es gelungen, trotz wachsender Motorisierung und Fahrleistung die Emissionen zu reduzieren.

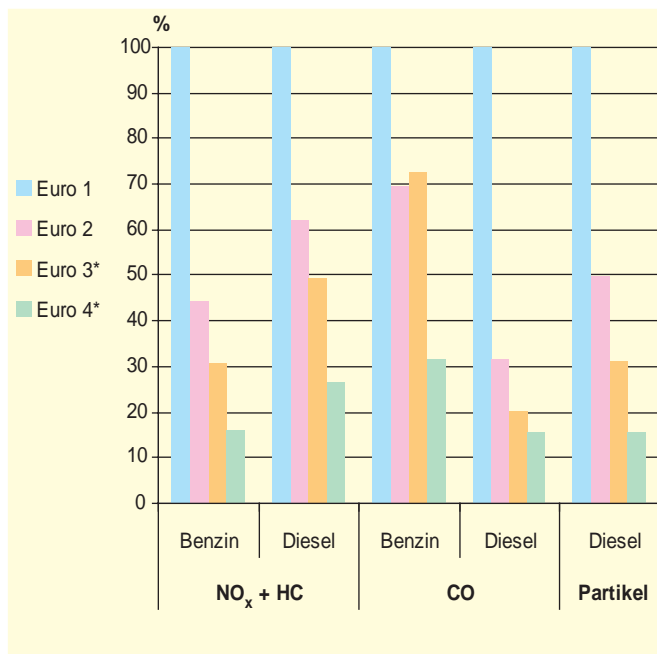
Bei den Pkw liegen die ab 2005 geltenden Grenzwerte Euro 4 je nach Komponente zwischen 68 % und 86 % niedriger als die Grenzwerte der 1992 eingeführten Stufe Euro 1 (Abb. 16). Der Partikelgrenzwert der Stufe Euro 3 wird mit Inkrafttreten der Euro 4 halbiert.

Für Lkw und Busse hat die EU 1999 die Abgasstufen Euro 3 und 4 beschlossen. Mit der ab 2005 geltenden Stufe Euro 4 sind damit die Grenzwerte gegenüber Euro 1 um 61 bis 69 %, bei Partikeln sogar um 95 % abgesenkt worden (Abb. 17). Der Partikelgrenzwert der Stufe Euro 3 wird mit Inkrafttreten der Euro 4 um 80 % (!) reduziert. Mit der Stufe Euro 5 ist eine weitere Reduktion des NO_x-Grenzwerts ab 2008 vorgesehen.

t/a	2000	2005/ 2000	2010/ 2000
Kraftstoffverbrauch	56.281	+24%	+37%
NO _x	908	+24%	+37%
NMVOG	335	+14%	+23%
CO	7.787	+6%	+11%
Partikel/ PM ₁₀	28	+24%	+37%
SO ₂	56	+11%	+9%
CO ₂	177.286	+24%	+37%

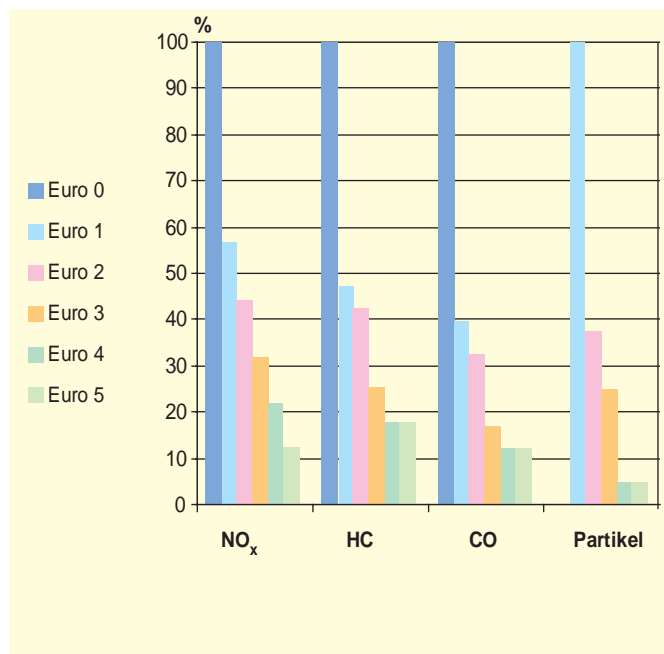
Tab. 10: Veränderungen bei Kraftstoffverbrauch und Schadstoffemissionen des bodennahen Flugverkehrs 2005 und 2010 im Vergleich zu 2000 (Quelle: UMEG/ AVISO, 2002)

Die Vorgaben der seit 1.10.2000 geltenden Grenzwertstufe Euro 3 wurden bei Lkw noch mit motor-technischen Maßnahmen erreicht; ab Euro 4 werden zumindest bei Lkw mit höherer Leistung voraussichtlich Verfahren zur Abgasnachbehandlung notwendig sein.



	NO _x + HC		CO		Partikel
	Benzin	Diesel	Benzin	Diesel	Diesel
Euro 1 (1992/93)	1,13	1,13	3,16	3,16	0,18
Euro 2 (1996/97)	0,50	0,70	2,20	1,00	0,08
Euro 3 (2000)	NO _x 0,15 HC 0,20	0,56	2,3	0,64	0,05
Euro 4 (2005)	NO _x 0,08 HC 0,10	0,30	1,00	0,50	0,025

Abb. 16: Entwicklung der europäischen Abgasgrenzwerte für Otto- und Diesel-Pkw (Quellen: EU, Bundesumweltministerium, 1999)



	NO _x	HC	CO	Partikel
Euro 0 (1988/90)	15,8	2,6	12,3	-
Euro 1 (1992/93)	9	1,23	4,9	0,4
Euro 2 (1995/96)	7	1,1	4	0,15
Euro 3 (2000)	5	0,66	2,1	0,1
Euro 4 (2005)	3,5	0,46	1,5	0,02
Euro 5 (2008)	2	0,46	1,5	0,02

Abb. 17: Entwicklung der europäischen Abgasgrenzwerte für schwere Nutzfahrzeuge über 3,5 t Gesamtgewicht (Lkw und Busse) (Quellen: EU, Bundesumweltministerium, 1999)

Die Kfz-Industrie arbeitet intensiv an der Entwicklung der SCR-Technik zur Reduzierung der Stickstoffoxide im Abgas sowie an Partikelfiltern, wobei hier die Regenerierung bei unterschiedlichsten Fahrbedingungen ein zentrales Entwicklungsziel ist. Eingesetzt werden Partikelfilter mittlerweile von verschiedenen Verkehrsbetrieben bei Bussen. Den ersten Pkw mit serienmäßigem Partikelfiltersystem hat 2000 der französische PSA-Konzern auf den Markt gebracht, der inzwischen zahlreiche Modelle mit diesem System ausstattet.

Die stufenweise Verschärfung der Abgasgrenzwerte hat zu deutlich geringeren Emissionen bei NO_x , NMVOC, CO, Benzol und Partikeln geführt. Die Entwicklung der Kfz-Emissionen seit 1980 lässt diesen Trend klar erkennen (Abb. 15).

Diese Schadstoffrückgänge gehen auf die Flottenverjüngung durch Neufahrzeuge mit niedrigem Emissionsniveau zurück. Auch in den kommenden Jahren werden die Emissionen trotz wachsender Fahrleistung weiter abnehmen, bedingt durch die weitere Erneuerung des Kfz-Bestands.

Die Altfahrzeuge ohne geregelten Katalysator haben nur noch einen geringen Anteil am Pkw-Bestand, sind aber für einen großen Teil der verbleibenden Emissionen verantwortlich.

8. Verkehrsbedingte Luftbelastung in Städten

An besonders verkehrsreichen innerstädtischen Straßen werden fest installierte Verkehrsmessstationen betrieben. Es sind dies die Stationen Freiburg-Straße, Karlsruhe-Straße, Mannheim-Straße, Stuttgart-Mitte-Straße und Ulm-Straße. Dort liegen Immissionsmessreihen zu den Komponenten Benzol, Stickstoffdioxid und Ruß vor. Diese Komponenten, die im Rahmen der 23. BImSchV gemessen werden, sind in Straßennähe ganz überwiegend verkehrsverursacht. Den Verlauf der Jahresmittelwerte an diesen Stationen zeigt Abb. 18. Damit lässt sich der Trend der innerstädtischen Immissionsentwicklung beurteilen.

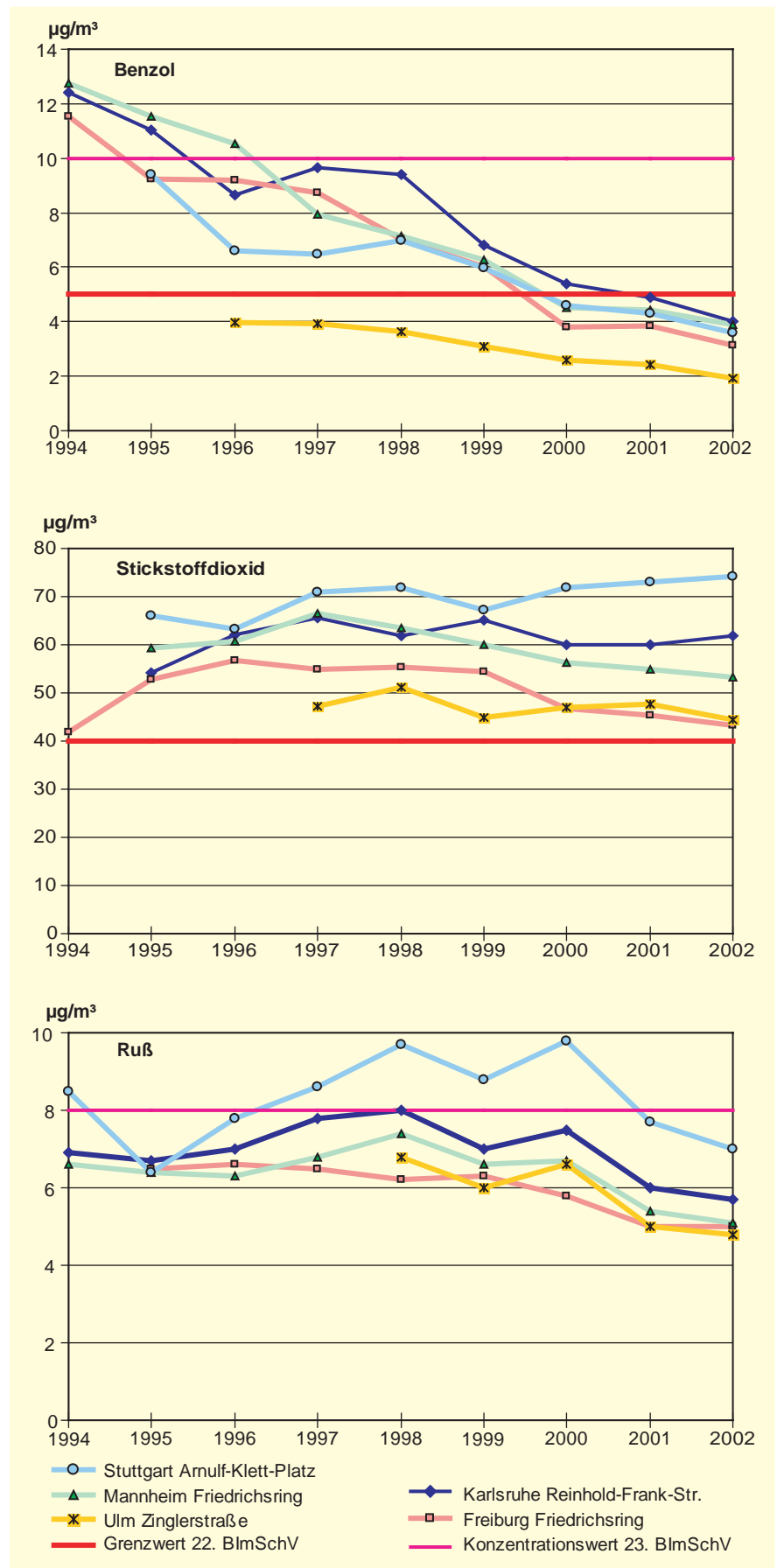


Abb. 18: Konzentrationen von Benzol, Stickstoffdioxid (NO_2) und Ruß (Jahresmittelwerte) an verkehrsreichen Straßen in Städten Baden-Württembergs. Der Grenzwert der 22. BImSchV und der Konzentrationswert der 23. BImSchV sind eingezeichnet (Quellen: UMEG, LfU, 2003)

Bei Benzol ergibt sich ein deutlicher Konzentrationsrückgang um 70 % zwischen 1994 und 2002. Dies stimmt bemerkenswert gut mit der Emissionsprognose überein. Hier wirken sich die Emissionsminderungsmaßnahmen der vergangenen Jahre (immer mehr Fahrzeuge mit geregelter Katalysator, weniger Benzol im Benzin) positiv auf die Immissionssituation aus. Für Benzol galt bislang der Konzentrationswert der 23. BImSchV von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel. Mit der novellierten 22. BImSchV ist ab 1.1.2010 der Grenzwert (Jahresmittel) von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ohne Toleranzmarge einzuhalten. Dieser Wert wird bereits heute an allen Stationen unterschritten.

Die Stickstoffdioxid-Werte verharren auf hohem Niveau ohne eindeutige Tendenz. Zwischen 1995 und 2002 ergibt sich für vier Verkehrsmessstationen (ohne Ulm) im Mittel praktisch kein Rückgang bei den Jahresmittelwerten. Die Emissionsprognose sagt für diesen Zeitraum einen Rückgang um 34 % für die NO_x -Emissionen voraus. Tatsächlich ist bei NO und auch bei NO_x ein Konzentrationsrückgang in ähnlicher Größe festzustellen (1995-2002: NO -36 %, NO_x -26 %), der bislang aber nicht zu einem Rückgang bei den NO_2 -Konzentrationen führt. Bei NO_2 ist ab 1.1.2010 der Immissionsgrenzwert (Jahresmittel) von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ohne Toleranzmarge einzuhalten. 2002 lagen alle Verkehrsmessstationen, teilweise erheblich, über diesem Wert.

Bei Ruß stammen die Emissionen in Straßennähe vor allem aus dem Abgas der Dieselfahrzeuge und aus Reifenabrieb. Hauptquelle hierfür ist der Verkehr.

Die Rußimmissionen an den Verkehrsmessstationen zeigen bis 2000 keinen erkennbaren Rückgang, im Gegensatz zur Emissionsprognose. Die Werte für 2001 und 2002 zeigen erstmals eine deutliche abnehmende Tendenz an.

Damit ergibt sich von 1994 bis 2002 ein Rückgang um etwa 22 %, was den für diesen Zeitraum prognostizierten -36% schon relativ nahe kommt, jedoch weicht der zeitliche Verlauf –

von 1994 bis 2000 praktisch konstant – deutlich von der Prognose ab.

Der bei Ruß derzeit noch geltende Konzentrationswert der 23. BImSchV von $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel wird an allen Verkehrsmessstationen eingehalten. Aus gesundheitlicher Sicht ist eine Absenkung der Ruß-Immissionsbelastung dennoch sehr wünschenswert, da Dieselruß als krebserzeugend gilt. Der LAI (Länderarbeitskreis Immissionsschutz) hat 1992 den Wert von $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Beurteilungsmaßstab für Dieselruß vorgeschlagen, um der krebserzeugenden Potenz gerecht zu werden.

Für die bei NO_2 und Ruß sich abzeichnenden Diskrepanzen zwischen der Immissionsentwicklung an den Verkehrsmessstationen und der Emissionsprognose kommen verschiedene Möglichkeiten in Betracht. Dazu gehören die unerwartet starke Zunahme der Diesel-Pkw, die Zunahme der leichten Nutzfahrzeuge an Bestand und Fahrleistung, ein möglicherweise gestiegenes Verkehrsaufkommen und zu niedrig angesetzte Lkw-Emissionsfaktoren. Nach neuen Erkenntnissen sind die NO_x - und Partikelemissionen der schweren Nutzfahrzeuge bislang tatsächlich unterschätzt worden.

9. Anhang

9.1 Quellen- und Literaturhinweise

Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Stuttgart (Hrsg.): Straßenverkehr in Baden-Württemberg, Jahresvergleich 2001/2000

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg zum Verkehr: www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt3/luft/verkehr/index.html.

Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU): Aktualisierung des „Daten- und Rechenmodells“: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1980 – 2020. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, Heidelberg 10/2002

UMEG: Bericht Nr. 4-06/2002: Luftschadstoff-Emissionskataster Baden-Württemberg 2000, Quellengruppe Verkehr

Umweltbundesamt/BUWAL: Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 1.2, 1/1999

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW): Verkehr in Zahlen, Ausgabe 2002/2003

Kraftfahrt-Bundesamt: Statistische Mitteilungen, Reihe 2, Sonderheft 1. 2000

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg: Die Verkehrswirtschaft 1998, Reihe „Statistik von Baden-Württemberg“, Band 532.-

Zur aktuellen Entwicklung der Emissionen an Luftschadstoffen, in: Baden-Württemberg in Wort und Zahl, Heft 1/2003, S. 30-35.-

Statistische Berichte, Reihe Verkehr in Baden-Württemberg (jährlich, ab 1999).- Luftverkehr in Baden-Württemberg 1998, in: Baden-Württemberg in Wort und Zahl, Heft 11/1999

Deutsche Shell AG (Hrsg.): Mehr Autos – weniger Verkehr? Shell Pkw-Szenarien, Hamburg 09/2001: www.shell.com/home/de-de/downloads/pkw_szenarien_2001_19122001.pdf

AVISO (Aachener – Verkehrs – Ingenieur – Sozietät): Ermittlung der Emissionen von verkehrsbezogenen Kategorien des Offroad-Bereichs in Baden-Württemberg. Fortschreibung für das Analysejahr 2000. Im Auftrag der UMEG. Aachen 10/2002

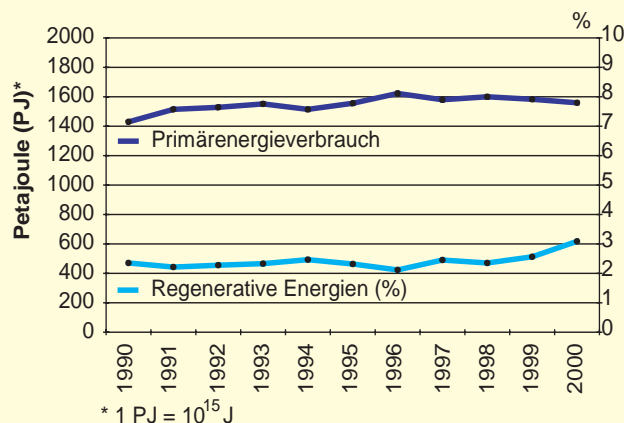
9.2 Informationsmöglichkeiten

www.uvm.baden-wuerttemberg.de
www.statistik.baden-wuerttemberg.de
www.ifeu.de
www.aral.de

ENERGIE

1. Klimaschutz und Energie	33
2. Regenerative Energien	38
3. Ausblick	40
4. Anhang	41

Gemäß Umweltplan soll der Anteil der regenerativen Energien am Primärenergieverbrauch bis 2010 auf ca. 4,8 % steigen.



vgl. Kapitel „Umweltindikatoren“

1. Klimaschutz und Energie

Die globale Klimaveränderung, zu der menschliche Aktivitäten erheblich beitragen, ist eine der größten Herausforderungen unserer Zeit. Nur rasches Handeln wird es der Menschheit ermöglichen, den für alle bereits spürbaren und auch in Reaktionen der Flora und Fauna ablesbaren Wandel unserer Klimazonen zu verlangsamen und langfristig aufzuhalten. Durch die große Trägheit des Klimasystems wirken sich alle Maßnahmen nur stark zeitverzögert aus, und auch sofortige Maßnahmen können nur die Folgen von morgen mildern und machen sich nicht sofort positiv bemerkbar.

Ein großer Teil der Temperaturerhöhung wird durch die Emission der Treibhausgase („Kyoto-Gase“) Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Distickstoffmonoxid (N₂O), wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe (HFC), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC), Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) und Schwefelhexafluorid (SF₆) ausgelöst. Hierbei spielen die CO₂-Emissionen bei der Energieumwandlung eine Schlüsselrolle.

Das „Kyoto-Protokoll“ von 1997 sieht vor, dass die Industrieländer die Emissionen dieser sechs im Protokoll genannten Treibhausgase bis zur Zielperiode 2008-2012 gegenüber 1990 im Durchschnitt um 5,2 % mindern. Die EU hat sich völkerrechtlich

bindend verpflichtet, die Emissionen bis 2008-2012 um 8 % zu reduzieren. Die Bundesregierung hat zugesagt, hierzu mit einer Reduktion der Emissionen um 21 % beizutragen. Hiervon sind bereits 19 % erreicht.

Die Bundesregierung hat sich des Weiteren 1995 freiwillig zum Ziel gesetzt, die CO₂-Emissionen bis 2005 gegenüber 1990 um 25 % zu reduzieren. Baden-Württemberg hat sich verpflichtet, hierzu einen angemessenen Beitrag zu leisten und die CO₂-Emissionen von derzeit ca. 78 Mio. t/a auf unter 70 Mio. t/a bis 2005 und unter 65 Mio. t/a bis 2010 zu reduzieren. Die energiebedingten CO₂-Emissionen waren in Deutschland 2000 (temperaturbereinigt) um 156 Mio. t oder rund 15 % niedriger als 1990. Rund 60 % der Reduktion wurden bereits bis 1993 erreicht; danach sanken die CO₂-Emissionen bis 2000 langsamer. 1996 kam es sogar zu leichten Emissionssteigerungen. Alles in allem befindet sich Deutschland damit nicht mehr auf dem für die Zielerreichung 2005 notwendigen Pfad der Emissionsminderung. In Baden-Württemberg lagen die CO₂-Emissionen zwischen 1990 und 2000 im Mittel konstant bei 78 Mio. t/a. Aufgrund des Bevölkerungswachstums um rund 6 % sind die Pro-Kopf-Emissionen zwar gesunken, es bedarf aber noch erheblicher Anstrengungen, um das angestrebte Ziel zu erreichen.

Die Senkung des Energieverbrauchs bei anhaltender technischer und wirtschaftlicher Weiterentwicklung ist zu einer wesentlichen Aufgabe der Gesellschaft geworden. Dies ist umso wichtiger, als mit dem Einsatz fossiler Brennstoffe (Erdöl, Erdgas, Kohle) weitere Umweltbelastungen (siehe Kapitel Luft) einhergehen.

Hieraus wird deutlich, dass der möglichst geringe Einsatz fossiler Brennstoffe unabhängig vom Treibhauseffekt insbesondere für ein an fossilen Brennstoffen armes Land sinnvoll und notwendig ist.

Die Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestags schätzte 1998 die technischen Energieeinsparpotenziale nach dem Stand der Technik 1987 auf 35-45 % und das technische Potenzial erneuerbarer (regenerativer) Energien in Deutschland auf 23-27 % des Primärenergieverbrauchs (PEV) von 1987 (Abb. 1). Die Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg bezifferte in den neunziger Jahren allein das Potenzial der Biomasse auf 5 bis 10 %. Das technische Potenzial ändert sich mit dem Stand der Technik und ist somit einem ständigen Wechsel unterworfen. So hat sich z. B. das Windenergiepotenzial mit den immer größer und leistungsfähiger werdenden Windrädern ständig erhöht und wird sich mit der Erschließung des Off-Shore-Bereichs, also in den flachen Küsten-

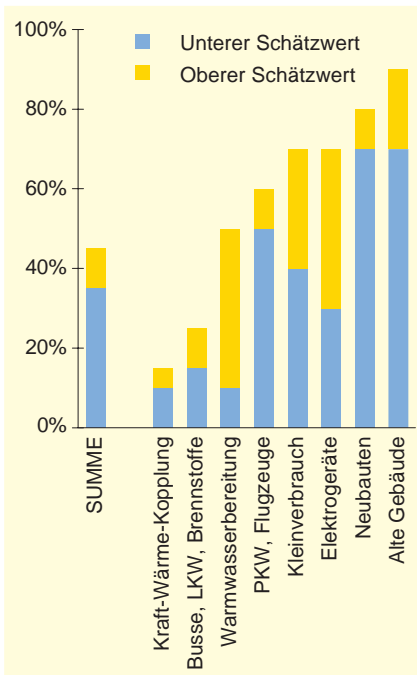


Abb. 1: Technische Energiepotenziale in einzelnen Sektoren bezogen auf den Primärenergieverbrauch von 1987 (Quelle: Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestags, 1998)

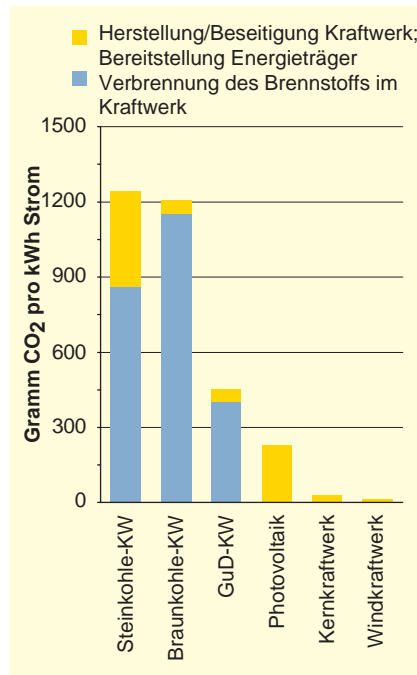


Abb. 2: CO₂-Emissionen pro erzeugter kWh Strom (Quelle: VDI-Bericht 1093, 1993)

gewässern, weiter erhöhen. Weltweit übersteigt das technische Potenzial der regenerativen Energien den Energiebedarf zwar um ein Vielfaches, doch ist es aus wirtschaftlichen Gründen derzeit größtenteils noch nicht nutzbar.

Wie stark der Einfluss der Art der Energieerzeugung auf die damit verbundenen Emissionen ist, wird am Beispiel der klimarelevanten CO₂-Emissionen bei der Stromerzeugung deutlich (Abb. 2). Während bei Kraftwerken mit fossilen Brennstoffen CO₂-Emissionen sowohl beim Betrieb der Anlage als auch in den vor- und nachgelagerten Prozessketten entstehen, wird bei der Energieerzeugung durch Kernenergie, Sonne und Wind während des Betriebs kein CO₂ freigesetzt (CO₂-neutraler Betrieb).

1.1 Energieverbrauch

1.1.1 Primärenergieverbrauch (PEV)

Die Entwicklung des Primärenergieverbrauchs (PEV) in Baden-Württemberg 1973-2000 macht die Auswirkungen der beiden „Ölkrisen“ 1973 und 1979 sichtbar, die einen bemerkenswerten Rückgang des Energieverbrauchs in den jeweiligen Folgejahren mit sich brachten. Insgesamt hat der PEV 1973 bis 2000 um etwa 33,5 % zugenommen (Abb. 3). Die Verluste bei der Energieumwandlung von ca. 17 Mio. t Steinkohleeinheiten (t SKE, siehe auch (Tab. 1) bei einem PEV 2000 von ca. 53 Mio. t SKE entstehen überwiegend bei der Stromproduktion. Bei dieser wird mit den derzeit gängigen Techniken nur etwa ein Drittel der eingesetzten Primärenergie als Endenergie in Form von Strom gewonnen, der Rest geht als Abwärme verloren. Der auffällige Anstieg der Verlustquote bei der Umwandlung von Primär- in Endenergie (1973: 23 %, 2000: 32,1 %) ist daher auf den immer größeren Anteil des Stroms am Endenergieverbrauch (EEV) zurückzuführen. 2000 wurden ca. 41 % der Primärenergie in Baden-Württemberg zur Stromproduktion eingesetzt.

Einheit	t SKE	MWh	GJ	t ROE
1 t SKE	1,000	8,140	29,308	0,693
1 MWh	0,123	1,000	3,600	0,086
1 GJ	0,034	0,278	1,000	0,024
1 t ROE	1,442	11,630	41,868	1,000

Tab. 1: Umrechnungsfaktoren für die gängigen Energieeinheiten: Tonne Steinkohleeinheiten (SKE), Megawattstunde (MWh), Gigajoule (GJ) und Tonne Rohöleinheiten (ROE) (Quelle: BMU, 2002)

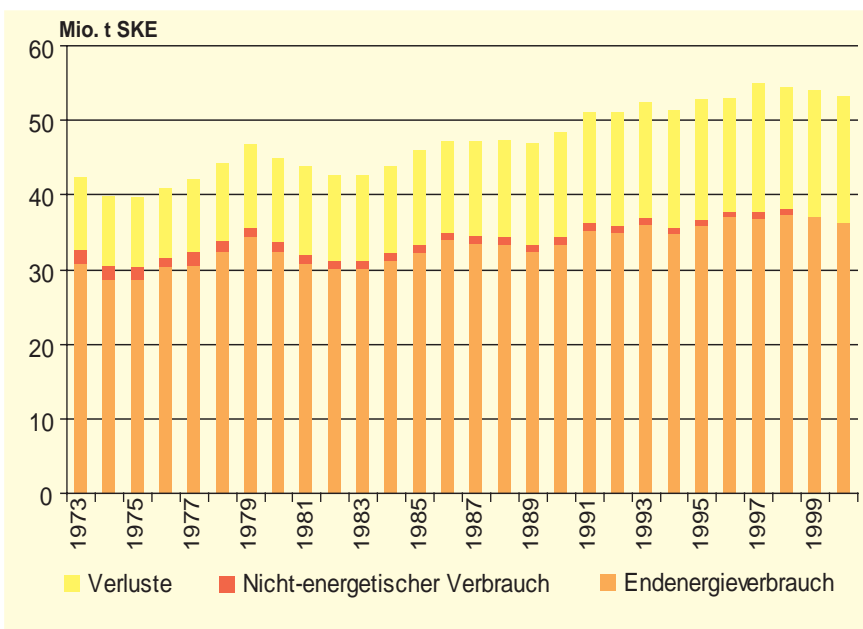


Abb. 3: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in Baden-Württemberg (Quelle: StaLa, 2002)

Bei den Energieträgern gab es 1973-2000 große Verschiebungen (Abb. 4). Insbesondere wurde, in erster Linie als Reaktion auf die Ölkrisen, der Anteil des Erdöls von über 71 % (1973) auf ca. 40,9 % (2000) zurückgeführt. Entsprechend wurde vor allem die Kernenergie ausgebaut (Anteil 1973: 2,2 %, Anteil 2000: ca. 27,1 %) und es kam verstärkt Erdgas (Anteil 1973: ca. 6,5 %, Anteil 2000: ca. 15,9 %) zum Einsatz.

Unter Berücksichtigung sozioökonomischer Gesichtspunkte war es auch ein wesentliches Ziel, eine nachhaltige Entkopplung von PEV und Wirtschaftskraft zu erreichen. Dies ist bis 2000 gut gelungen (Abb. 5). Neben Energiesparbemühungen ist dieser Erfolg auch Umstrukturierungsprozessen in der Industrie zu verdanken. Die eingesetzte Energie bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt (BIP, in Preisen von 1985) hat sich bis 2000 nahezu kontinuierlich auf ca. 70 % des Wertes von 1973 gesenkt. Der Energieverbrauch pro Einwohner hingegen, der 1973-1994 nur leicht um etwa 8 % angestiegen war, stieg bis Ende 1996 überproportional um insgesamt beinahe 25 % an. Die Größenordnung des erreichten hohen Wertes bestätigte sich bis 2000.

Mit den 2000 erreichten Werten von 0,18 kg SKE/Euro (PEV/BIP) bzw. ca. 5,05 t SKE/E (PEV/Einwohner) befindet sich Baden-Württemberg weit unter dem Durchschnitt der Bundesrepublik Deutschland (PEV/BIP = 0,24 kg SKE/Euro, PEV/Einwohner = ca. 6,0 t SKE/E) (Abb. 6). Dies liegt unter anderem daran, dass in Baden-Württemberg die energieintensive Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie unterdurchschnittlich vertreten ist.

1.1.2 Endenergieverbrauch (EEV)

Der Endenergieverbrauch (EEV) erfasst den Verbrauch an Endenergieträgern, die aus der Umwandlung von Primärenergie in Kraftwerken (Strom, Fernwärme) und Raffinerien (Mineralölprodukte) entstehen und in dieser Form bei den Verbrauchergruppen Industrie, Verkehr und Haushalte/

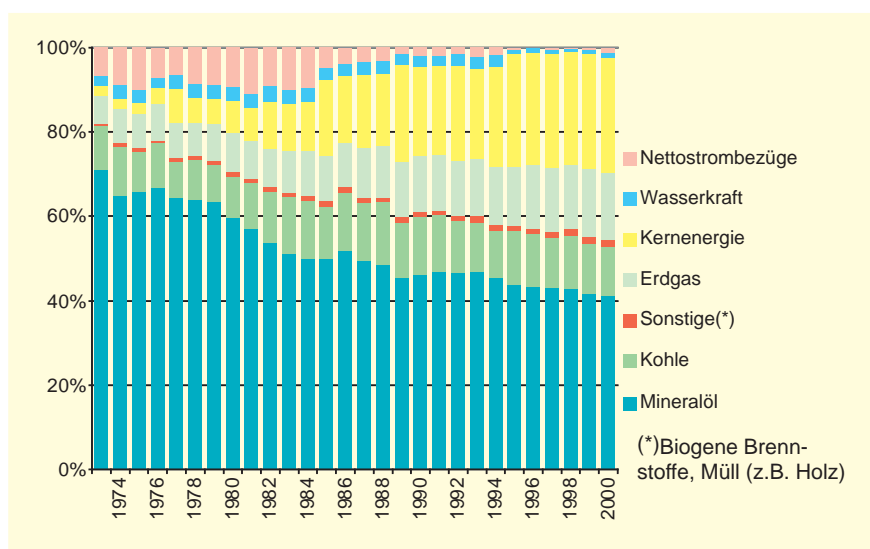


Abb. 4: Anteile der Energieträger am Primärenergieverbrauch in Baden-Württemberg (Quelle: StaLa, 2002)

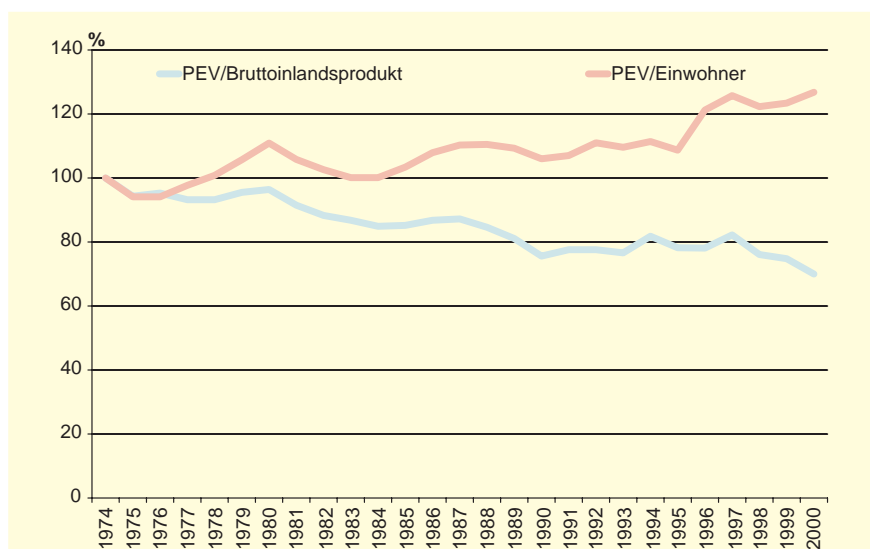


Abb. 5: Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs in Baden-Württemberg (Quellen: StaLa, LfU, 2002)

Kleinverbraucher ankommen. Die Endenergie ist nicht zu verwechseln mit der Nutzenergie, das heißt derjenigen Energie, die letztlich wirklich der Verbraucher benötigt – eine bestimmte Raumwärme, die Beleuchtung eines Raumes, eine Transportleistung oder eine bestimmte Prozesstemperatur. Bei der Umwandlung von Endenergie in Nutzenergie in Heizkesseln, Motoren, elektrischen Geräten usw. entstehen – ebenso wie bei der Umwandlung von Primärenergie in Endenergie – noch einmal hohe Verluste, die je nach Verbrauchergruppe unterschiedlich sind: Die Industrie setzt ca. 50-60 % der Endenergie in Nutzenergie um, Haushalte und Kleinverbraucher ebenfalls ca. 50-60 %, der Verkehr nur ca. 15-20 %. Insgesamt beträgt das Verhältnis von

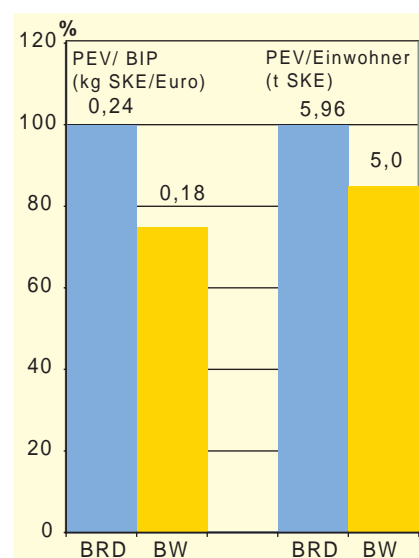


Abb. 6: Vergleich BRD – Baden-Württemberg beim Primärenergieverbrauch 2000, BRD = 100 % (Quellen: StaLa, LfU, 2002)

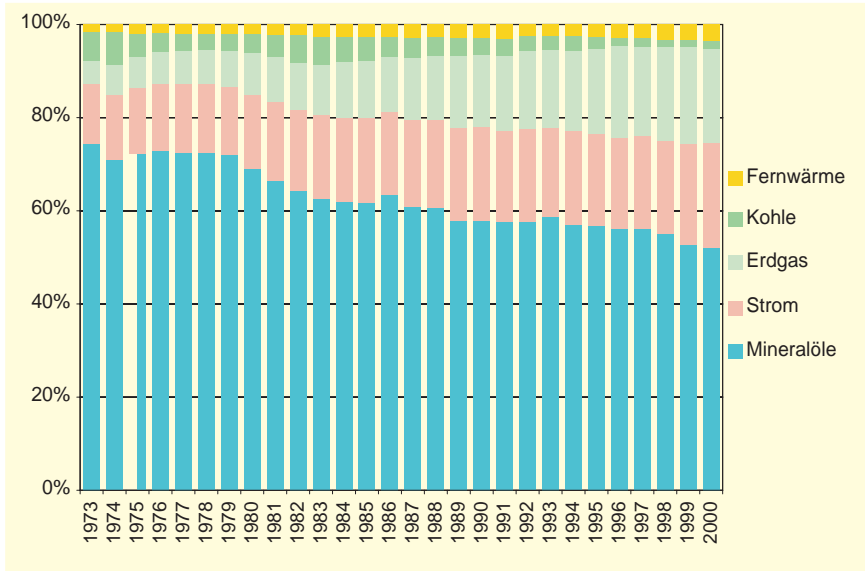


Abb. 7: Anteile der Endenergieträger am Endenergieverbrauch in Baden-Württemberg (Quelle: StaLa, 2002)

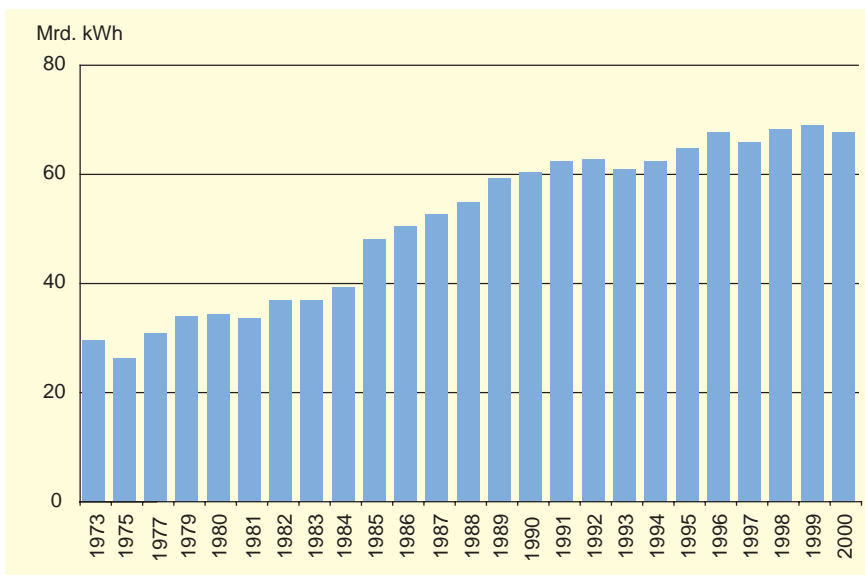


Abb. 8: Entwicklung der Stromerzeugung in Baden-Württemberg (Quelle: StaLa, 2002)

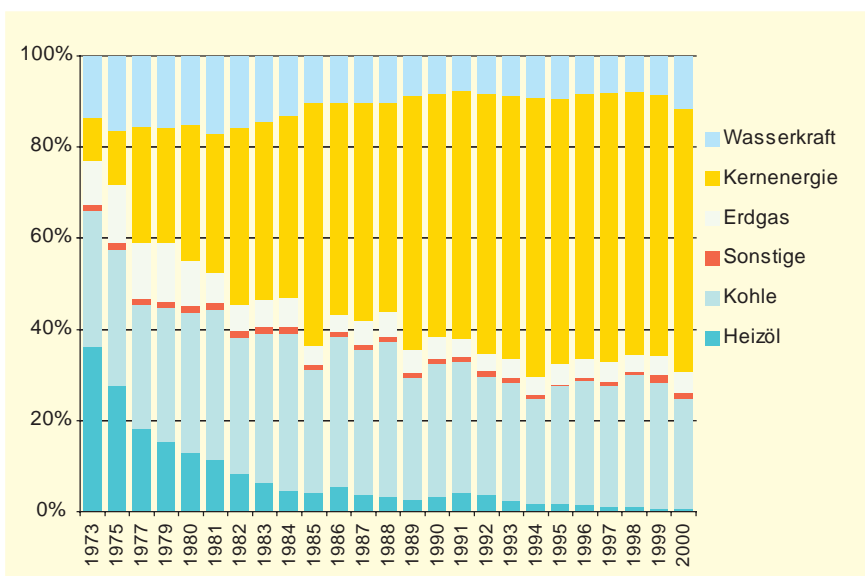


Abb. 9: Anteile der Energieträger an der Stromerzeugung in Baden-Württemberg (Quelle: StaLa, 2002)

Primär-, End- und Nutzenergie heute etwa 3:2:1.

Mit rund 36,2 Mio. t SKE lag der EEV im Land auch 2000 über dem Durchschnitt der 80er Jahre von ca. 32 Mio. t SKE. Die qualitative zeitliche Entwicklung des EEV ist naturgemäß im Wesentlichen identisch mit der des PEV (Abb. 3).

Markante Verschiebungen ergaben sich während der vergangenen 20 Jahre bei den prozentualen Anteilen der einzelnen Endenergieträger Mineralölprodukte (Heizöl, Benzin und Diesel, Flugbenzin), Erdgas (einschließlich Erdölgas), Kohle (einschließlich eines geringen Anteils sonstiger Brennstoffe wie Holz und Müll), Strom und Fernwärme (Abb. 7). Das starke Absinken des Mineralölanteils von 74,5 % (1973) auf 52 % (2000) ist in erster Linie auf den Ersatz von Heizöl durch Erdgas beim Hausbrand zurückzuführen. Im Zuge dieser Entwicklung konnte Erdgas seinen Anteil von 5 % (1973) auf über 20 % (2000) ausbauen. Trotz dieser Zunahme wird immer noch zu wenig das gegenüber Heizöl weniger umweltbelastende Erdgas gewählt. Einen immer größeren Anteil am EEV nimmt der Strom ein (Stromerzeugung 1973: 30 Mrd. kWh, 2000: ca. 67,7 Mrd. kWh, Abb. 8). Hierbei gibt es ebenfalls noch große Einsparpotenziale. So betrug der Stromverbrauch 1998 allein durch den Stand-By-Betrieb von Fernsehern, Satellitenempfangsanlagen, Stereoanlagen usw. deutschlandweit 4,8 Mrd. kWh. Dies entspricht etwa dem Stromverbrauch einer Stadt mit 700 000 Einwohnern.

Die Stromerzeugung wird in Baden-Württemberg im Jahr 2000 zu etwa 58 % durch Kernenergie abgedeckt, zu weiteren 24 % durch Steinkohle und zu 12 % aus der Energiequelle Wasserkraft, darunter 7,7 % aus regenerativen Laufwasserkraftwerken und 4,2 % aus Pumpspeicherwerken (Abb. 9).

Die prozentualen Anteile der Verbrauchergruppen Industrie, Haushalte/ Kleinverbraucher und Verkehr am EEV zeigt Abb. 10. Die Entwicklung ist von einer Zunahme des Verkehrsanteils

und einer Abnahme des Anteils der Industrie gekennzeichnet.

Ein genaueres Bild des EEV liefern die Zeitreihen des absoluten EEV der Verbrauchergruppen und der Blick auf die jeweiligen Energieträgerstrukturen (Abb. 11). Die Industrie, die ihre Energie hauptsächlich für Prozesswärme benötigt (ca. 70 %), hielt ihren Energieverbrauch seit 1973 praktisch konstant und reduzierte insbesondere den Anteil des Heizöls drastisch, obwohl das Bruttoinlandsprodukt (BIP) in diesem Zeitraum um mehr als 50 % anstieg. Bei den Haushalten und Kleinverbrauchern wird der Energieverbrauch durch die Verbrauchszwecke Raumheizung und Warmwasserbereitung dominiert (zusammen etwa 80 %). Der absolute Verbrauch zeigt eine ausgeprägte Schwankung, ist aber trotz der gestiegenen Zahl der Haushalte insgesamt nicht wesentlich angewachsen. Auch bei dieser Verbrauchergruppe zeigt sich die wachsende Bedeutung des Erdgases beim Hausbrand und des Stroms aufgrund der zunehmenden Verbreitung technischer Geräte. Der EEV des Verkehrs schließlich ist 1973-2000 kontinuierlich um über 70 % gestiegen. Die Energieträgerstruktur belegt die leicht wachsende Bedeutung von Dieselmotoren gegenüber Benzin.

1.2 Kohlendioxid-Emissionen

Die mit der Verbrennung fossiler Energieträger verbundenen CO₂-Emissionen verursachen, wie eingangs dargestellt, wesentlich den anthropogenen Treibhauseffekt und tragen erheblich zu einer Änderung des Weltklimas bei. Die CO₂-Emissionen in Baden-Württemberg können aus der Energiebilanz und aus CO₂-Emissionsfaktoren (kg CO₂ pro verbranntem kg eines Energieträgers) berechnet werden. Allein die Umstellung von Kohle und Öl auf Erdgas bewirkt eine signifikante Verringerung der CO₂-Emissionen (Tab. 2).

Neben den energiebedingten CO₂-Emissionen gibt es auch nicht-energiebedingte CO₂-Emissionen (insgesamt ca. 2,4 Mio. t in 2001) z.B. aus der Zementindustrie ; diese werden im

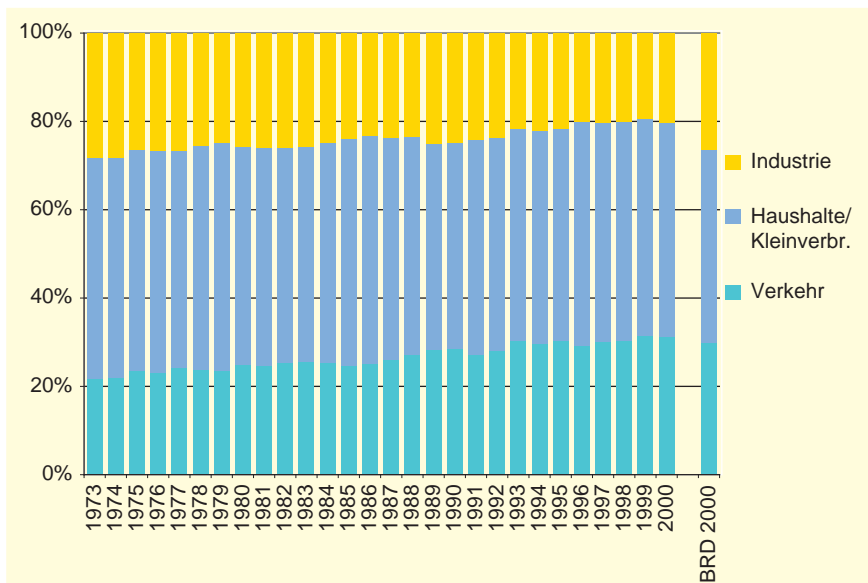


Abb. 10: Anteile der Verbrauchsgruppen am Endenergieverbrauch und Vergleich zur Bundesrepublik Deutschland (Quellen: StaLa 2002, Statistisches Bundesamt)

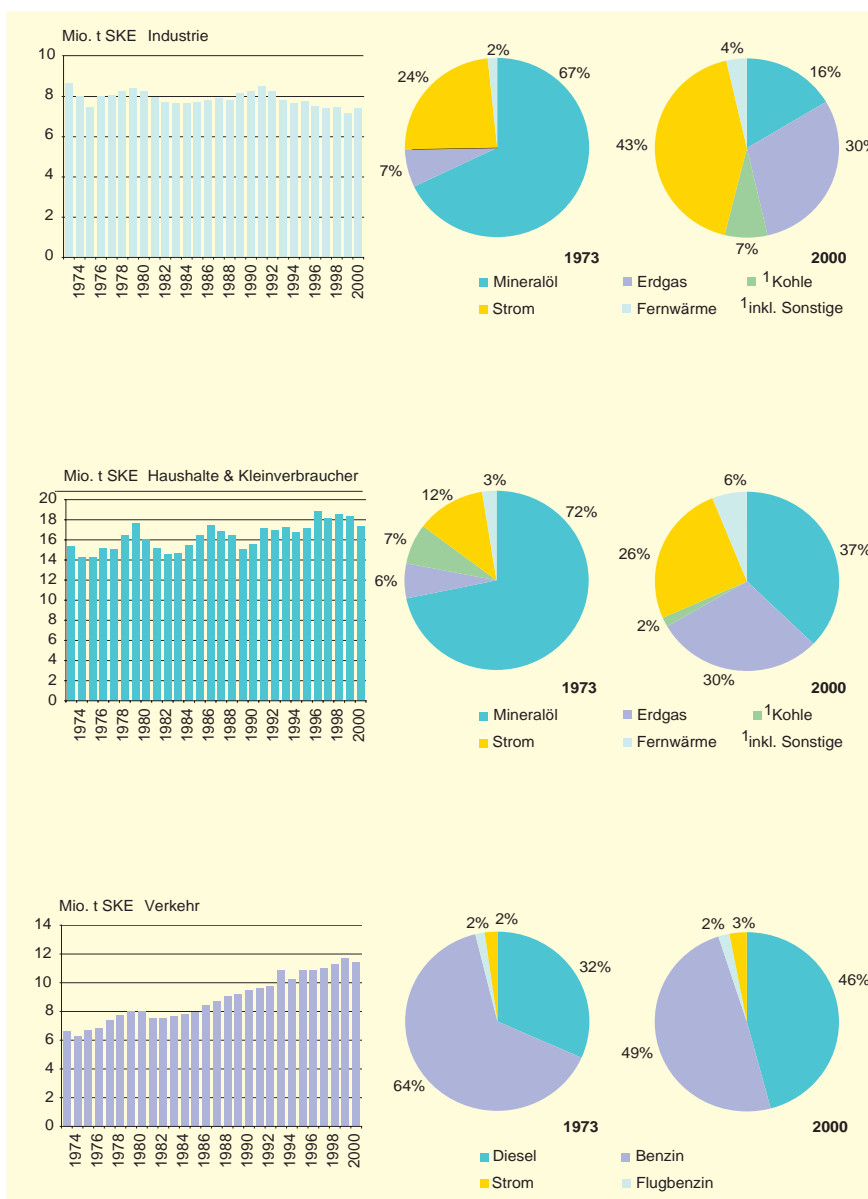


Abb. 11: Entwicklung und Struktur des Energieverbrauchs nach Verbrauchsgruppen in Baden-Württemberg (Quelle: StaLa, 2002)

Brennstoff	kg SKE/ kg Stoff ¹⁾	kg CO ₂ / kg Stoff ²⁾	kg CO ₂ / kg SKE
Steinkohle	1,00	2,86	2,86
Braunkohle	ca. 0,70	ca. 2,50	ca. 3,65
Erdöl	ca. 1,45	ca. 3,12	ca. 2,20
Erdgas	1,39	2,48	1,78

1)Erdgas: kg SKE/m³ Stoff
2)Erdgas: kg CO₂/m³ Stoff

Tab. 2: CO₂-Emissionsfaktoren verschiedener Brennstoffe (Quelle: LfU, 1999)

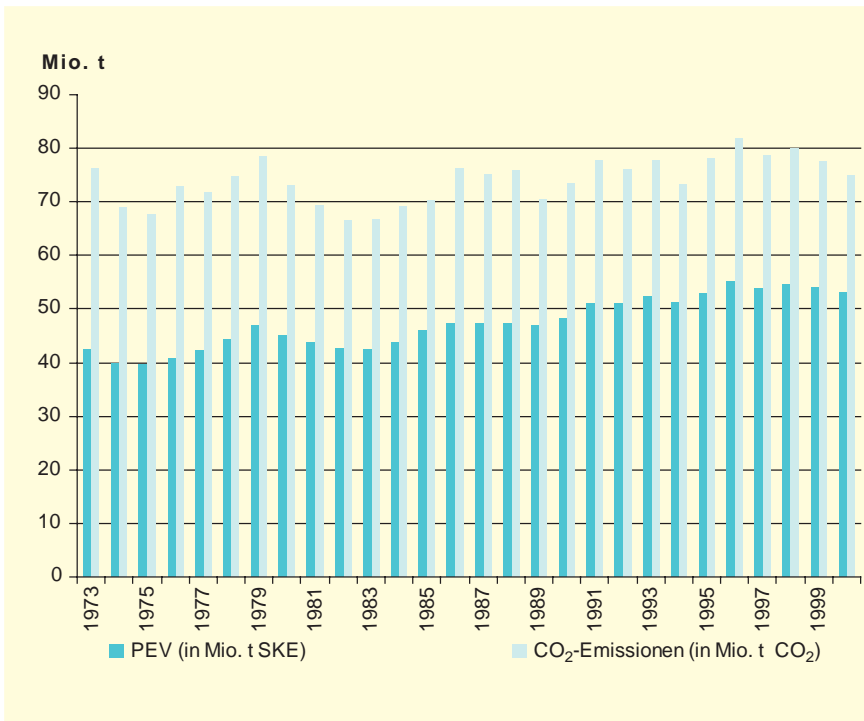


Abb. 12: Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen in Baden-Württemberg (Quelle: StaLa, 2002)

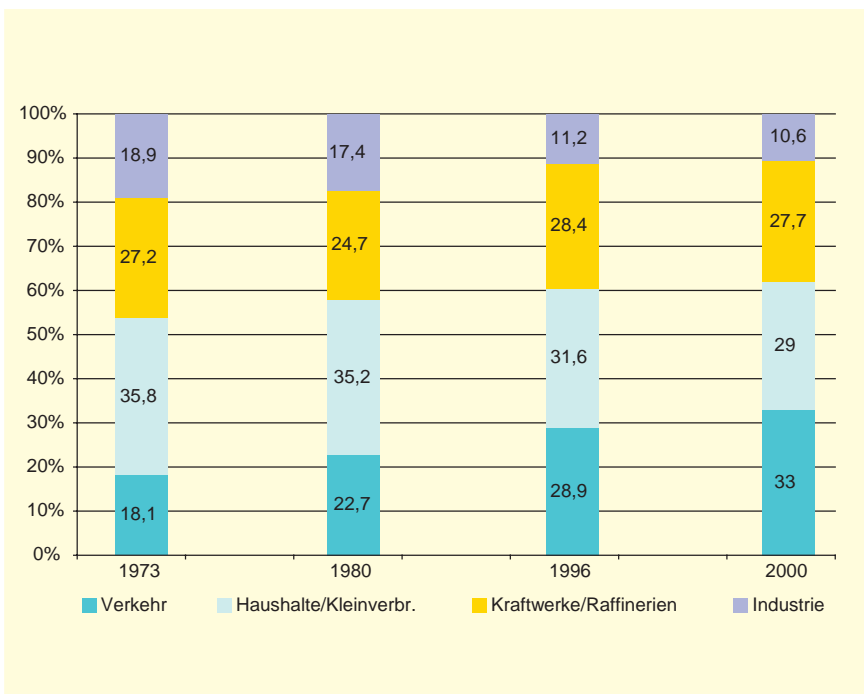


Abb. 13: Anteile der Entstehungsbereiche an den CO₂-Emissionen 1973, 1980, 1996 und 2000 (Quelle: StaLa, 2002)

Folgenden jedoch nicht berücksichtigt.

Der Verlauf der CO₂-Emissionen 1973-2000 folgt qualitativ der Entwicklung des PEV (Abb. 12). Die leichte Aufwärtsentwicklung beim Energieverbrauch wird durch den verstärkten Einsatz der CO₂-emissionsfreien Kernenergie kompensiert. Die Aufgliederung der CO₂-Emissionen in die Bereiche Industrie, Kraftwerke/Raffinerien, Haushalte/Kleinverbraucher und Verkehr zeigt die wachsende Bedeutung des Verkehrs für die CO₂-Problematik (Abb. 13). Der Anteil der Industrie und die Anteile der Haushalte/Kleinverbraucher hingegen gingen bis 2000 deutlich zurück, während der Anteil der Kraftwerke/Raffinerien nach einem Minimum 1980 etwa gleich geblieben ist.

Mit einer Pro-Kopf-Emission von ca. 7 t CO₂/Einwohner lag Baden-Württemberg 2000 etwa ein Drittel unter dem deutschen Durchschnitt. Dies hat zwei Ursachen: 2000 lag zum einen der spezifische PEV pro Einwohner um ca. 20 % niedriger (Abb. 6), zum anderen war der Anteil der Kernenergie am PEV im Land mit 27,1 % viel höher als in Deutschland (ca. 10 %) (Abb. 4). Damit lag Baden-Württemberg bei den Pro-Kopf-Emissionen etwa gleichauf mit den Durchschnittswerten der EU und Japans, jedoch fast doppelt so hoch wie der Weltdurchschnitt.

2. Regenerative Energien

Um die genannten Klimaschutzziele zu erreichen, ist es erforderlich, die drei Klimaschutzelemente „Rationelle Energieumwandlung“, „Sparsame Energienutzung“ und „Erneuerbare Energien“ gleichrangig einzusetzen. Während die kurzfristig angestrebten Reduktionen (z. B. Vereinbarung von Kyoto) im Wesentlichen noch durch rationellere Energieumwandlung und -nutzung erreicht werden können, sind eine langdauernde stetige Reduktion von CO₂ und die Abkehr von der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern nur durch den Einsatz regenerativer Energien oder die Nutzung der Kernenergie zu erreichen. Der Einstieg in die verstärkte Nut-

zung regenerativer Energien ist daher vor allem mit Blick auf seine Langzeitwirkung zu beurteilen.

Experten schätzen, dass mehr als 25 % des deutschen Primärenergiebedarfs aus regenerativen Energieträgern erzeugt werden können. Gegenwärtig decken diese umweltfreundlichen Energien bereits mehr als 3 % des Bedarfs (Abb. 4). Ihr Anteil soll, unterstützt durch zahlreiche Aktivitäten wie z. B. das Erneuerbare-Energien-Gesetz und umfangreiche Förderprogramme, bis 2010 verdoppelt werden. Damit verbunden ist die Einsparung von 25 Mio. t des Treibhausgases Kohlendioxid (CO₂) und somit ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz.

Den größten Nutzungsgrad mit 75 % des technisch verfügbaren Potenzials hat in Baden-Württemberg traditionell die Wasserkraft. Sie trug im Jahr 2000 mit über 9 % zur Stromerzeugung bei.

Ein zusätzliches beträchtliches Potenzial liegt in der Nutzung von Biomasse wie z. B. Holz, Pflanzen und Pflanzenölen. Biomasse wird vor allem zur Wärmeherzeugung eingesetzt. Unter anderem der Bau von zahlreichen Heizanlagen für Holzhackschnitzel hat den Biomasseanteil an der Primärenergieherzeugung auf 1,82 % gesteigert.

Einen starken Aufschwung, insbesondere seit 1999, hat auch die Windkraft genommen. So hat sich die installierte Leistung in Baden-Württemberg in den Jahren 2000 bis 2002 mehr als vervierfacht. Dazu beigetragen hat auch die Entwicklung der Anlagengrößen. So sind heute Windkraftanlagen mit einer Leistung von 2,5 MW keine Seltenheit mehr. Der aktuelle Beitrag der Windenergie zur Stromerzeugung in Baden-Württemberg liegt bei ca. 0,1 %.

Ein sehr großes Energieangebot bietet die unmittelbare Solarenergie-nutzung. Dabei ist zu unterscheiden zwischen der Nutzung als Wärme (Solarthermie) und der Nutzung zur Stromerzeugung (Photovoltaik). Beide Energieformen liefern nur einen

Nutzung erneuerbarer Energieträger in Baden-Württemberg [1000 t SKE]

Energieträger	1996 1997 1998 1999 2000					1996 1997 1998 1999 2000				
	1000 t SKE					in % des Primärenergieverbrauchs				
Wasserkraft	498	551	453	532	721	0,90	1,02	0,83	0,99	1,34
Photovoltaik, Windkraft	0	0	2	5	7	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Klärgas u. and. Biogase	127	127	145	137	151	0,23	0,24	0,27	0,25	0,28
feste und flüssige Brennstoffe ¹⁾	316	367	341	355	351	0,57	0,68	0,62	0,66	0,65
Abfälle	230	278	343	355	418	0,42	0,52	0,63	0,66	0,78
Sonstige	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Insgesamt	1 171	1 323	1 284	1 384	1 640	2,12	2,45	2,35	2,56	3,09

1) Biomasse

Tab. 3: Nutzung erneuerbarer Energieträger in Baden-Württemberg (Quelle: StaLa, 2001)

Stromerzeugung ¹⁾ aus erneuerbaren Energieträgern in Baden-Württemberg 1996-2000

Energieträger	1996 1997 1998 1999 2000					1996 1997 1998 1999 2000				
	in GWh					Anteil an der öffentlichen Stromversorgung in % ²⁾				
Wasserkraft ³⁾	3887	3840	4469	4893	5384	6,7	6,6	7,5	8,2	9,3
Fotovoltaik ⁴⁾	0,9	1,4	1,5	2,9	6,7	0,0016	0,0023	0,0025	0,0048	0,0116
Windkraft ⁵⁾	3,3	9,3	17,8	21,6	52,2	0,006	0,016	0,03	0,04	0,09
Biomasse ⁶⁾	129	144	149	135	196	0,222	0,247	0,25	0,23	0,34
Insgesamt	4020	3995	4638	5053	5639	6,93	6,87	7,77	8,45	9,76

¹⁾Netto-Erzeugung bzw. Einspeisung

²⁾Stromverbrauch aus dem Netz der allgemeinen Versorgung einschließlich Netzverluste

³⁾Die Angaben enthalten auch Pumpspeicherstrom, der jedoch überwiegend nicht regenerativen Ursprungs ist. Er trägt in Baden-Württemberg in einer Größenordnung von 2000 GWh pro Jahr zur Stromerzeugung bei.

⁴⁾3020 Anlagen, 13794 KW Nennleistung (Ende 2000)

⁵⁾108 Anlagen, 70,8 MW Nennleistung (Ende 2000)

⁶⁾ ohne Müllverwertung 287 Anlagen, 58000 KW Nennleistung (Ende 2000)

Tab. 4: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern (Quelle: VDEW VdeEW-Umfragen, Elektrizitätswirtschaft, Jg 97 (1998), Heft 24 bis Jg 99 (2000) Heft 24, ew Jg 101, Heft 7, 2000)

kleinen Beitrag zur Energieerzeugung, was vor allem eine Folge der hohen Kosten ist. Insbesondere bei der Photovoltaik besteht trotz großer Fortschritte noch ein erheblicher Entwicklungsbedarf.

Auch bei der Erdwärme (Geothermie) sind Entwicklungen zur weiteren Nutzung möglich. Insbesondere die Technik zur oberflächennahen Nutzung ist ausgereift. In der Tiefengeothermie dagegen steckt noch Entwicklungsbedarf bis zur breiten Marktreife. Für die Stromerzeugung nach dem „Hot-dry-rock-Verfahren“ ist eine großtechnische Anwendung in Bad Urach in der Realisierung (Bohrtiefe 4,4 km).

Die Nutzung erneuerbarer Energieträger in Baden-Württemberg für die Zeit von 1996 bis 2000 ist für den Anteil am Primärenergieverbrauch und absolut in t SKE in Tab. 3 dargestellt. Den Anteil an der Stromerzeugung

zeigt Tab. 4.

Die Höhe des durch den Einsatz regenerativer Energien erreichbaren CO₂-Minderungsbetrags bei der Stromerzeugung ist von der Menge der substituierten konventionellen Energie auf der Grundlage des für die Stromerzeugung eingesetzten Energieträgermixes abhängig. Bei einem betrachteten Energieträgermix aus Kohle, Öl, Gas und Kernenergie ergibt sich für Deutschland 1997 eine CO₂-Substitution von 0,58 kg CO₂ je kWh Strom. Wegen des vergleichsweise hohen Anteils der Kernenergie an der Stromerzeugung liegt dieser Wert in Baden-Württemberg bei 0,28 kg CO₂ je kWh Strom. Die CO₂-Vermeidung bei der Wärmeherzeugung wird auf der Basis der Brennstoffeinsparung berechnet. Bei den für die Wärmebereitstellung in Wohngebäuden in Deutschland eingesetzten Brennstoffen (41 % Öl, 55 % Gas, 4 % Holz)

	Euro / t CO ₂
Wasserkraft	ca. 7,7 – 77
Windenergie	ca. 51 – 77
Biomasse	ca. 26 – 77
Photovoltaik	ca. 1400
Solarthermie	ca. 770
Geothermie	ca. 51 – 77

Tab. 5: CO₂-Minderungskosten in Euro / t CO₂ für die einzelnen Technologien (Quelle: LfU 2001)

ergibt sich ein Minderungsbetrag von 0,27 kg CO₂ je kWh erzeugte Wärme. Für Baden-Württemberg wird hier ein Wert von 0,25 kg CO₂ je kWh erzeugte Wärme angegeben.

Die durch den Einsatz regenerativer Energien eingesparte CO₂-Menge lag 2000 in Deutschland bei rund 35 Mio. t pro Jahr (Stromerzeugung ca. 25 Mio. t, Wärmeerzeugung ca. 10 Mio. t). Dies entspricht einem Anteil am gesamten CO₂-Jahresausstoß (2000 ca. 858 Mio. t) von ca. 4,1 %. In Baden-Württemberg lag die durch den Einsatz regenerativer Energien 2000 eingesparte CO₂-Menge bei rund 3,3 Mio. t.

Bei einer Verdoppelung des Beitrags aus erneuerbaren Energiequellen zur Energieversorgung bis 2010 könnten in Deutschland ca. 70 Mio. t und in Baden-Württemberg ca. 6,6 Mio. t CO₂ pro Jahr eingespart werden.

Die spezifischen CO₂-Minderungskosten bezogen auf 2000 zeigt Tab. 5. Diese werden häufig als Vergleichsmaßstab für die Effizienz von CO₂-Reduktionsmaßnahmen herangezogen. Im Vergleich mit anderen Optionen zur CO₂-Reduktion wie z. B. Energieeinsparung oder Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen auf Gasbasis schneiden die regenerativen Energien hier sehr unterschiedlich ab. Während die Wasserkraft bereits heute durchaus vergleichbare Werte erreicht und auch Biomasse, Windenergie und Geothermie zumindest in zahlreichen Anwendungsfällen schon konkurrenzfähig sind, liegen die gegenwärtigen CO₂-Minderungskosten bei Solarthermie und Photovoltaik noch vergleichsweise hoch.

Der Einsatz dieser Technologien kann deshalb momentan nur wenig zu einer Klimaschutzstrategie beitragen. Im Hinblick auf längerfristige Entwicklungen und aus technologiepolitischer Sicht bleibt eine Förderung insbesondere von Forschung und Entwicklung hier dennoch sinnvoll. Das Beispiel Windenergie hat deutlich gezeigt, dass auch Optionen mit ehemals sehr hohen CO₂-Minderungskosten bei günstigen Rahmenbedingungen in einen konkurrenzfähigen Bereich hineinwachsen können.

3. Ausblick

Je geringer der Energieverbrauch ist, desto weniger Belastungen fallen für die Umwelt an. Für die Senkung des Energieverbrauchs und damit der klimarelevanten CO₂-Emissionen sind vor allem energiebewusstes Verhalten, rationelle Energieumwandlung und sparsame Verwendung (Steigerung der Wirkungsgrade und Energieeinsparung aufgrund moderner Techniken) notwendig. Hinzu kommen die Verringerungen der CO₂-Emissionen durch den Einsatz regenerativer Energiequellen.

Das Haupthindernis auf dem Weg zu niedrigeren Energieverbräuchen, insbesondere fossiler Brennstoffe, ist die noch immer geringe Wirtschaftlichkeit vieler Maßnahmen. Dies ist darin begründet, dass die mit dem Energieverbrauch verbundenen Umweltschäden als externe Kosten nicht im Energiepreis berücksichtigt sind. Es sind daher massive politische und gesellschaftliche Anstrengungen erforderlich, um die Möglichkeiten zur Energieverbrauchssenkung und der damit verbundenen CO₂-Emissionsreduktion zumindest annähernd auszuschöpfen.

Durch die energetische Sanierung von Gebäuden, etwa durch den Einbau moderner Heiz- und Regelungstechnik und optimale Wärmedämmung, könnten je nach Situation bis über 50 % an Heizkosten eingespart werden. Dies bedeutete ein großes Potenzial zur Verringerung der Kohlendioxid-Emissionen des Landes.

Im Land unterstützen die Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH und die regionalen Energieagenturen die Kommunen, Handwerk und mittelständische Industrie bei der Realisierung rationeller und regenerativer Energiesysteme sowie beim sparsamen Umgang mit Energie. Außerdem laufen Förderprogramme des Landes. Für die wichtigen Bereiche „Rationelle Energieverwendung“, „Wärmedämmung“ und „Nutzung regenerativer Energien“ gewährt das Land Investitionshilfen.

Nach der Liberalisierung des Energiemarktes in Deutschland ist für jeden Stromkunden der Wechsel in Tarife mit erhöhtem Anteil an regenerativ erzeugtem Strom möglich. Dies sind wichtige Meilensteine auf dem Weg zur bisher noch nicht realisierten Entkopplung von Stromverbrauch und Wirtschaftswachstum.

4. Anhang

4.1 Quellen- und Literaturhinweise

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Regenerative Energien in Deutschland und Baden-Württemberg, Karlsruhe, 2001

Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.): Energie-Bericht 2002

Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestags (Hrsg.): Mehr Zukunft für die Erde, Bonn, 1994

Bundesministerium für Wirtschaft (Hrsg.): Wirtschaft in Zahlen, 1998

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.): Statistisches Taschenbuch 2002

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.): Statistik Baden-Württemberg, Energiebilanzen 1996-2000

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.): Statistisch-prognostischer Bericht 2000

Baumbach, G. et al.: Luftverunreinigungen aus gewerblichen und industriellen Biomasse- und Holzfeuerungen. ecomed, Landsberg am Inn, 1997

Kaltschmitt, M.: Regenerative Energien zur Strom- und Wärmebereitstellung. Nutzung und Potenziale in Deutschland, BWK, Band 51, 1999, S. 55-59

Meliß, M.: Regenerative Energiequellen, BWK, Band 51, 1999, S. 68-73

Giesecke, J., Heimerl, S.: Wasserkraftanteil der elektrischen Stromerzeugung in Deutschland, Wasserwirtschaft, Heft 7/8 (1999)

Bine Projekt-Info-Service: Erneuerbare Energien in Deutschland, Nr. 5/ (9)1998

Bine Projekt-Info-Service: Hydrothermale Energie in Nordostdeutschland, (8) 11/1997

4.2 Informationsmöglichkeiten

Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, Karlsruhe: www.kea-bw.de

Informationszentrum Energie des Landesgewerbeamtes Baden-Württemberg, Stuttgart: www.lgabw.de

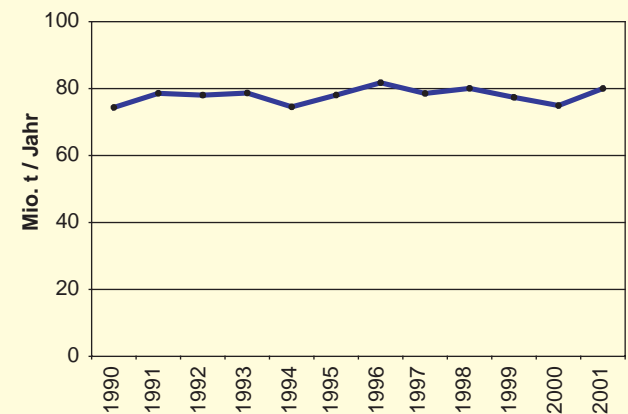
Bundeswirtschaftsministerium: www.bmwi.de

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg: www.stala.de

KLIMAFOLGEN

1. Allgemeines	43
2. Klima und Wasserwirtschaft	43
3. Klima und Lufttemperatur	45
4. Tier- und Pflanzenarten	45
5. Anhang	48

Kohlendioxidemissionen tragen zur Hälfte zum Treibhauseffekt bei. Die Kohlendioxid-Emissionen des Landes sollen bis 2005 auf 70 Mio. t/a gesenkt werden.



vgl. Kapitel „Umweltindikatoren“

1. Allgemeines

Die Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) befasst sich seit Jahren mit Aspekten der Klimaveränderung und hat daher den umweltpolitischen Schwerpunkt Klimafolgen für Baden-Württemberg unter Bildung einer abteilungsübergreifenden Arbeitsgruppe eingerichtet. In einem ersten Schritt wurde das in den Fachabteilungen vorhandene Wissen zum Thema „Klimafolgen“ aufbereitet.

Die bisherigen Aussagen über Klimaveränderungen wie z. B. des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) beziehen sich im Wesentlichen auf globale bzw. großskalige Räume (z.B. Nordeuropa). Verlässliche Aussagen über Auswirkungen im regionalen Bereich, d.h. in den einzelnen unterschiedlich strukturierten Gebieten oder Mittelgebirgslandschaften, liegen nicht vor.

2. Klima und Wasserwirtschaft

1999 vereinbarten die Länder Baden-Württemberg und Bayern unter Einbeziehung des Deutschen Wetterdienstes eine längerfristige gebiets- und fachübergreifende Zusammenarbeit auf dem Gebiet „Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“ (KLIWA). Wesentliche Ziele des Kooperationsvorhabens KLIWA sind die Auswirkungen einer Klimaveränderung auf die Anforderungen an den Hochwasser- und Gewässerschutz, die Wasserversorgung und die Gewässer zu ermitteln sowie Konsequenzen und Handlungsstrategien aufzuzeigen.

Im Rahmen von KLIWA wurde bisher das Langzeitverhalten wichtiger hydrologischer und hydrometeorologischer Größen, insbesondere Abfluss und Niederschlag, analysiert. Die dazu bis Ende 2002 gewonnenen Erkenntnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die jährlichen Höchstabflüsse zeigen bei einer langfristigen Betrachtung – Zeitreihen länger als rund 70 Jahre – bis auf wenige Ausnahmen keine signifikanten flächendeckenden Trends (Abb. 1).
- Hohe jährliche Gebietsniederschläge, bezogen auf Einzugsgebiete mit durchschnittlich 2 000 km², kamen in Baden-Württemberg seit den 70er Jahren häufiger vor.
- Die Starkniederschläge weisen im Winterhalbjahr signifikante Zunahmen auf, vor allem am Ostrand des Schwarzwaldes und im Norden des Landes.
- In den vergangenen rund 30 Jahren sind bei den hydrologischen wie auch bei den hydrometeorologischen Größen überwiegend steigende Trends festzustellen, insbesondere im Winterhalbjahr. Die Trends im Sommerhalbjahr bieten dagegen ein eher uneinheitliches Bild.

Trends im Sommerhalbjahr bieten dagegen ein eher uneinheitliches Bild.

- Die Dauer der extremen Nassperioden – Aufeinanderfolge von mindestens 8 Regentagen – nimmt in den Wintermonaten insgesamt um 2 bis 6 Tage zu. Dabei treten in Teilen des Schwarzwalds und an seinem Ostrand Zunahmen um mehr als 10 Tage auf (Beobachtungszeitraum 1931-1998). Es war eine Häufung von Nassperioden in den Winterhalbjahren 1976 bis 1995 zu verzeichnen, mit anschließend abnehmender Tendenz.
- Die Analysen zeigen, dass sich 1931 bis 1998 die Länge extremer

Kooperationsvorhaben KLIWA

Kooperationspartner

Baden-Württemberg:

- Ministerium für Umwelt und Verkehr (UVM)
- Landesanstalt für Umweltschutz (LfU)

Bayern:

- Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen
- Landesamt für Wasserwirtschaft (LfW)

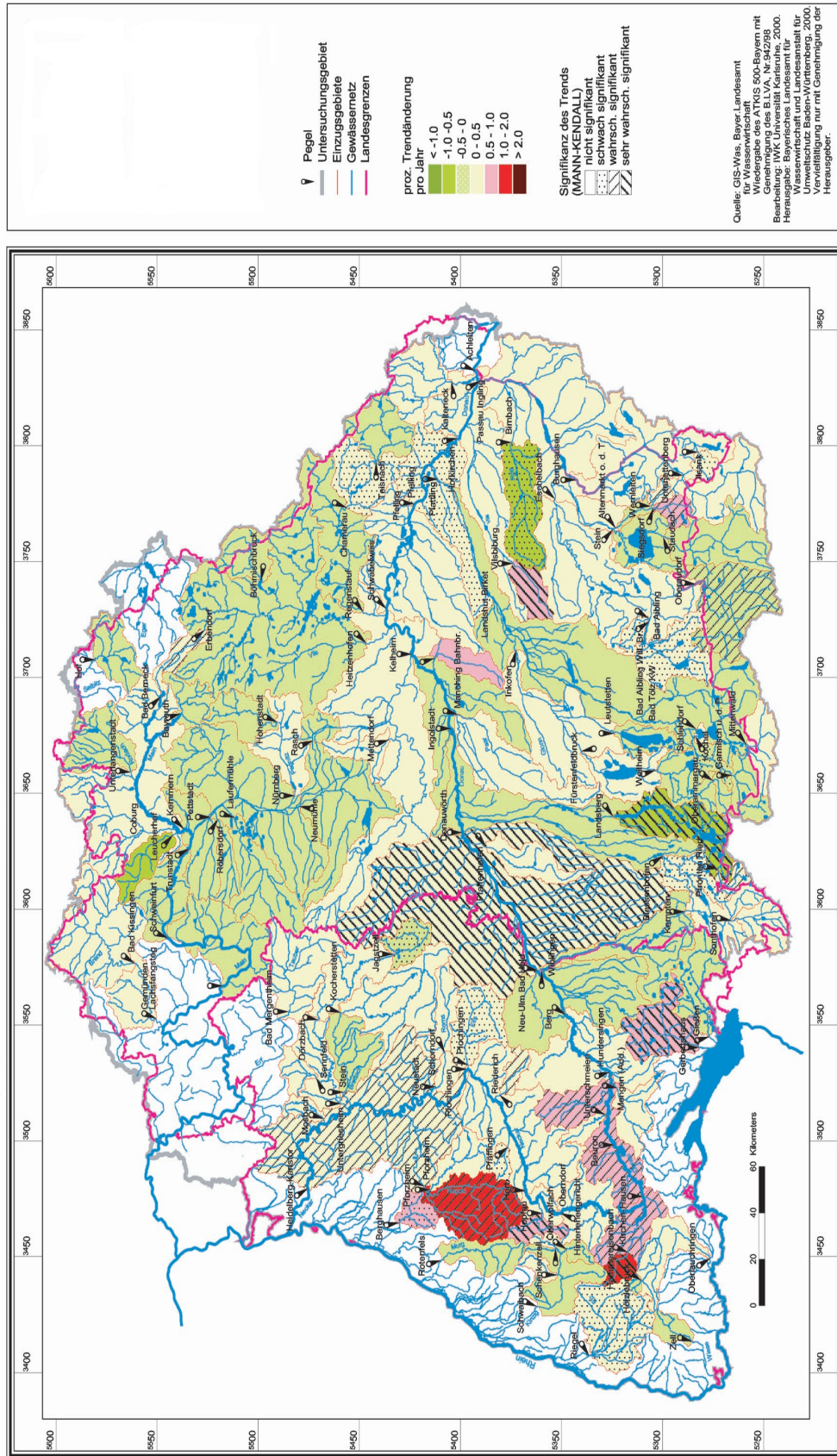
Deutschland:

- Deutscher Wetterdienst (DWD)

Projektbeginn: 1999

Laufzeit: unbefristet

Internet-Adresse: www.kliwa.de



Die angegebenen Werte gelten nur für die untersuchte Zeitspanne; insbesondere ist eine Extrapolation in die Zukunft (über das Jahr 1998 hinaus) nicht zulässig.

Bearbeitungsstand: November 2000

Abb. 1: Prozentuale Trendänderung der jährlichen Höchstabflüsse an Pegeln in Baden-Württemberg und Bayern mit Angabe der Trend-Signifikanz (Quelle: KLIWA-Heft 2, 2000)

Trockenperioden – Aufeinanderfolge von mindestens 11 Tagen mit Niederschlägen von weniger als 1 mm – nur wenig änderte: Während im Sommer eine geringe Abnahme von etwa einem Tag zu beobachten war, fand man im Winter meist eine geringe Zunahme um ein bis zwei Tage

- Die Schneedeckendauer ging im betrachteten Zeitraum (1951-1996) in den mittleren und unteren Höhenlagen um rund 20 bzw. 40 % zurück. In den Hochregionen des Schwarzwalds ergaben sich bisher keine signifikanten Änderungen. Die Ergebnisse korrespondierten mit der Zunahme winterlicher Niederschlagsereignisse und der Andauer von Nassperioden. Niederschläge fielen vermehrt in flüssiger Form als Regen und weniger in fester Form als Schnee.

Zur Simulation des Wasserhaushalts auf der Basis verschiedener Klimaszenarien wurden Wasserhaushaltsmodelle entwickelt. Wasserhaushaltsmodelle ermöglichen quantitative Aussagen zu den Abflüssen (Niedrig-, Mittel- und Hochwasser), zur Grundwasserneubildung und zur Verdunstung. Diesen Modellen wird für die Zukunft aus mehrfacher Hinsicht große Bedeutung beigemessen. Mit den Modellen werden Szenarienberechnungen zum Wasserhaushalt und zum Wasserdargebot ermöglicht. Ferner werden die Modelle als Analyse- und Prognosewerkzeuge eingesetzt. Sie dienen darüber hinaus auch der operationellen Vorhersage des Abflusskontinuums. In Baden-Württemberg sind mittlerweile rund 95 % der Landesfläche mit Wasserhaushaltsmodellen abgedeckt.

Um belastbare Aussagen über mögliche Auswirkungen der Klimaveränderung auf den Wasserhaushalt zu erhalten, werden im Rahmen von KLIWA Klimaszenarien entwickelt und nachfolgend Simulationsberechnungen mit den Wasserhaushaltsmodellen durchgeführt. Daraus lassen sich dann Konsequenzen für die Wasserwirtschaft aufzeigen und Handlungsempfehlungen entwickeln.

3. Klima und Lufttemperatur

Die Lufttemperatur ist neben dem Niederschlag eine der wichtigsten Klimagrößen. Als Outputgröße globaler Klimamodelle werden der Lufttemperatur die größte Aussagefähigkeit und Zuverlässigkeit beigemessen.

Die Lufttemperatur und ihre langfristigen Änderungen sind beispielsweise für wasserwirtschaftliche Problemstellungen von großer Bedeutung. Über Verdunstung sowie Ausbildung und Andauer der Schneedecke beeinflusst sie den Gebietswasserhaushalt.

Für den Zeitraum der vergangenen 120 Jahre lassen sich an den Stationen des DWD Temperaturanstiege feststellen. Für die Station Karlsruhe liegen seit 1876 bzw. 1881 langjährige Zeitreihen vor (Abb. 2, 3). In beiden Fällen sind Temperaturanstiege aufgrund erhöhter Jahresmitteltemperaturen ab Mitte der 1980er Jahre erkennbar. Das Jahr 2000 war für die Station Karlsruhe das wärmste seit Beginn der Aufzeichnungen. Ob die beobachteten Anstiege jedoch alleinige Folge einer globalen Klimaveränderung sind, kann nicht ohne weiteres entschieden werden. Vielmehr können hier auch stadtklimatische Effekte (beispielsweise Erhöhung der Flächenversiegelung, heranrückende Bebauung) und eine veränderte Landnutzung eine Rolle spielen.

Als wesentliche Ursache für den Temperaturanstieg wird der vom Menschen verursachte Treibhauseffekt angesehen. Dabei schreibt man dem Treibhausgas Kohlendioxid etwa 50 % des beobachteten Effektes zu. Hauptsächliche Emissionsquellen von Kohlendioxid sind Kraftwerke, Heizungen und der Straßenverkehr. Als weiteres wichtiges Treibhausgas ist das Methan zu nennen, das für etwa 20 % der Entstehung des Treibhauseffektes verantwortlich sein soll. Die Konzentration beider Treibhausgase steigt in der Atmosphäre stetig an und unterliegt nur geringen räumlichen Schwankungen. Allerdings sind typische Jahresgänge beobachtbar (Abb. 4, 5).

Das neue Klimaschutzprogramm für Baden-Württemberg, das zur Zeit erstellt wird, enthält detaillierte Informationen zu den Treibhaus-Emissionen.

4. Tier- und Pflanzenarten

Verbreitung und Häufigkeit von Tier- und Pflanzenarten hängen wesentlich von klimatischen Faktoren ab. Folglich führen Klimaänderungen auch zu Verschiebungen in der Verbreitung und Häufigkeit von Arten. Gleichzeitig mit einer Klimaänderung finden weitere Prozesse statt, die eine wissenschaftlich untermauerte Deutung von Änderungen erschweren oder sogar unmöglich machen. Zu solchen Prozessen zählen beispielsweise das Einwandern exotischer Arten (aktuelles Beispiel: Ochsenfrosch) aufgrund der angewachsenen Verkehrs- und Warenströme zwischen den Staaten und Kontinenten (Globalisierung) und die Entstehung neuer Biotope durch die Wirtschaftstätigkeit des Menschen (z. B. Baggerseen in Flussauen). Aber auch eine Häufung ungewöhnlicher Wetterlagen, die nicht mit einer Klimaänderung in Zusammenhang steht, kann sich unter Umständen auf die Verbreitung und Häufigkeit von Arten auswirken. Bei Verdacht auf eine mögliche Folge von Klimaänderungen bedarf es stets einer sorgfältigen Analyse, ob nicht auch andere Prozesse für Änderungen verantwortlich sind.

Gut untersucht sind die Auswirkungen der gegenwärtigen Klimaänderung auf Vogelarten. Hier sind Verschiebungen wesentlich darauf zurückzuführen, dass die Mitteltemperaturen angestiegen sind, der Frühling 5 Tage früher beginnt und der Herbst 9 Tage später endet als noch vor wenigen Jahrzehnten. Entsprechend hat sich der mittlere Wegzugtermin bei vielen Singvögeln um wenige bis 10 Tage verspätet. Auch der Heimzugstermin in die Brutgebiete ist bei mehreren Zugvogelarten früher als bisher. Entsprechend hat sich auch der Legebeginn bei diesen Arten verschoben.

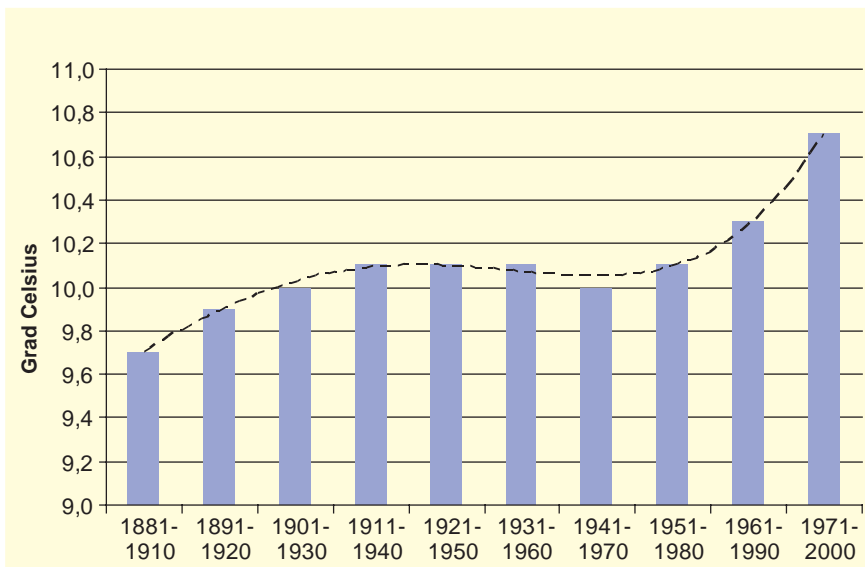


Abb. 2: Das 30-jährige Mittel der Jahresmitteltemperatur an der Wetterstation Karlsruhe (Quelle: DWD, 2002)

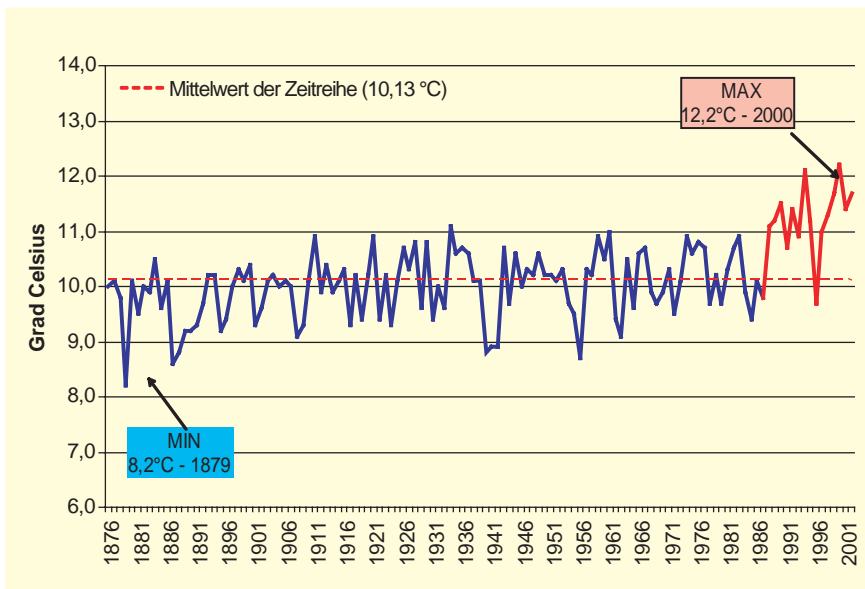


Abb. 3: Die Jahresmitteltemperaturen an der Wetterstation Karlsruhe (Quelle: DWD, 2002)

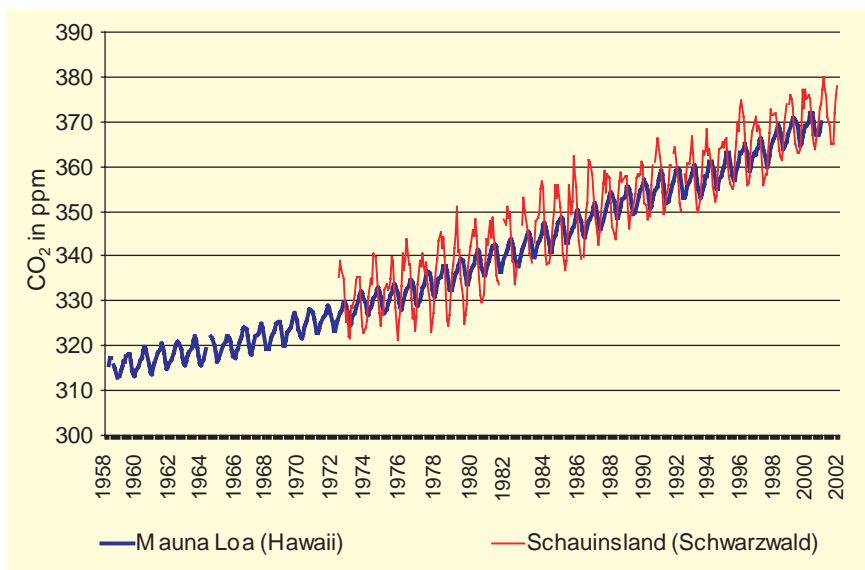


Abb. 4: Konzentration von Kohlendioxid (CO₂) in der Atmosphäre (Mauna Loa, Hawaii, und Schauinsland, Schwarzwald) (Quelle: UBA, 2003)

Die Erhöhung der Durchschnittstemperaturen kann ein wesentlicher Grund dafür sein, dass Vogelarten ihr Verbreitungsgebiet nach Norden ausgedehnt haben. Neu ist seit den 90er Jahren die Zunahme und Ausbreitung des Bienenfressers in Südwestdeutschland. Dafür scheint die Klimaänderung zumindest mitverantwortlich zu sein.

Aber man muss bei der Interpretation der Befunde vorsichtig sein. Die Ausdehnung der Vogelareale hat zum Teil schon im 19. Jahrhundert eingesetzt. Arten wie der Hausrotschwanz, ein Kurzstreckenzieher, überwintern in steigendem Maße in ihren mitteleuropäischen Brutgebieten. Mildere Winter sind wohl die Ursache dafür, dass Zugvogelarten ihre Zugstrecken verkürzen oder wie die Mönchsgrasmücke andere Überwinterungsgebiete aufsuchen als früher.

Von der Klimaänderung offensichtlich mitverursacht ist die Ausdehnung der Verbreitungsgebiete mehrerer Libellenarten nach Norden, z. B. der Feuerlibelle. Ebenso ist bei einzelnen Heuschreckenarten die Klimaänderung als Ursache ihrer Ausbreitung zu diskutieren. Insgesamt wurde ein Zustrom gebietsfremder und wärmeliebender Tier- und Pflanzenarten, insbesondere mediterraner Faunen- und Florenelemente, festgestellt.

Auch bei Pflanzenarten lassen sich Folgen der Klimaänderung von anderen Prozessen kaum trennen. Diskutiert wird eine Zunahme immergrüner Pflanzenarten als Folge der mildereren Winter, z. B. beim Efeu. Hier ist aber beispielsweise die Zunahme der Stickstoffeinträge mit zu berücksichtigen. Der Einfluss des Ozons auf Pflanzenarten und damit verbundene Änderungen ihrer Verbreitung und ihres Vorkommens sind Gegenstand der Diskussion.

Ebenfalls ausgewertet wurden phänologische Daten der vergangenen 30 Jahre (Abb. 6). Diese Auswertung zeigte beispielsweise, dass 1990 bis 1999 ein früherer Frühlingsbeginn um bis zu 10 Tage gegenüber dem Mittel von 1961 bis 1990 eingetreten ist. Auch die räumlichen Verteilungs-

muster von Gebieten mit früherem Frühlingsbeginn (indiziert über den Beginn der Apfelblüte) zeigen bei einem Vergleich der beiden untersuchten Zeiträume deutliche Änderungen. So nehmen die Gebiete mit einem früheren Beginn der Apfelblüte 1990 bis 1999 deutlich zu und schließen auch Gebiete ein, die für ihr raueres Klima bekannt sind.

Nutzen ist aus solchen Ergebnissen in mehrfacher Hinsicht zu ziehen. Es können Gebiete ausgegliedert werden, in denen es aufgrund der klimatischen Entwicklung für den Menschen zu gesundheitlichen Belastungen durch Hitzestress und hohe Luftfeuchtigkeit kommen kann (z.B. Oberrheinebene). Gleichzeitig sind dies aber auch Gebiete, in die wärmeliebende Tier- und Pflanzenarten (darunter auch Schädlinge und Krankheitserreger) bevorzugt einwandern können. Für die Land- und Forstwirtschaft ergeben sich Hinweise auf den Zeitpunkt des Pflanzenschutzmittelinsatzes, die Sortenwahl von Nutzpflanzen und die Erntezeitpunkte, aber auch auf Spätfrostgefahren für den Wein- und Obstbau.

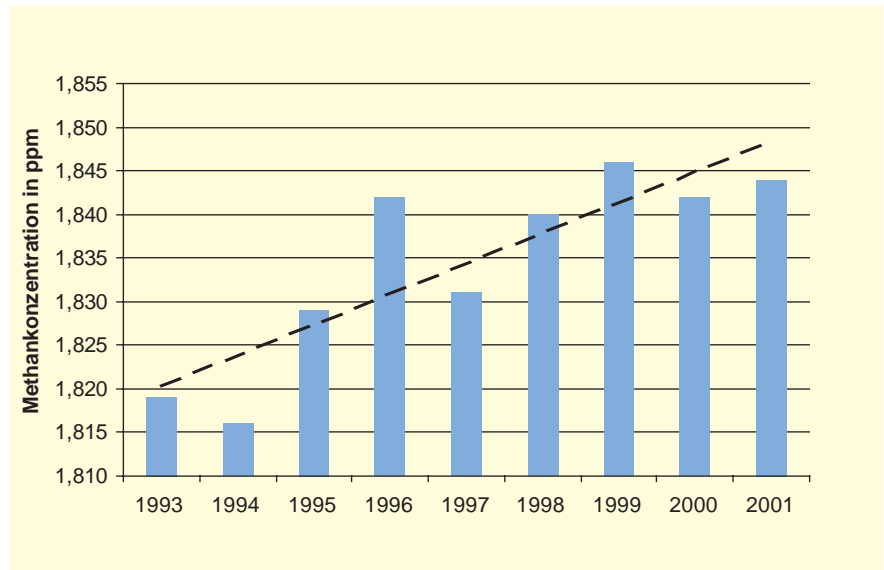


Abb. 5: Methanmissionen im Schwarzwald, Schwarzwald (Jahresmittelwerte mit linearer Trendlinie. Quelle: UBA, 2002)

Auch die möglichen Klimafolgen für andere Bereiche wie zum Beispiel Land- und Forstwirtschaft, Luftreinhaltung, Tourismus und Gesundheit sind Gegenstand der Forschung.

passung“ (KLARA) initiiert. An diesem Verbundvorhaben arbeiten die LfU sowie Fachleute aus der Land- und Forstwirtschaft, dem Gesundheitswesen, dem Wirtschaftsministerium und dem Naturschutz.

Um dem Forschungsbedarf zu begegnen, hat das Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg das Verbundvorhaben „Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, An-

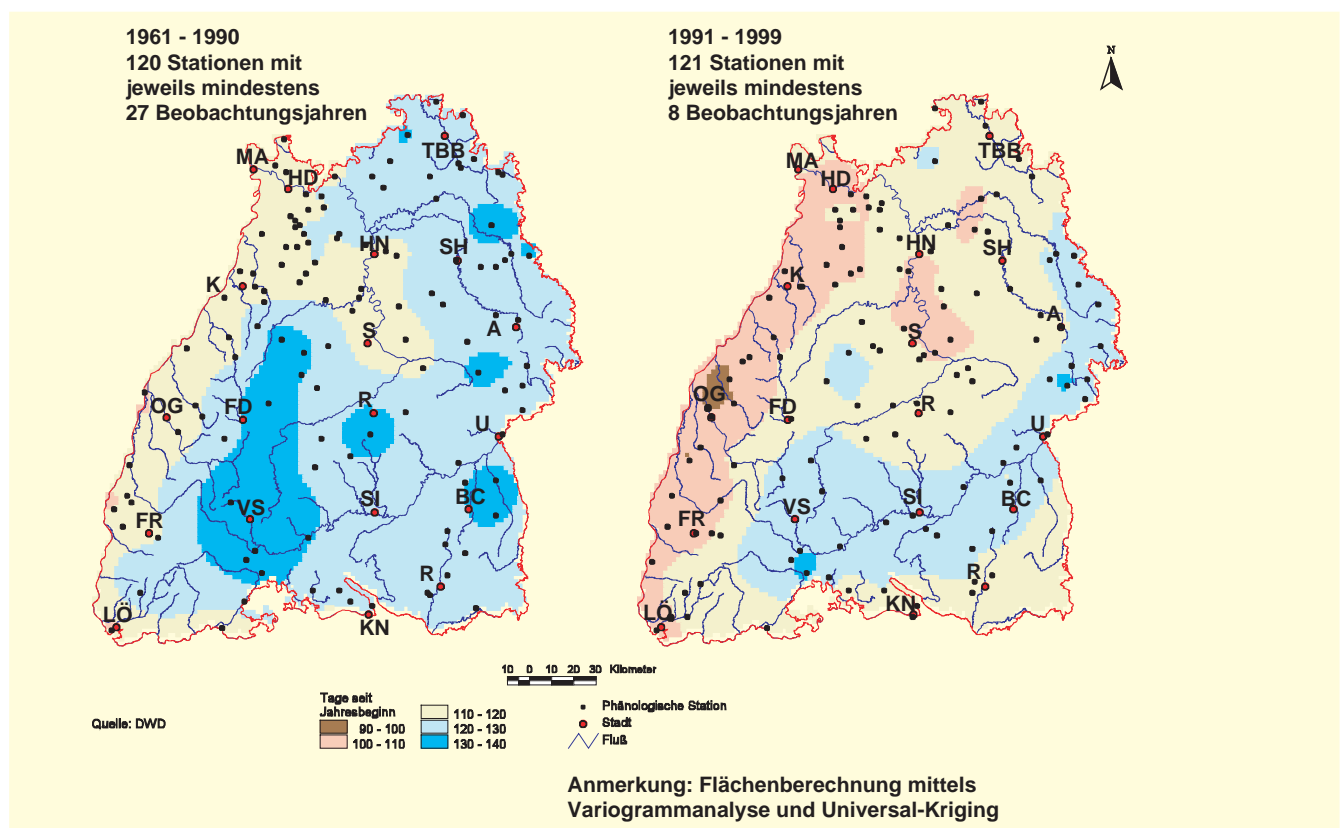


Abb. 6: Durchschnittlicher Beginn der Apfelblüte (Quelle: DWD, 2002)

5. Anhang

5.1 Literaturverzeichnis

Potsdam-Institut für Klimaforschung:
Klimaszenarien - Klimaderivate, Pots-
dam 2002

OcCC Beratendes Organ für Fragen
der Klimaänderung: Das Klima ändert
sich - auch in der Schweiz, Bern 2002

IPCC Intergovernmental Panel on Cli-
mate Change: Technical Summary. Cli-
mate Change 2001: Synthesis Report.
Cambridge University Press

Bayerischer Klimaforschungsverbund
(1999): BayFORKLIM Abschlussbericht,
München 1999

Landtag von Baden-Württemberg,
Drucksache 13/734 (2002): 10 Jahre
nach der Umweltkonferenz von Rio
- Auswirkungen der Klimaverände-
rungen für Mensch und Umwelt in
Baden-Württemberg, Stuttgart 2002

Bremicker, M. Das Wasserhaushalts-
modell LARSIM - Modellgrundlagen
und Anwendungsbeispiele - Freibur-
ger Schriften zur Hydrologie, Band 11,
2000

KLIWA, Fachvorträge beim KLIWA-
Symposium am 29. und 30.11.2000
in Karlsruhe, KLIWA-Berichte Heft 1,
2000

KLIWA, KLIWA-Statusbericht, Stand
11.10.2001, www.kliwa.de

KLIWA, Langzeitverhalten der Hoch-
wasserabflüsse in Baden-Württem-
berg und Bayern, KLIWA-Berichte
Heft 2, 2002

5.2. Informationsmöglichkeiten

www.kliwa.de

LUFT

1. Allgemeines	49
2. Gemessene Schadstoffe	52
3. Anhang	70

1. Allgemeines

Neben den Hauptkomponenten Stickstoff und Sauerstoff besteht die Luft aus einer Vielzahl weiterer gasförmiger und partikelförmiger Stoffe, die aus natürlichen Quellen freigesetzt werden, wie z. B. Staubauswirbelungen, Fäulnisprozessen oder Vulkanausbrüchen. Darüber hinaus enthält die Luft aber auch Luftschadstoffe, die durch menschliche Aktivitäten verursacht sind. Als Luftverunreinigungen werden alle Veränderungen der natürlichen Zusammensetzung der Luft bezeichnet, insbesondere durch Rauch, Ruß, Staub, Gase, Aerosole, Dämpfe und Geruchsstoffe.

Die Einwirkungen von Luftverunreinigungen auf den Menschen, Tiere, Pflanzen und Sachgüter (z.B. Bauwerke) werden als Immissionen bezeichnet. Nicht alle Luftverunreinigungen führen allerdings zwangsläufig zur Beeinträchtigung der Gesundheit oder zu Umweltschäden.

Aufgabe einer vorsorgenden Luftreinhaltepolitik ist es, die schädlichen Wirkungen von Luftverunreinigungen auf den Menschen und die Umwelt frühzeitig zu erkennen und die Ursachen gezielt zu beseitigen.

Aus diesem Grund werden in Baden-Württemberg sowohl die Art und Menge der in die Luft künstlich freigesetzten Stoffe (Emissionen) als auch die Konzentrationen der Stoffe

in der Außenluft (Immissionen) und ihre Ablagerungen (Deposition) systematisch erfasst.

1.1 Emissionen

Die räumlich und zeitlich hochaufgelöste Ermittlung der von verschiedenen Verursachern freigesetzten Luftverunreinigungen (Emissionen) ist Grundlage für gezielte Luftreinhaltemaßnahmen. Mit der Erfassung der Emissionsdaten wurde in Baden-Württemberg Anfang der achtziger Jahre punktuell begonnen. Mittlerweile wurden die Emissionserhebungen auf das ganze Land ausgedehnt, so dass eine lückenlose Gesamtbeurteilung der Emissionssituation auf der Basis der Emissionsdaten von 2000 vorliegt. Die Emissionserhebungen umfassen folgende Quellengruppen:

- Industrie und Gewerbe
- Kleinf Feuerungsanlagen (häusliche/gewerbliche Feuerungsanlagen für die Gebäudeheizung und die Warmwasserbereitung sowie für die Erzeugung von Prozesswärme bei Kleinverbrauchern)
- Verkehr (Straßen-, Schienen-, Luftverkehr, Schifffahrt)
- Biogene Quellen (Vegetation, Böden, Feuchtgebiete, Nutztierhaltung, Pflanzenproduk-

tion, Wildtiere, menschliche Stoffwechselfvorgänge)

- Sonstige nicht gefasste Quellen (Abfalldeponien, Abwasserbehandlung, Erdgasverteilung, Produktanwendungen wie z.B. Konsumgüterverbrauch, Lackverarbeitung, Oberflächenbehandlung wie z.B. Geräte, Maschinen und Fahrzeuge)

Die räumliche Auflösung der erhobenen Emissionen erlaubt neben der landesweiten auch eine regionale, kreis- und gemeindebezogene Betrachtung der Emissionssituation.

1.2 Immissionen

In Baden-Württemberg wurde bereits Mitte der siebziger Jahre begonnen, die Immissionen wichtiger Luftschadstoffe systematisch zu erfassen. Durch Vergleich der ermittelten Konzentrationen der einzelnen Luftschadstoffe mit vorgegebenen Grenz- und Zielwerten kann der Handlungsbedarf für die Luftreinhaltepolitik aufgezeigt und der Erfolg bereits eingeleiteter Luftreinhaltemaßnahmen überprüft werden.

Das Kernstück der Luftüberwachung ist das stationäre, kontinuierlich arbeitende Luftmessnetz. Betrieben wird es durch die UMEG, Zentrum für Umweltmessungen und Gerätesicherheit, in Karlsruhe.

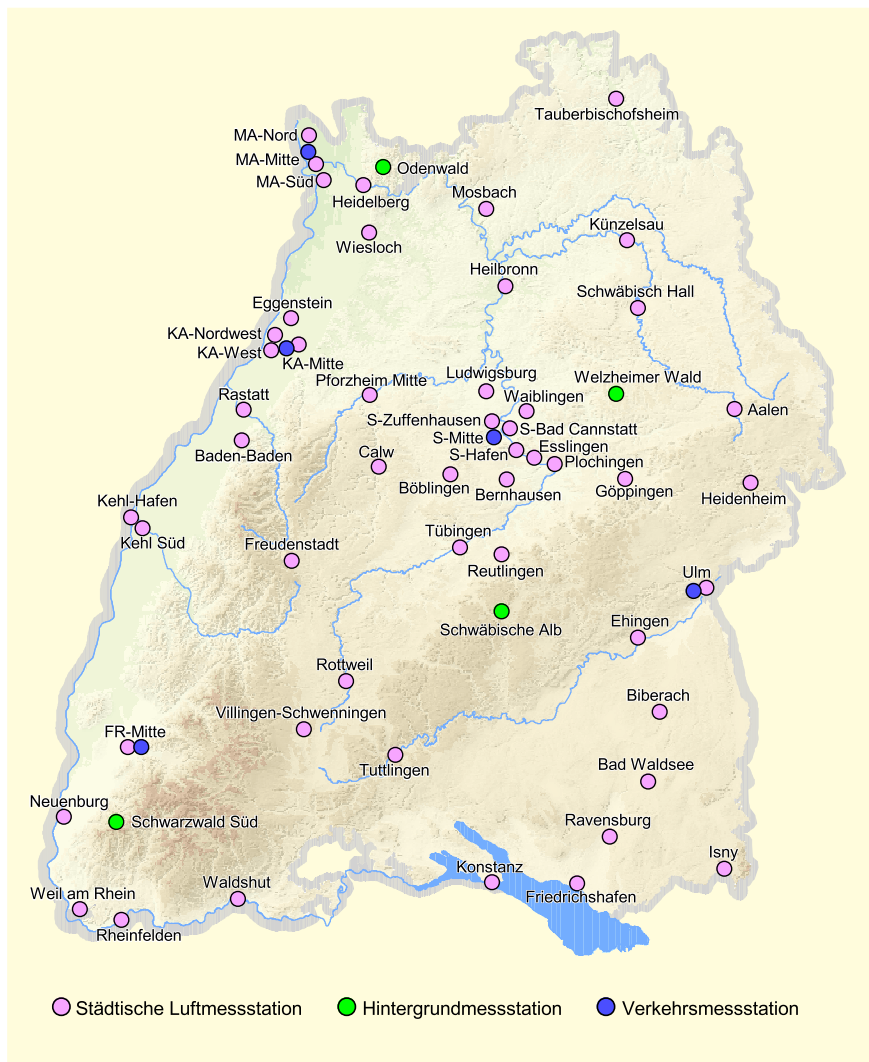


Abb. 1: Die Stationen des Luftmessnetzes Baden-Württemberg (Quellen: LfU, UMEG; Stand 2002)

An den Stationen werden folgende Luftschadstoffe gemessen:

- Schwefeldioxid (SO₂)
- Stickstoffoxide (NO, NO₂)
- Kohlenmonoxid (CO)
- Ozon (O₃)
- Schwebstaub (PM-10) und Inhaltsstoffe
- Ruß
- Organische Verbindungen

Das Luftmessnetz des Landes dient einerseits der Langzeitüberwachung der Luftverunreinigungen. Die über Jahre durchgeführten kontinuierlichen Messungen erlauben Aussagen über die zeitliche Entwicklung (Trend) der Luftbelastung. Andererseits erfüllt das Luftmessnetz Baden-Württemberg auch die Aufgabe eines Informations- und Warnsystems gemäß den Anforderungen der 22. BImSchV und der entsprechenden

EU-Richtlinien. Die zeitnahe Erfassung der Immissionen durch das Messnetz erlaubt es, auftretende hohe Konzentrationen, z. B. von Ozon, rasch zu erkennen und der Pflicht zur Information der Bevölkerung nachzukommen.

Die Stationen des Messnetzes sind über das ganze Land verteilt (Abb. 1). Hierdurch erlauben sie auch einen regionalen Vergleich der Luftqualität in unterschiedlich stark belasteten Gebieten. Die Luftmessstationen können in folgende Standortkategorien eingeteilt werden:

- **Städtische Stationen**
Die Standorte dieser Messstationen liegen in Gebieten mit einer hohen Dichte an Besiedlung, Industrie und Gewerbe. Es werden alle oben genannten Luftverunreinigungen gemessen.

- **Verkehrsmessstationen**
Die Standorte dieser Stationen liegen an stark befahrenen innerstädtischen Verkehrsknotenpunkten unmittelbar am Straßenrand. Es werden nur die typischen verkehrsbedingten Luftschadstoffe Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid, Kohlenmonoxid, Ruß und die organischen Verbindungen gemessen. Diese Stationen werden seit 1994 betrieben.
- **Hintergrundstationen**
Die Standorte dieser Stationen befinden sich in Gebieten außerhalb des direkten Einflusses durch Besiedlungs-, Industrie-, Gewerbe- und Verkehrsemissionen, und zwar in verschiedenen Höhenlagen und Regionen. Auch hier werden die oben genannten Luftverunreinigungen gemessen, außer Schwebstaub an Waldstandorten. Bei im Wald gelegenen Stationen sind aus technischen Gründen Staubmessungen nur eingeschränkt möglich.

Unter dem Abschnitt 2 wird die zeitliche Entwicklung der Luftbelastung an Luftmessstationen, die seit 1992 in Betrieb sind und deren Standort und Umfeld sich nicht verändert haben, dargestellt. Es sind dies die städtischen Luftmessstationen Aalen, Karlsruhe-Mitte, Mannheim-Mitte und Stuttgart-Bad Cannstatt sowie die Hintergrundmessstation Schwarzwald-Süd.

1.3 Deposition

Luftverunreinigungen werden durch natürliche Vorgänge wie Vulkanausbrüche, Waldbrände und Sandstürme sowie durch anthropogen bedingte Abgase und ihre Schadstoffe aus Industrie, Verkehr, intensiver Landwirtschaft und Hausbrand verursacht. Dabei sind die Schwefeldioxide und die Stickstoffoxide als die wichtigsten Schadstoffe zu nennen. Über verschiedene Reaktionsmechanismen findet eine Umwandlung in der Atmosphäre statt. Es bilden sich Sulfat-, Nitrat- und Ammoniumaerosole aus. Diese gasförmigen und partikelgebundenen Schwefel- und Stickstoffkomponenten gelangen über die

Sedimentation (trockene Deposition) oder über die Auswaschung durch den Regen (nasse Deposition) auf die belebte und unlebte Umwelt.

Dort können diese Nährstoff- und Säureeinträge eine direkte oder indirekte Wirkung verursachen und zur

- Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit,
- Versauerung von Böden und Gewässern,
- Veränderung von Pflanzengesellschaften und
- Schädigung von Gebäuden und Denkmälern

führen.

Zur Beobachtung dieser Stoffeinträge wurde 1992 ein landesweites Depositionsmessnetz aufgebaut (Abb. 2). Es besteht aus 24 Standorten in dünn besiedelten ländlichen Gebieten sowie aus acht Standorten in Karlsruhe und sechs in Mannheim (Stadtgebiete).

1.4 Meteorologische Verhältnisse und Luftqualität

Die ständig gemessenen Luftverunreinigungen weisen während der meisten Tage im Jahr, bezogen auf die Grenz- und Informationswerte, ein eher geringes Konzentrationsniveau auf. Die auftretenden Schwankungen ergeben sich durch Veränderungen der steuernden meteorologischen Größen und durch wechselnde Emissionsmengen.

Die typischen Tages- und Jahresgänge von Sonneneinstrahlung, Lufttemperatur und Wind beeinflussen die luftchemischen Reaktionen und die Austauschverhältnisse in der Atmosphäre. So entstehen besonders ausgeprägte Tages- und jahreszeitlich unterschiedliche Verläufe von Ozon, Stickstoffoxiden und Schwefeldioxid.

Veränderungen der Emission beruhen auf periodischen Wochen- und Tagesgängen, vorwiegend beim Kraftfahrzeugverkehr. Entsprechend zeigen auch die verkehrsbedingten Immissionen einen charakteristischen Wochengang mit niedrigeren Konzentrationen am Samstag und

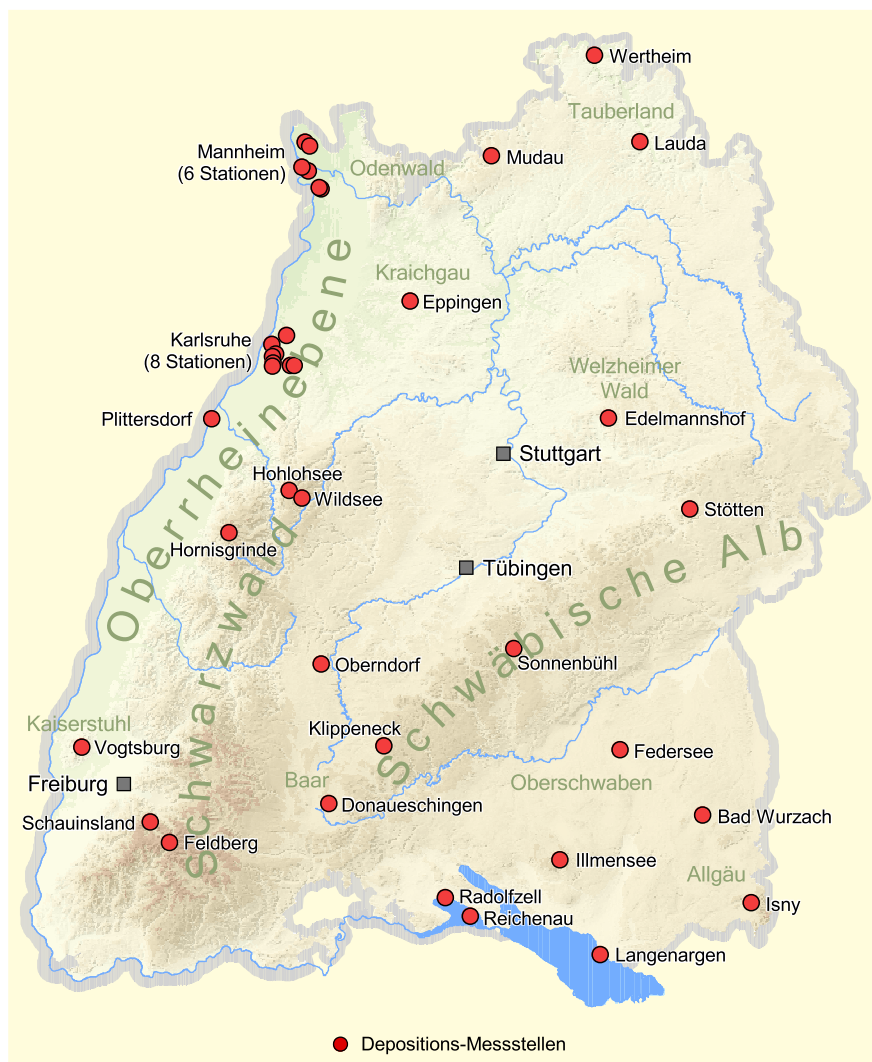


Abb. 2: Depositionsmessnetz und ländliche Gebiete (Quellen: LfU, UMEG; Stand 2002)

Sonntag bzw. mit höheren Konzentrationen während der Hauptverkehrszeiten.

Daneben gibt es immer wieder auffällige Episoden, z. B. ausgeprägte Inversionswetterlagen wie im Januar 2002, mit stark erhöhten Belastungen durch einzelne oder mehrere Luftverunreinigungen. Ihre charakteristische Ausprägung erfahren sie vorwiegend im Sommer und Winter, während die Übergangsjahreszeiten hiervon weniger betroffen sind.

Auf die Episoden mit außergewöhnlichen Belastungen konzentriert sich dann das öffentliche Interesse, auch auf solche von wenigen Tagen, an denen unter Umständen die Grenz- und Informationswerte überschritten werden. Dies führt zur Frage nach den Ursachen bezüglich Wetterlage, luftchemischen Verhältnissen und der Emission. Diejenigen meteorologischen

Situationen, die zu hoher Immissionsbelastung führen, zeigt daher Tab. 1.

Darüber hinaus verursachen Wettereinflüsse sehr oft erhöhte Emissionen. So sind z. B. an heißen Hochsommertagen die biogenen Emissionen der flüchtigen organischen Verbindungen überdurchschnittlich hoch. An trüben, kalten Wintertagen sind die Emissionen aus Heizungsanlagen wesentlich stärker als an milden sonnigen Wintertagen.

Weiter ist festzustellen, dass meteorologisch bedingte Ferntransporte von außerhalb der Landesgrenzen, besonders bei Schwebstaub und Ozon, zu erhöhten Immissionen beitragen können.

Jahreszeit	Wetterlage	Dominierende Luftverunreinigungen
Winter	Hochdruckeinfluss mit stagnierender Luftmasse: - sonnig und kalt	Stickstoffdioxid und Schwebstaub unterhalb der Inversionsschicht; Ozon oberhalb der Inversionsschicht
	- trüb und kalt	Schwebstaub, Stickstoffmonoxid und Schwefeldioxid
Herbst	Hochdruckeinfluss, schwacher Wind	Stickstoffdioxid
Sommer	Hochdruckeinfluss: - heiß und schwacher Wind	Ozon und Stickstoffdioxid
	- warm und windig	Ozon und Schwebstaub

Tab. 1: Beziehung zwischen Witterung und Luftqualität (Quelle: LfU)

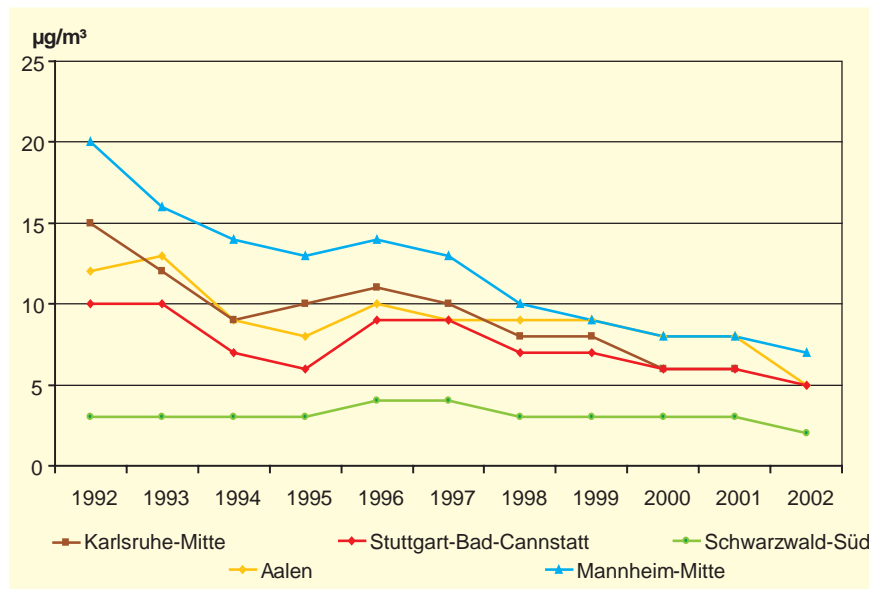


Abb. 3: Schwefeldioxid-Konzentrationen (Jahresmittelwerte) an den Luftmessstationen Aalen, Karlsruhe-Mitte, Mannheim-Mitte, Stuttgart-Bad Cannstatt und Schwarzwald-Süd (Quellen: LfU, UMEG, 2003)

Schutzgut	Mittelungszeitraum	Grenzwert (µg/m³)	Bemerkungen	Datum, bis zu dem der Grenzwert einzuhalten ist
menschliche Gesundheit	1 Stunde	350	Grenzwert darf nicht öfter als 24 mal im Kalenderjahr überschritten werden	1. Januar 2005
menschliche Gesundheit	24 Stunden	125	Grenzwert darf nicht öfter als 3 mal im Kalenderjahr überschritten werden	1. Januar 2005
Ökosystem	Kalenderjahr und Winter (1. Oktober bis 31. März)	20		gültig

Tab. 2: Grenzwerte für Schwefeldioxid (SO₂) in der Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – 22. BImSchV

2. Gemessene Schadstoffe

Eine deutliche Verbesserung der Luftqualität in Baden-Württemberg lässt sich insbesondere an der verbesserten Emissions- und Immissions-situation bei den klassischen Luftschadstoffen Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid belegen. Dies hatte zur Folge, dass die 1988 erlassene Winter-Smog-Verordnung im Dezember 1996 wieder aufgehoben werden konnte. Grundlagen für diesen Erfolg bildeten die in den vorangegangenen Jahren getroffenen politischen Entscheidungen zur Luftreinhaltung und die Anstrengungen der Wirtschaft zur Emissionsminderung.

2.1 Schwefeldioxid

Den stärksten Rückgang der Schwefeldioxid-Emissionen gab es Ende der 80er Jahre, vor allem durch die Abgasentschwefelung bei Kraftwerken und Industriefeuerungen. Diese starke Verminderung der Emissionen hatte auch direkte Auswirkungen auf die gemessenen Schwefeldioxid-Immissionen, die bereits 1992 landesweit unter 30 µg/m³ im Jahresmittel lagen. Nach der Sanierung dieser bedeutenden Quellen gingen die Emissionen im Bereich der Heizungen durch die Verwendung von fast schwefelfreiem Erdgas und durch den geringeren Schwefelgehalt im Heizöl weiter stetig zurück. So liegen jetzt die Jahresmittelwerte der SO₂-Konzentrationen selbst in den großen Ballungsgebieten dauerhaft unterhalb von 10 µg/m³ (Abb. 3). Damit wird selbst dort der für den Schutz der Ökosysteme in der 22. BImSchV (Tab. 2) festgelegte Immissionsgrenzwert von 20 µg/m³ (Jahresmittelwert) eingehalten.

Überschreitungen der Kurzzeitgrenzwerte für die menschliche Gesundheit (Mittelungszeiträume 1 und 24 Stunden) treten nur noch an wenigen Industriestandorten ganz selten auf und erreichen niemals die zulässige Überschreitungshäufigkeit von 24 bzw. 3 Ereignissen pro Jahr.

2.2 Kohlenmonoxid

Kohlenmonoxid entsteht überwiegend bei unvollständiger Verbrennung in Ottomotoren und in geringerem Maße in Feuerungsanlagen. Dominiert wurden deshalb die Emissionen und Immissionen durch den Kraftfahrzeugverkehr sowie Geräte und Maschinen, weniger durch die Heizungsanlagen. Trotz starker Zunahme der Kraftfahrzeuge ist seit Jahren eine stetige Abnahme der Kohlenmonoxidimmissionen zu verzeichnen (Abb. 4). Selbst an Straßenmessstationen wie z.B. Karlsruhe-Mitte liegen die Jahresmittel unter 1 mg/m³. Dieser Rückgang der Emissionen wurde vor allem durch strengere Abgasnormen für Kraftfahrzeuge und durch die weitgehende Ausrüstung der Kraftfahrzeugflotte mit geordnetem Katalysator erreicht.

Der gezeigten positiven Entwicklung bei den klassischen Immissionen stehen immer noch hohe Belastungen durch andere Luftverunreinigungen gegenüber. So besteht nach wie vor Handlungsbedarf für die Luftreinhaltungspolitik in Baden-Württemberg bei den Stickstoffoxiden, den organischen Verbindungen, Ozon, Schwebstaub und Ruß.

2.3 Sulfatdeposition

Das Sulfat entsteht durch Oxidation von Schwefeldioxid (SO₂), welches natürlich bei Vulkanausbrüchen und künstlich überwiegend bei der Verbrennung von fossilen Energieträgern gebildet wird. Bei diesem Umwandlungsvorgang entstehen Säuren (Schwefelsäure), die zu einer Versauerung der Niederschläge („Saurer Regen“) führen. Der Sulfateintrag über Regen, Schnee oder Graupel (nasse Deposition) verursacht neben der Nitratdeposition eine Versauerung der Böden und Gewässer.

Dank des europaweiten Einbaus von Rauchgasentschwefelungsanlagen bei Kraftwerken und des Einsatzes von schwefelarmen Brennstoffen für Heizungen konnte der Sulfateintrag deutlich reduziert werden (Abb. 5). Dies war in allen Untersuchungsgebieten festzustellen (Abb. 6). Jedoch

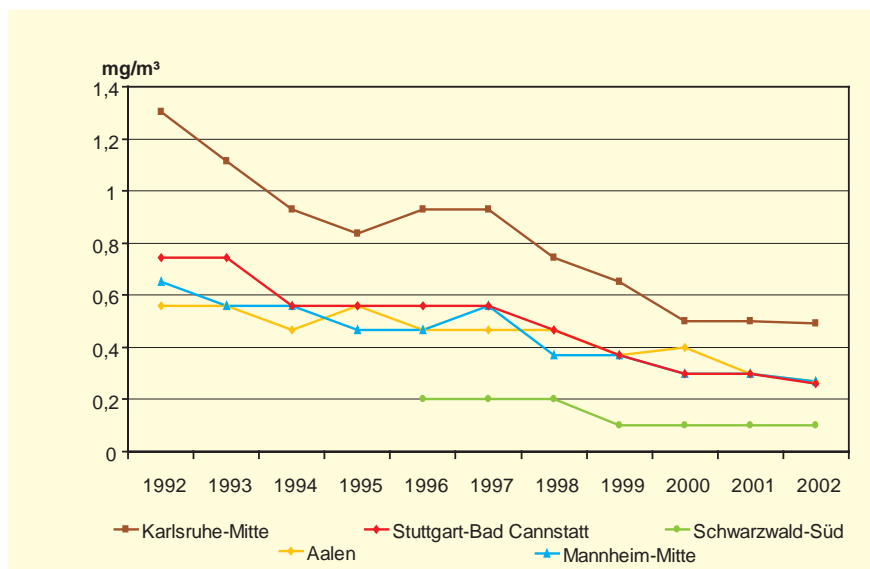


Abb. 4: Kohlenmonoxid-Konzentrationen (Jahresmittelwerte) an den Luftmessstationen Aalen, Karlsruhe-Mitte, Mannheim-Mitte, Stuttgart-Bad Cannstatt und Schwarzwald-Süd (Quelle: LfU, UMEG, 2003)

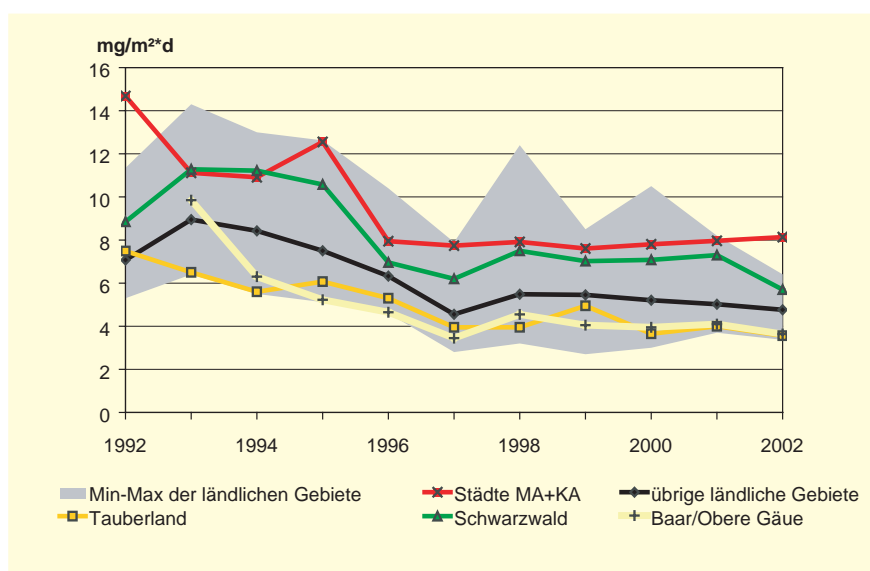


Abb. 5: Sulfatdeposition in Baden-Württemberg (Quelle: LfU, UMEG, 2003)

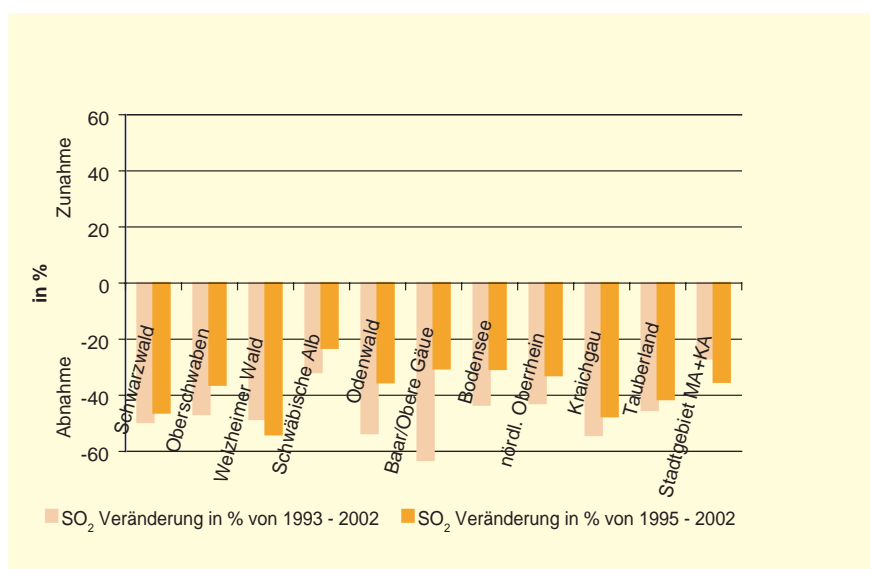


Abb. 6: Prozentuale Veränderung der Schwefeldioxid-(SO₂)-Einträge in Baden-Württemberg von 1993/1995 zu 2002 (Quelle: LfU, UMEG, 2003)

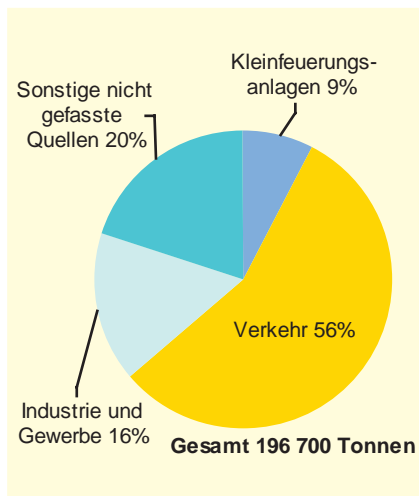


Abb. 7: Stickstoffdioxid-Emissionen in Baden-Württemberg (Quelle: UMEG, 1998)

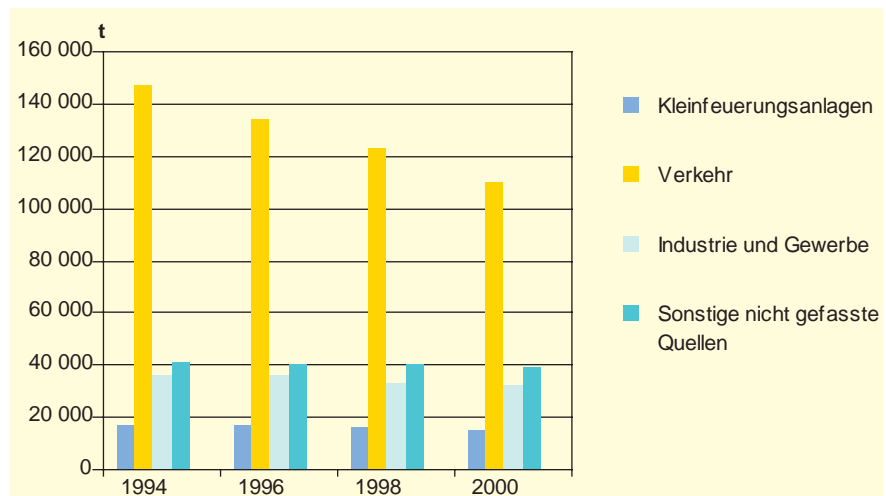


Abb. 8: Stickstoffdioxid-Emissionen ausgewählter Quellengruppen in Baden-Württemberg (Quelle: UMEG, 2003)

kommt es ab 1996/97 zu keiner weiteren Absenkung der Sulfateinträge.

In den Städten Karlsruhe und Mannheim sind, bedingt durch die hohe Industrie- und Bevölkerungsdichte mit entsprechenden Emissionsquellen, die Sulfateinträge gegenüber den ländlichen Gebieten am höchsten.

Aber auch innerhalb der ländlichen Gebiete zeigt sich, dass die regenreichen Hochlagen des Schwarzwalds am stärksten mit Sulfateinträgen belastet sind.

2.4 Stickstoffoxide

Stickstoffoxide entstehen bei Verbrennungsprozessen zum einen durch die Umwandlung des im Brennstoff enthaltenen und zum anderen durch die Oxidation des in der zugeführten Luft vorhandenen Stickstoffs. Letzteres ist mengenmäßig der wichtigere Prozess. Während des Verbrennungsprozesses entsteht überwiegend Stickstoffmonoxid (NO), das erst in der Atmosphäre zu Stickstoffdioxid (NO₂) oxidiert wird. Die Umwandlungszeit hängt von der Tages- und Jahreszeit sowie von der Ozonkonzentration ab. Eine rasche Umwandlung erfolgt im Sommer und tagsüber bei Sonneneinstrahlung, eine wesentlich langsamere im Winter und nachts. Die wichtigsten Emittenten für Stickstoffoxide sind der Kraftfahrzeugverkehr und die Kraftwerke.

Auf Pflanzen können Stickstoffoxide eine düngende Wirkung haben. Stickstoffdioxid kann jedoch in Verbindung mit Wassertropfen in der Atmosphäre Salpetersäure bilden, die ähnlich der Schwefelsäure eine der wesentlichen Ursachen für den „Sauren Regen“ darstellt. Stickstoffoxide sind zusammen mit den flüchtigen Kohlenwasserstoffen die wichtigsten Ausgangsstoffe für die Bildung von Photooxidantien unter dem Einfluss von Sonnenlicht, dessen wichtigste Komponente Ozon ist.

Distickstoffmonoxid (N₂O) greift wie z.B. Kohlendioxid und Methan in den Strahlungshaushalt der Erde ein und trägt damit zum Treibhauseffekt bei. Da die direkten Einwirkungen auf die Menschen, Tiere, Pflanzen und Sachgüter gering sind, werden die Immissionen nicht gemessen, sondern lediglich die Emissionen bestimmt.

2.4.1 Stickstoffdioxid-Emissionen

Im Jahr 2000 wurden in Baden-Württemberg insgesamt 196 700 t Stickstoffoxide (berechnet als Stickstoffdioxid) freigesetzt. Die Quellengruppe Verkehr hatte daran einen Anteil von 56 %, gefolgt von den sonstigen nicht gefassten Quellen mit 20 %, der Quellengruppe Industrie und Gewerbe mit 16 % und den Kleinfeuerungsanlagen mit 9 % (Abb. 7).

An der Quellengruppe Verkehr (Straßen-, Schiffs-, Schienen- und Flugver-

kehr) hat der Straßenverkehr einen Anteil von 80 %. Zu den 80 % tragen die schweren Nutzfahrzeuge mit einem Anteil von 40 % bei, Pkw zu 35 %. Bei der Quellengruppe Industrie und Gewerbe sind insbesondere die großen Kraft- und Heizwerke, die Mineralölverarbeitung und die Zementindustrie für die Stickstoffdioxid-Emissionen verantwortlich. Die wesentlichen Verursacher der Stickstoffdioxid-Emissionen der Sonstigen nicht gefassten Quellen sind Geräte der Land- und Forstwirtschaft sowie Baumaschinen.

Von 1994 bis 2000 gingen in Baden-Württemberg die Stickstoffdioxid-Emissionen um 18 % von 240 200 auf 196 700 t zurück (Abb. 8).

Beim Straßenverkehr führte vor allem der Einsatz des Katalysators trotz gesteigerter Fahrleistungen von 1994 bis 2000 zu 30 % weniger Stickstoffdioxid-Emissionen.

Bei der Quellengruppe Industrie und Gewerbe gingen die Stickstoffdioxid-Emissionen zwischen 1994 und 2000 um 11 % zurück.

Die Quellengruppe Kleinfeuerungsanlagen weist relativ geringe Stickstoffdioxid-Emissionen auf. Die Ursache liegt in den gegenüber industriellen Feuerungsanlagen niedrigeren Verbrennungstemperaturen und den niedrigeren Stickstoffgehalten der Brennstoffe Heizöl und Erdgas. Die Emissionen gingen durch verschärfte

Anforderungen der Verordnung über Kleinf Feuerungsanlagen (1. BImSchV, 1997) und der Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (Wärmeschutzverordnung) von 1994 bis 2000 um 9 % zurück.

Auch zukünftig werden die Stickstoffoxid-Emissionen aller Quellengruppen zurückgehen. Den wesentlichen Beitrag hierzu liefert der Straßenverkehr. Bei ihm werden die Stickstoffoxid-Emissionen durch den weiter zunehmenden Einsatz von Neufahrzeugen der Abgasgrenzwertstufen Euro 4 und Euro 5 bei Lkw und Bussen auch zukünftig sinken. Bei den Quellengruppen Industrie und Gewerbe sowie Kleinf Feuerungsanlagen werden die Stickstoffoxid-Emissionen nur noch geringfügig abnehmen.

2.4.2 Stickstoffdioxid-Immissionen

Bei allen Verbrennungsprozessen wird primär Stickstoffmonoxid (NO) freigesetzt, das in der Atmosphäre in Stickstoffdioxid (NO₂) umgewandelt wird. Für den Menschen ist Stickstoffdioxid von höherer gesundheitlicher Relevanz, da es als Reizgas auf den Atemtrakt über eine längere Zeit einwirken kann. Die Immissionen werden daher an Hand der Stickstoffdioxid-Konzentrationen bewertet. Für die Pflanzenwelt, insbesondere für empfindliche Ökosysteme wie z.B. Moore und Wälder, ist der gesamte Stickstoffoxidgehalt der Luft von Bedeutung (Tab. 3).

Da Stickstoffdioxid durch Oxidation aus Stickstoffmonoxid entsteht, hängt seine Konzentration wesentlich von den Umwandlungsraten ab. Diese laufen im Sommer auf Grund der höheren Temperaturen und Sonneneinstrahlung deutlich intensiver und schneller ab als im Winter. So werden die besseren Ausbreitungsverhältnisse in der Atmosphäre während der warmen Jahreszeit, die gegenüber dem Winter zu eher niedrigeren Konzentrationen führen würden, weitgehend kompensiert. Folglich ist der Jahresgang der Stickstoffdioxid-Konzentrationen relativ ausgeglichen. Stickstoffdioxid ist mit einer Lebens-

Schutzgut	Mittelungszeitraum	Grenzwert $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bemerkungen	Datum, bis zu dem der Grenzwert zu einzuhalten ist
Menschliche Gesundheit	1 Stunde	200 für NO ₂	Grenzwert darf nicht öfter als 18mal im Kalenderjahr überschritten werden	1. Januar 2010
Menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	40 für NO ₂		1. Januar 2010
Vegetation	Kalenderjahr	30 für NO _x		gültig

Tab. 3: Grenzwerte für Stickstoffoxide in der Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – 22. BImSchV

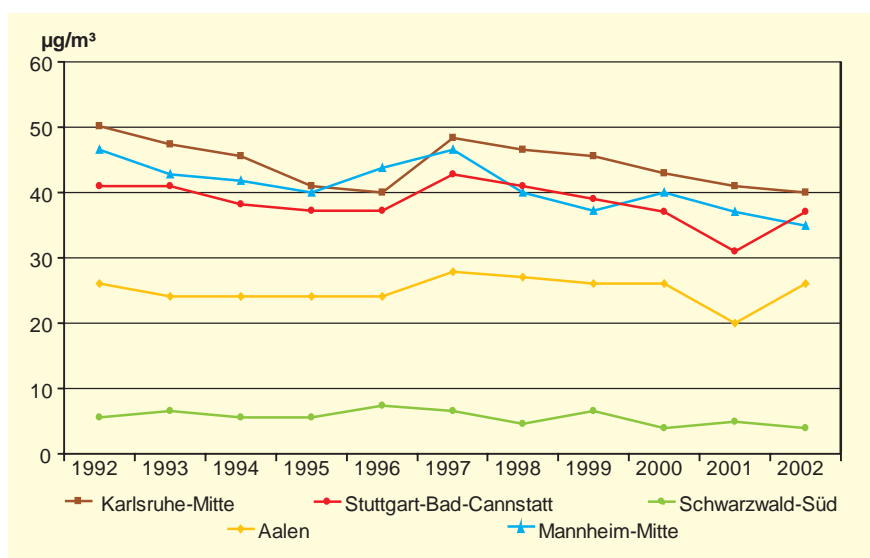


Abb. 9: Stickstoffdioxid-Konzentrationen (Jahresmittelwerte) an den Luftmessstationen Aalen, Karlsruhe-Mitte, Mannheim-Mitte, Stuttgart-Bad Cannstatt und Schwarzwald-Süd (Quellen: LfU, UMEG, 2003)

dauer von etwa zwei Tagen eine relativ stabile Verbindung, die daher über größere Entfernungen transportiert werden kann. Deshalb sind auch in ländlichen, an sich emissionsärmeren Gebieten noch messbare Konzentrationen vorhanden (Abb. 9, 10a und b).

Stickstoffmonoxid (NO) ist eine überwiegend verkehrsbedingte Luftverunreinigung, so dass die höchsten Konzentrationen an stark verkehrsbeeinflussten städtischen Luftmessstationen auftreten. An emittentfernen Hintergrundmessstationen werden nur sehr geringe NO-Konzentrationen gemessen, so dass der dort gemessene NO₂-Wert praktisch den Gesamtgehalt an Stickstoffoxiden (NO_x) darstellt.

Die zeitliche Entwicklung der Stickstoffdioxid-Konzentrationen stellt Abb. 9 für ausgewählte Stationen des

Luftmessnetzes dar. Es ist zu erkennen, dass sich die Stickstoffdioxid-Konzentrationen an den verkehrsbeeinflussten städtischen Luftmessstationen (Karlsruhe-Mitte, Mannheim-Mitte, Stuttgart-Bad Cannstatt) seit 1992 nur wenig verändert haben. So sind die jährlichen Konzentrationsunterschiede im Wesentlichen auf witterungsbedingte Schwankungen zurückzuführen. Ein eindeutiger Emissionstrend lässt sich aus den Immissionsmessungen, anders als bei Schwefeldioxid, nicht belegen.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit sieht die 22. BImSchV einen Grenzwert für Stickstoffdioxid von 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Jahresmittelwert) vor. Den Grenzwert müssen die EU-Mitgliedstaaten ab 1. Januar 2010 einhalten (Tab. 3). Trotz des relativ hohen Konzentrationsniveaus im Land wird dieser Grenzwert derzeit nur an wenigen

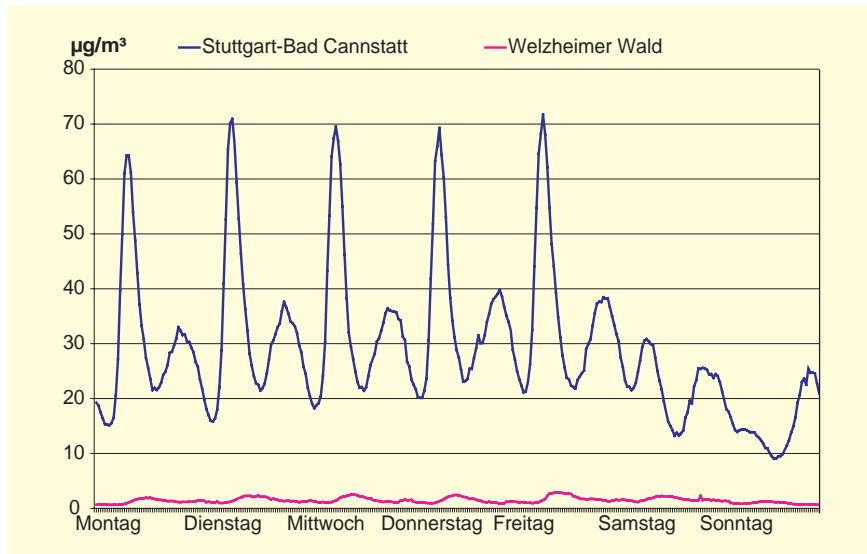


Abb. 10 a: Mittlerer Tages- und Wochengang der Stickstoffmonoxid-Konzentrationen an den Stationen Stuttgart-Bad Cannstatt und Welzheimer Wald 1991-2000 (Quelle: LfU, UMEG)

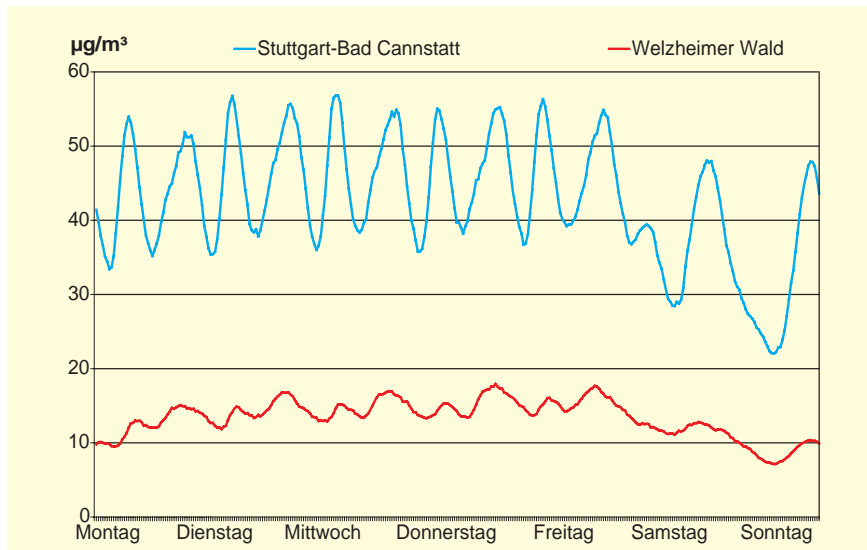


Abb. 10 b: Mittlerer Tages- und Wochengang der Stickstoffdioxid-Konzentrationen an den Stationen Stuttgart-Bad Cannstatt und Welzheimer Wald 1991-2000 (Quelle: LfU, UMEG)

verkehrsbeeinflussten Innenstadtstationen wie z. B. Karlsruhe-Mitte (Abb. 9) und an den Straßenmessstationen erreicht.

Günstiger ist die Situation bezogen auf den Kurzzeitgrenzwert von 200 µg/m³ als Stundenmittel, welcher 2001 nur einmal an einer Station überschritten wurde, 2002 bis zu dreimal an der Straßenstation Karlsruhe. An den übrigen städtischen Stationen trat keine Überschreitung auf.

Die mittleren Wochengänge von Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid (10 Jahresmittel 1991 bis 2000) für eine städtische und ländliche Station zeigen Abb. 10a und 10b.

Besonders der Verlauf von Stickstoffmonoxid als Primäremission (Abb. 10a) gibt im städtischen Umfeld von Stuttgart-Bad Cannstatt das tägliche und wöchentliche Verkehrsaufkommen getreu wieder. Deutlich sind die morgendlichen und abendlichen Verkehrsspitzen sowie der Rückgang am Wochenende, besonders am Sonntagmorgen, zu erkennen. An der ländlichen Hintergrundstation Welzheimer Wald ist die NO-Konzentration sehr viel niedriger, teilweise sogar an der messtechnischen Nachweisgrenze und im Tagesverlauf gedämpfter ohne die städtische Doppelspitze.

Die sekundäre Komponente Stickstoffdioxid (Abb. 10b) zeigt im städti-

schen Raum trotz der werktags noch erkennbaren Doppelspitze einen viel weniger ausgeformten Tagesgang. Auch die Unterschiede zwischen Wochenende und Werktag sind geringer als bei der Komponente NO. Beides ist eine Folge der zeitlich verzögerten luftchemischen Umwandlung von NO zu NO₂. Dies erklärt auch die an der Hintergrundstation noch vorhandenen merklichen Konzentrationen von rund einem Drittel der städtischen und den fast nicht mehr vorhandenen Tagesgang. Auffällig ist die Zunahme der NO₂-Konzentration an den Werktagen von Montag auf Freitag und die dann erkennbare Wochenendabsenkung.

2.4.3 Distickstoffmonoxid (Lachgas)-Emission

Distickstoffmonoxid (N₂O) entsteht beim mikrobiellen Abbau von Stickstoffverbindungen (z.B. Nitrat aus Mineraldünger) im Boden bzw. in Gewässern. Auch der Verkehr ist an der Entstehung von N₂O beteiligt, es entsteht als Nebenprodukt bei der Entstickung der Autoabgase im geregelten Katalysator.

Wegen der intensiven Nutzung sind in Baden-Württemberg Ackerland (40 %) und Grünland (26 %) die wesentlichen Emittenten von Distickstoffmonoxid. Die Rinderhaltung und der Verkehr sind mit 8 bzw. 6 % an den Gesamtemissionen (33 800 t in 2000) beteiligt (Abb. 11).

2.5 Nitratdeposition

Nitrat (NO₃) entsteht durch die Oxidation von Stickstoffdioxid bzw. Stickstoffoxid, das bei Verbrennungsprozessen (Industrie, Verkehr), Bodenemissionen oder durch elektrische Entladung freigesetzt wird.

Durch die hohe Verweildauer – mehrere Tage – des Nitrats in der Atmosphäre kann eine großräumige Verteilung auch in Emittenten fernen Regionen stattfinden. Über den Regen (nasse Deposition) gelangt das Nitrat in die Böden, Gewässer und Pflanzen. Diese Nitratdeposition führt zu einem zusätzlichen Nährstoffeintrag und verursacht neben der Sulfatdeposi-

tion eine Versauerung der Böden und Gewässer.

Die Ergebnisse der Nitratdeposition zeigen, dass in den regenreichen Hochlagen des Schwarzwalds die höchsten Nitratreinträge von Baden-Württemberg zu verzeichnen sind (Abb. 12). Der Schwarzwald als Reinluftgebiet und versauerungsgefährdeter Standort ist somit deutlich erhöhten Nitrat- und Sulfateinträgen ausgesetzt.

Die übrigen ländlichen Gebiete sowie die Städte Mannheim und Karlsruhe lassen keine Unterschiede in ihrer Nitratbelastung erkennen. Auffallend ist, dass, im Gegensatz zu Sulfat, in den ländlichen Gebieten wie auch in den Städten Karlsruhe und Mannheim keine signifikante Abnahme der Nitratdeposition erkennbar ist (Abb. 13). Dies bedeutet, dass die bisherigen Maßnahmen zur Minderung der Stickstoff-Emissionen nicht ausreichen, um die Nitratdeposition zu reduzieren.

2.6 Organische Verbindungen

Unter dem Oberbegriff Organische Verbindungen (englische Abkürzung: Volatile Organic Compounds - VOC) ist eine Vielzahl unterschiedlicher Stoffarten flüchtiger organischer Verbindungen zusammengefasst, die sich sowohl in ihrer Wirkung auf den Menschen als auch in ihrem Verhalten in der Umwelt stark unterscheiden. Einzelne organische Stoffe haben besonders schädigende Wirkung auf Menschen, Tiere und Pflanzen. Beispiele hierfür sind Benzol, polyzyklische Aromate, Dioxine und Furane. Viele organische Verbindungen sind leicht flüchtig und gelangen deshalb rasch in die Umwelt, wo sie untereinander reagieren und auch in die chemischen Reaktionen anderer Luftverunreinigungen eingreifen können, zum Beispiel bei der Ozonbildung. Andere Stoffe schwächen die stratosphärische Ozonschicht, so dass verstärkt UV-Strahlung auf die Erdoberfläche trifft.

Bestimmte organische Verbindungen haben Einfluss auf den globalen Zustand der Atmosphäre, indem sie

in den Strahlungshaushalt der Erde eingreifen und so den Treibhauseffekt verstärken. So ist zum Beispiel Methan neben Kohlendioxid hauptverantwortlich für die Verstärkung des Treibhauseffektes. Aus diesem Grund wird bei Darstellungen der VOC-Emissionen im allgemeinen zwischen Methan- und Nicht-Methan-VOC (NMVOC, Non-Methane Volatile Organic Compounds) unterschieden.

2.6.1 NMVOC-Emissionen

Die NMVOC-Emissionen betragen 2000 in Baden-Württemberg 232 700 Tonnen. Hauptverursacher der NMVOC-Emissionen sind die sonstigen nicht gefassten Quellen mit einem Anteil von 32 % und die bi-

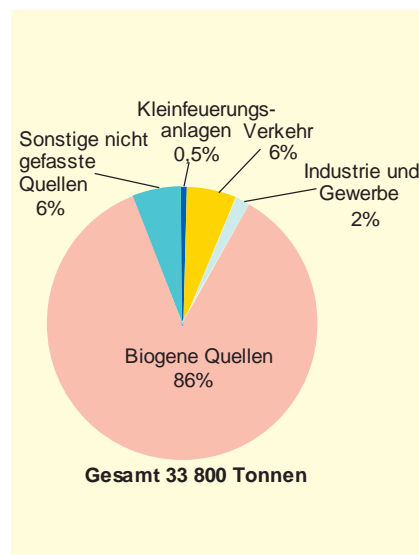


Abb. 11: Distickstoffmonoxid-Emissionen in Baden-Württemberg 2000

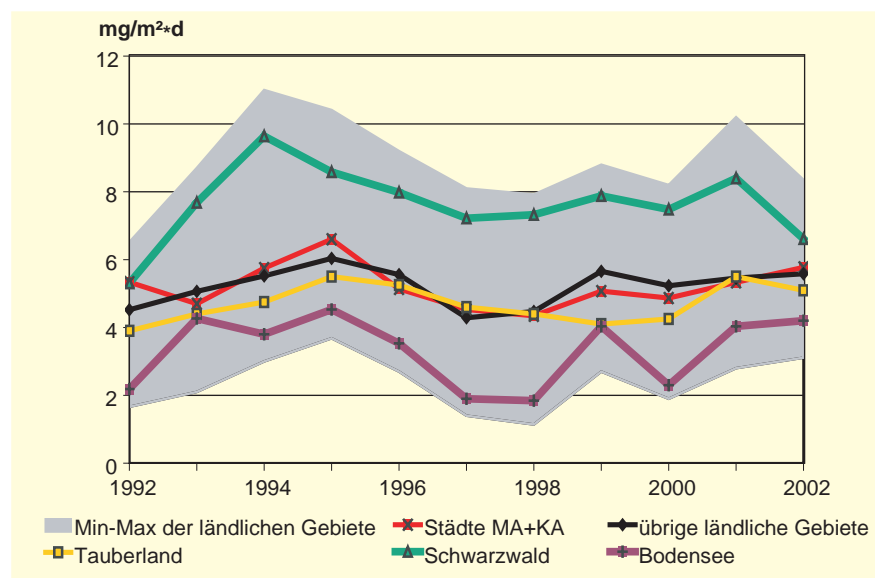


Abb. 12: Nitratdeposition in Baden-Württemberg (Quellen: LfU, UMEG)

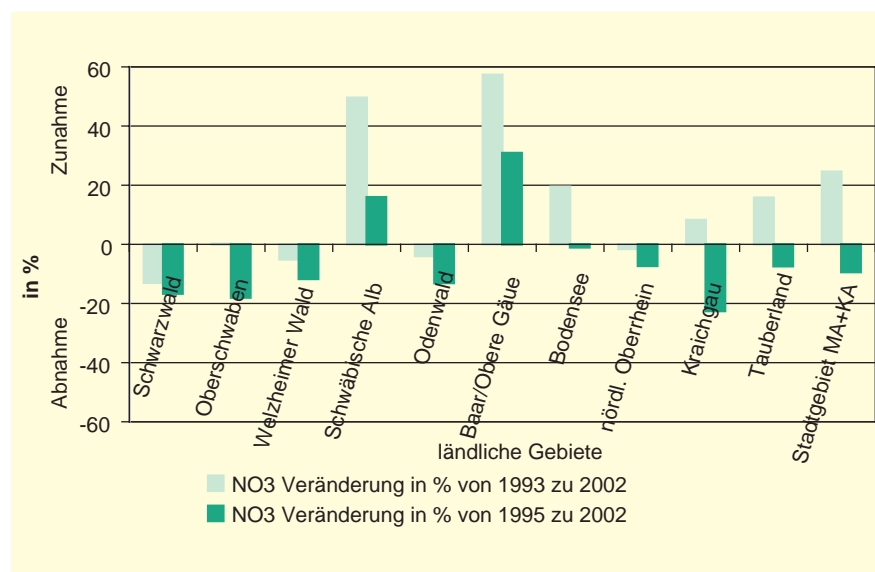


Abb. 13: Prozentuale Veränderung der Nitrat-(NO₃)-Einträge in Baden-Württemberg von 1993/1995 zu 2002 (Quelle: LfU, UMEG, 2003)

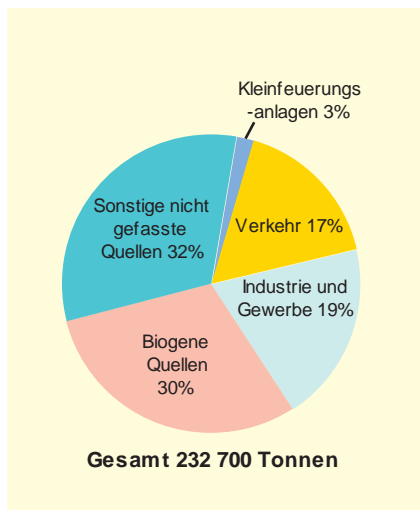


Abb. 14: NMVOC-Emissionen in Baden-Württemberg 1998 (Quelle: UMEG)

ogenen Quellen mit einem Anteil von 30 %. Die industriellen und gewerblichen Quellen tragen mit einem Anteil von 19 % zu den NMVOC-Emissionen bei, der Anteil des Verkehrs liegt bei 17 %. Wesentlich geringer ist der Anteil der Kleinf Feuerungsanlagen mit 3 % (Abb. 14).

Die NMVOC-Emissionen des Verkehrs werden zu knapp drei Viertel durch die Abgasemissionen und zu etwa einem Viertel durch die Verdunstungs-emissionen bestimmt. Innerhalb der biogenen Quellen sind vor allem die Wälder für die NMVOC-Emissionen verantwortlich. Bei den sonstigen nicht gefassten Quellen tragen der

Einsatz von Produkten mit organischen Lösemitteln (zum Beispiel bei Anwendung von Reinigungsmitteln, Klebstoffen, Lacken usw. im Haushalt) sowie Geräte und Maschinen wesentlich zu den NMVOC-Emissionen bei. Im Rahmen der Quellengruppe Industrie und Gewerbe ist die Quelle Gewerbe zu etwa zwei Drittel für die NMVOC-Emissionen verantwortlich. Die Emissionen entstehen hier vor allem beim Umgang mit Reinigungsmitteln, Lacken, Druckfarben und Kraftstoffen.

Die NMVOC-Emissionen gingen in Baden-Württemberg von 1994 bis 2000 um 19 % von 287 300 Tonnen auf 232 700 Tonnen zurück (Abb. 15).

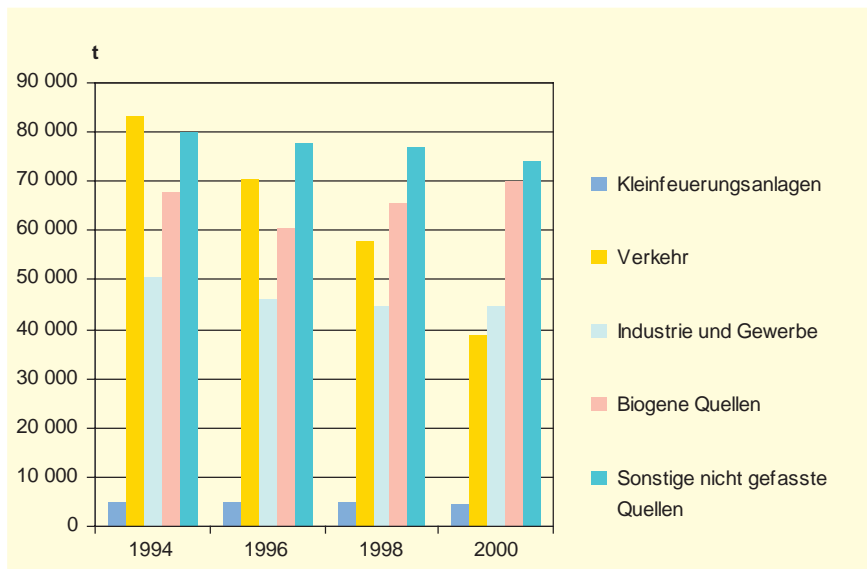


Abb. 15: NMVOC-Emissionen ausgewählter Quellengruppen in Baden-Württemberg (Quelle: UMEG)

Die Emissionsminderung beim Straßenverkehr von 1994 bis 2000 um 57% wurde vor allem durch das fortschreitende Anwachsen des Kraftfahrzeug-Bestandes mit geregelter Katalysator erreicht.

Zukünftig wird ein weiterer Rückgang der NMVOC-Emissionen erwartet. Wie bei den Stickstoffoxiden wird auch hier der Straßenverkehr den größten Einfluss haben. Der Rückgang der NMVOC-Emissionen in diesem Bereich ist auf die weitere Durchdringung der Fahrzeugflotte mit Kraftfahrzeugen zurückzuführen, die den Abgasgrenzwerten Euro 4 entsprechen. Bei der Quellengruppe Industrie und Gewerbe ist ein Rückgang der NMVOC-Emissionen insbesondere im Bereich der Lösemittelanwendungen im gewerblichen Bereich zu erwarten. Relativ gesehen ist auch der Rückgang der NMVOC-Emissionen bei den Kleinf Feuerungsanlagen von Bedeutung, absolut betrachtet bedeutet dies allerdings lediglich eine geringe Minderung.

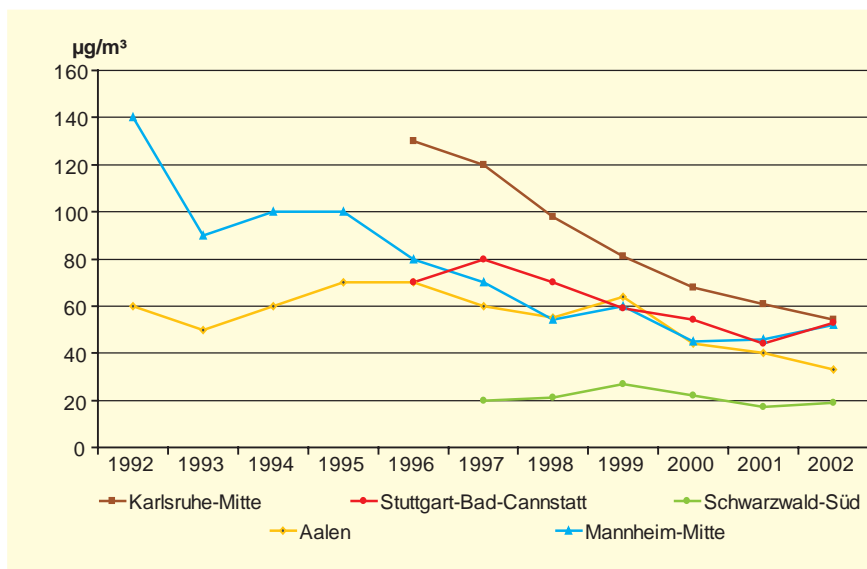


Abb. 16: NMVOC-Konzentrationen (Jahresmittelwerte) an den Luftmessstationen Aalen, Karlsruhe-Mitte, Mannheim-Mitte, Stuttgart-Bad Cannstatt und Schwarzwald-Süd von 1992 (bzw. seit Messbeginn) bis 2002 (Quellen: LfU, UMEG)

2.6.2 NMVOC-Immissionen

Die NMVOC-Immissionen werden überwiegend an den verkehrsbeeinflussten und städtischen Luftmessstationen in den Ballungsgebieten des Landes sowie an den Hintergrundstationen gemessen. Da Methan mit einem natürlichen Hintergrundpegel von rund 1300 µg/m³ in der Luft vorhanden ist und die NMVOC-Kon-

zentrationen nur einige zehn $\mu\text{g}/\text{m}^3$ betragen, gäbe eine Gesamtmessung aller VOC im Wesentlichen die Methankonzentration wieder. Weiterhin ist Methan in den vorhandenen atmosphärischen Konzentrationen kein Gefahr- oder Schadgas, seine Bedeutung liegt ähnlich wie bei Kohlendioxid in der Treibhauswirkung.

Die höchsten Jahresmittelwerte werden an den verkehrsbeeinflussten städtischen Luftmessstationen gemessen, die niedrigsten NMVOC-Konzentrationen erwartungsgemäß an den emittentfernen Hintergrundmessstationen.

Die zeitliche Entwicklung der NMVOC-Konzentrationen stellt Abb. 16 an Hand ausgewählter Luftmessstationen dar. Bei den Jahresmittelwerten ist an den verkehrsbeeinflussten Luftmessstationen Karlsruhe-Mitte und Mannheim-Mitte in den vergangenen 10 Jahren ein starker Rückgang zu beobachten, der auf die stetige Zunahme an schadstoffarmen Kraftfahrzeugen zurückzuführen ist und parallel zum Rückgang der CO-Emissionen an diesen Stationen erfolgte. Damit sind die Unterschiede zwischen städtischen und ländlichen Stationen sehr viel geringer geworden.

2.6.3 Methan-Emissionen

Methan entsteht bei der anaeroben Vergärung organischer Materialien, im Jahr 2000 wurden in Baden-Württemberg ca. 254.000 Tonnen emittiert.

Mit 44 % ist die Landwirtschaft der größte Emittent, wobei die Rinderhaltung alleine einen Anteil von 37 % an den Gesamtemissionen hat (Abb. 17). Abfalldeponien (24 %) und Altablagerungen (20 %) sind die nächsten wichtigen Quellen für Methan-Emissionen. Dagegen sind die Emissionen bei der Erdgasverteilung (ca. 10 600 t) mit 4% vergleichsweise gering.

2.7 Ozon

Ozon kommt als natürliches Spurengas in der Atmosphäre vor. Es wird in der Stratosphäre in 20 bis 50 km Höhe über der Erdoberfläche durch Sonnenlicht gebildet und schützt als Ozonschicht die Menschen, Tiere und Pflanzen vor der harten UV-Strahlung der Sonne. Die Ozonkonzentrationen betragen in dieser Schicht ein Vielfaches gegenüber den Mengen in den unteren Luftschichten.

Bei Wetterlagen mit starken vertikalen Luftbewegungen gelangt das Ozon bis in die bodennahe Atmosphäre. Aufgrund dieser Austauschprozesse werden dort natürliche mittlere Konzentrationen von 20-30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht, in den Frühjahrs- und Herbstmonaten bei starken Stürmen sogar Konzentrationen von bis zu 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Im Gegensatz zu anderen Luftverunreinigungen gibt es keine direkten künstlichen Emissionen von Ozon. In der bodennahen Atmosphäre ist Ozon eine sekundäre Luftverunreinigung. Die erhöhten Ozonkonzentrationen im Sommer beruhen auf der zusätzlichen Bildung aus Vorläuferstoffen, im Wesentlichen Stickstoffoxiden (NO_x) und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC).

Voraussetzung hierfür ist eine intensive Sonneneinstrahlung, welche zu photochemischen Reaktionen zwischen den vorhandenen Substanzen führt. Dabei entsteht eine ganze Reihe neuer, zum Teil sehr kurzlebiger Luftverunreinigungen, von denen aber Ozon aufgrund seiner Konzentration, seiner Lebensdauer wie auch seiner Wirkung die wichtigste Einzelkomponente ist und deshalb als Leitsubstanz angesehen wird. Das entstehende Gemisch der Luftverunreinigungen wird als PhotoSmog, auch „SommerSmog“, bezeichnet. Für hohe Ozonkonzentrationen müssen daher folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- NO_x und VOC in genügenden Konzentrationen,
- eine intensive Sonneneinstrahlung,
- eine mehrere Tage andauernde

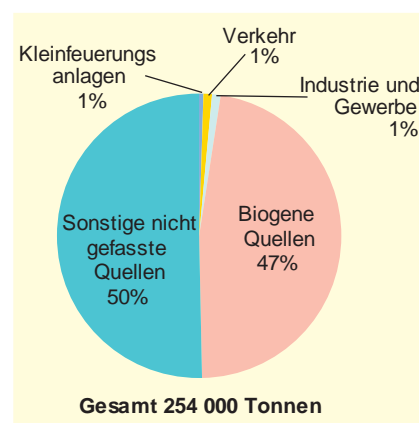


Abb. 17: Methan-Emissionen in Baden-Württemberg 2000

- sommerliche Hochdruckwetterlage mit schwachem Wind,
- hohe Lufttemperaturen.

Die Ozonbildung in den bodennahen Luftschichten wird (neben der künstlichen Emission von NO_x und VOC) zusätzlich durch die Emission natürlicher organischer Verbindungen gefördert, wie sie u. a. Wälder bei hohen Lufttemperaturen in zunehmender Menge freisetzen. Diese biogenen Emissionen spielen bei der sommerlichen Ozonentstehung eine wichtige Rolle und sind erst in den vergangenen Jahren in ihrer Bedeutung für Spitzenbelastungen erkannt worden.

In Bezug auf die menschliche Gesundheit ist Ozon in erster Linie ein starkes Reizgas. Es ist nur mäßig wasserlöslich und dringt daher nach dem Einatmen tief in die Atemwege ein. Hier kann es zur Schädigung der Zellmembran und damit zu entzündlichen Prozessen kommen. Die bekannte Reizwirkung des photochemischen Smogs auf die Augen und die oberen Atemwege kommt jedoch nur zum Teil durch Ozon zustande, sondern eher durch andere Photooxidantien, z.B. Aldehyde, die gut wasserlöslich sind und deshalb unmittelbar auf die Schleimhäute einwirken können. Die individuelle Empfindlichkeit gegenüber Ozon ist unterschiedlich ausgeprägt, Risikogruppen sind schwer zu definieren. Etwa 10 bis 15 % der Bevölkerung reagieren besonders empfindlich auf Ozon. Die Wirkung hängt von der Konzentration, der Expositionsdauer und dem Atemvolumen ab. Letzteres

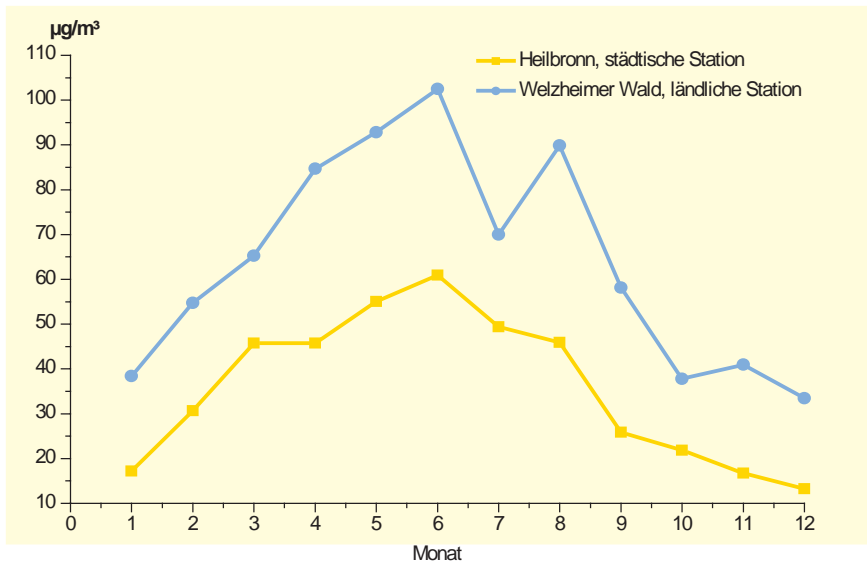


Abb. 18: Jahresgang (Monatsmittelwerte) der Ozon-Konzentrationen an den Luftmessstationen Heilbronn und Welzheimer Wald für das Jahr 2000 (Quellen: LfU, UMEG)

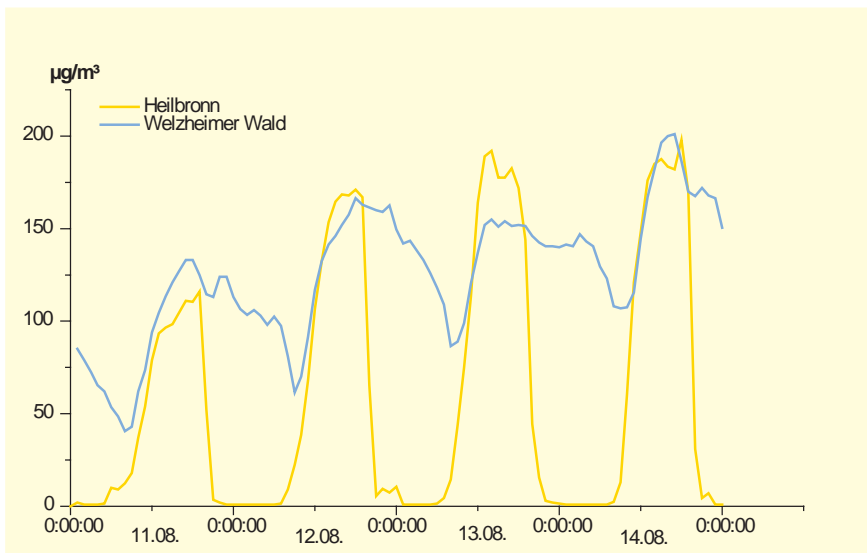


Abb. 19: Tagesgang der Ozon-Konzentrationen am 11.-14. August 2000 an den Luftmessstationen Heilbronn und Welzheimer Wald (Quellen: LfU, UMEG)

steigt mit zunehmender körperlicher Aktivität.

Zur Wirkung auf Pflanzen liegen hauptsächlich Untersuchungen an landwirtschaftlichen Nutzpflanzen und Waldbäumen vor. Neben den sichtbaren Schäden an Blättern werden auch Wachstumseinbußen verursacht. Die sommerliche Ozonbelastung ist auch für Wildpflanzen ein Stressfaktor, der möglicherweise langfristig Veränderungen der heimischen Flora bewirkt.

2.7.1 Ozon-Immissionen

Die örtliche Ozonkonzentration in Stadtgebieten hängt weitgehend vom momentanen Verhältnis der

Konzentrationen von Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid ab. Wenn ständig Stickstoffmonoxid nachgeliefert wird, wie an verkehrsreichen Straßen, bleiben die lokalen Ozonkonzentrationen auch bei starker Sonneneinstrahlung niedrig, da Ozon durch unmittelbare Reaktion mit Stickstoffmonoxid abgebaut wird.

Die wichtigste künstliche regionale Ozonproduktion findet an der dem Wind abgekehrten Seite, im Lee, eines Großstadt- bzw. Ballungsgebietes mit seinen ausgedehnten und starken NO_x - und VOC-Emissionen oder einer großen VOC-emittierenden Anlage statt. Für die Ausbreitung und räumliche Verteilung der Ozonimmissionen ist der Einfluss großräumiger verti-

kaler (Konvektion) und horizontaler Luftaustauschbewegungen von großer Bedeutung. Durch sie entstehen räumlich sehr variable Konzentrationsverteilungen und zeitlich starke Konzentrationsschwankungen.

Im Jahresgang zeigt sich eine starke jahreszeitliche Abhängigkeit der Ozon-Konzentrationen. Abb. 18 zeigt die Jahresgänge, gebildet aus den Monatsmittelwerten, für die Luftmessstationen Heilbronn und Welzheimer Wald. Mit zunehmender Sonneneinstrahlung und steigenden Temperaturen im Frühjahr sind ansteigende Ozon-Konzentrationen zu verzeichnen. Im Gegensatz zu den primären Luftschadstoffen wie z.B. Kohlenmonoxid sind bei Ozon an der höhergelegenen und emittentenerfernen ländlichen Luftmessstation die mittleren Konzentrationen deutlich höher als im Stadtgebiet. Die Ursachen liegen im erwähnten ständigen Abbau von Ozon durch Stickstoffmonoxid und von anderen Luftverunreinigungen in den Stadtgebieten. Besonders im Winter wird dadurch in Stadtgebieten der natürliche Ozonpegel stark reduziert. In den ländlichen Gebieten und Berglagen bleibt der Ozonpegel mit rund $40\text{--}60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dagegen weitgehend erhalten, da dort andere Luftverunreinigungen, welche mit Ozon reagieren könnten, nur in Spuren vorhanden sind. Die gleichen Vorgänge treten auch in Sommernächten auf, weshalb Ozon in der Stadt zusätzlich zum Jahresgang auch eine starke Tagesdynamik aufweist. In Städten gehen die Ozonkonzentrationen nachts fast immer auf Werte nahe Null zurück, um dann im Lauf des Tages zu einem Maximum anzusteigen. Ähnlich wie beim Jahresgang ist auch der Tagesgang in ländlichen Gebieten und auf den Bergen sehr viel ausgeglichener. Der nächtliche Konzentrationsrückgang fehlt fast gänzlich. Aus diesen Gründen ergibt sich dann dort ein deutlich höherer mittlerer Ozonpegel als in den städtischen Gebieten (Abb. 19).

Bei der Belastung durch Ozon sind weniger die mittleren Konzentrationen von gesundheitlichem Interesse als die Überschreitung von bestimmten Schwellenwerten. So benennt

die EU-Richtlinie 2002 über den Ozongehalt der Luft verschiedene Schwellenwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit. Für den Menschen ist der Schwellenwert von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1-Stundenmittelwert) als Informationsschwelle relevant, bei dessen Überschreitung die Bevölkerung über die Medien und Internet zu informieren ist.

Die Entwicklung der Anzahl der Tage mit Überschreitung des Ozon-Informationswertes von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an ausgewählten Luftmessstationen stellt Abb. 20 dar. Gezeigt werden relativ hohe Überschreitungshäufigkeiten vor allem an der hochgelegenen Hintergrundmessstation Schwarzwald-Süd. An den städtischen Stationen ist die Anzahl der Überschreitungen von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich und zeigt ein mehr zufälliges Verhalten. Große Überschreitungshäufigkeiten sind im Wesentlichen meteorologisch bedingt und auf warme und sonnenreiche Sommertage zurückzuführen. An den stark verkehrsbeeinflussten städtischen Luftmessstationen, wie z. B. Karlsruhe-Mitte, treten erwartungsgemäß geringere Überschreitungshäufigkeiten auf, da wie ausgeführt Ozon durch das primär verkehrsbedingte Stickstoffmonoxid abgebaut wird.

Die höheren durchschnittlichen Ozonkonzentrationen an den emittentfernen Hintergrundstationen macht anhand der Jahresmittelwerte auch Abb. 21 deutlich. Die Ozonbelastung an der Hintergrundstation Schwarzwald-Süd ist rund doppelt so hoch wie an den städtischen Luftmessstationen. Insgesamt ist für 1992 bis 2002 eine leichte Zunahme der mittleren Ozon-Konzentrationen an den städtischen Luftmessstationen festzustellen. An der Hintergrundstation Schwarzwald-Süd nehmen die Mittelwerte dagegen ab. Hier wurden die höchsten Ozon-Konzentrationen 1992 und 1997 erreicht. Insgesamt unterliegen sie jedoch starken Schwankungen.

Die seit 1992 im gesamten Messnetz aufgetretenen maximalen Ozonkonzentrationen (1-Stundenmittelwer-

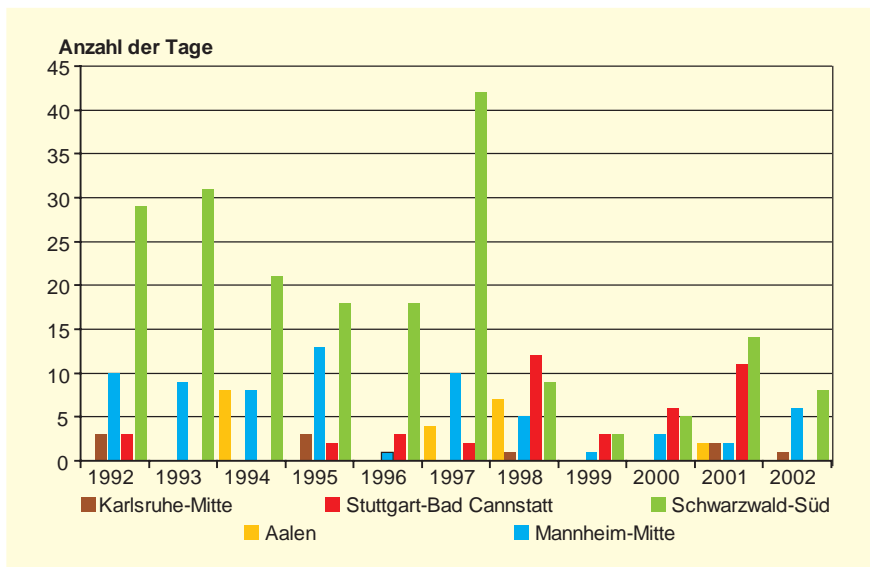


Abb. 20: Anzahl der Tage mit Überschreitungen des Ozon-Schwellenwertes von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1-Stundenmittelwert) an den Luftmessstationen Aalen, Karlsruhe-Mitte, Mannheim-Mitte, Stuttgart-Bad Cannstatt und Schwarzwald-Süd (Quellen: LfU, UMEG)

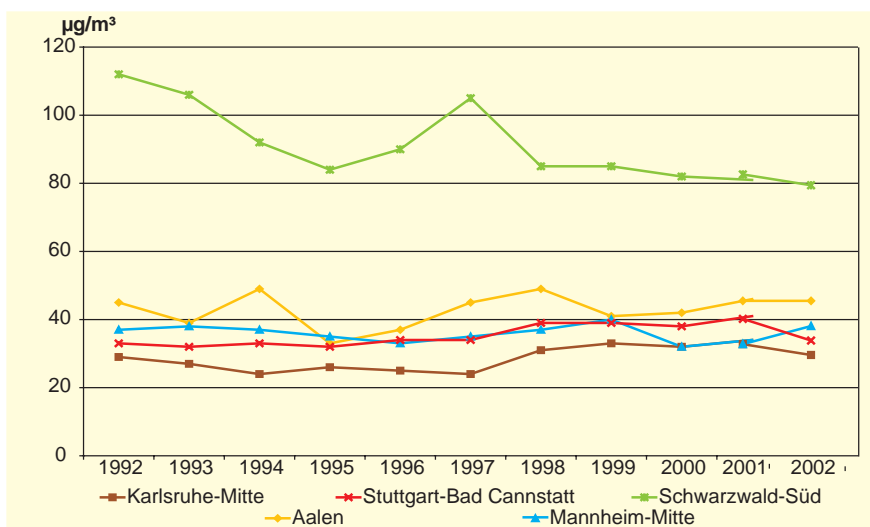


Abb. 21: Ozon-Konzentrationen (Jahresmittelwerte) an den Luftmessstationen Aalen, Karlsruhe-Mitte, Mannheim-Mitte, Stuttgart-Bad Cannstatt und Schwarzwald-Süd (Quellen: LfU, UMEG)

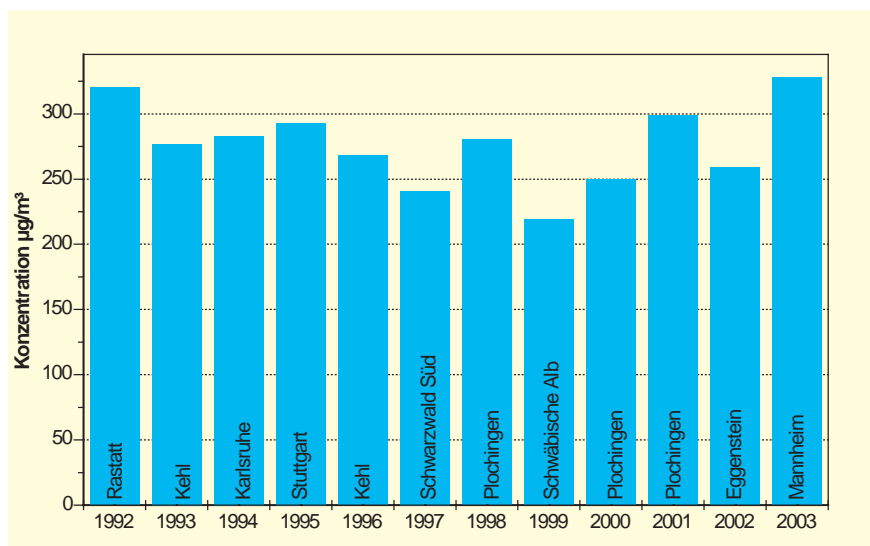


Abb. 22: Ozon-Spitzenkonzentrationen (1-Stundenmittelwerte) in Baden-Württemberg im gesamten Messnetz (Quellen: LfU, UMEG)

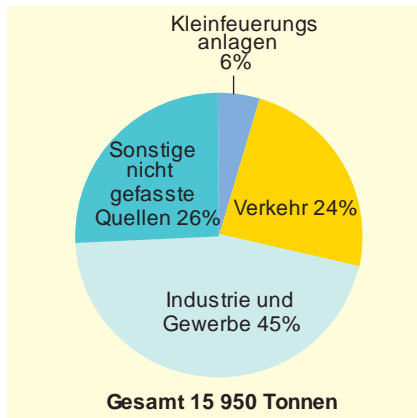


Abb. 23: Gesamt-Staub-Emissionen in Baden-Württemberg 1998 (Quelle: UMEG)

te) stellt Abb. 22 dar. Im Gegensatz zu den Jahresmittelwerten zeigen diese Spitzenkonzentrationen keine eindeutige Tendenz. So wurden abermals während einer Ozonwetterlage 2003 eine Konzentration von 323 µg/m³ gemessen. Die Zeitreihe zeigt, dass die maximalen Ozonwerte stärker durch die sommerliche Witterung geprägt werden. Kühle, regenreiche Sommer weisen niedrigere Ozonmissionen auf, trockene heiße dagegen höhere.

2.8 Staub

Die in der Atmosphäre vorkommenden festen Teilchen (Partikel) werden als Staub bezeichnet. Dabei wird zwischen groben Staubpartikeln und feinen Staubpartikeln, dem Schwebstaub, unterschieden. Die groben Staubpartikel setzen sich aufgrund ihres Gewichtes rasch ab, das

heißt, sie werden in der Luft nur über kurze Strecken transportiert. Die feinen Staubpartikel, der Schwebstaub, sind so leicht, dass sie wegen ihrer geringen Sinkgeschwindigkeit über größere Entfernungen verfrachtet werden können.

Die Zusammensetzung der Stäube verändert sich ständig während ihrer oft langen Verweilzeit in der Atmosphäre. So vermischen sich Stäube aus anthropogenen Quellen (Industrie, Gewerbe, Hausbrand, Verkehr) mit natürlichen Stäuben wie Pflanzenpollen oder Sand, die vom Wind aufgewirbelt und fortgetragen werden.

Gasförmige Luftverunreinigungen können an Staubkörnern adsorbiert oder in feste oder flüssige Reaktionsprodukte (Aerosole) umgewandelt werden. Man bezeichnet die aus der Gasphase entstandenen Aerosole deshalb als sekundäre Aerosole oder Stäube, im Gegensatz zu den unmittelbar emittierten Partikeln. Diese sekundären Stäube machen bei manchen Wettersituationen und hohen Konzentrationen gasförmiger Luftverunreinigungen einen bedeutenden Anteil an der Gesamtstaubmenge in der Luft aus.

Je kleiner die Staubpartikel sind, umso tiefer können sie in den Atemtrakt gelangen. Partikel mit 10 µm Größe werden zu etwa 50 % im Tracheobronchialbereich, das heißt in der Luftröhre und den Bronchien,

abgelagert. Mit weiter abnehmender Größe der Partikel nimmt der bis in den Bronchialbereich (Alveolen) gelangende Anteil zu. Sehr kleine Partikel, < 0,05 µm, pendeln mit dem Luftstrom in den Atemwegen und können auch wieder ausgeatmet werden, ohne sich im Atemtrakt abzulagern. Toxikologische und epidemiologische Untersuchungen der vergangenen Jahre haben gezeigt, dass vor allem kleine und sehr kleine Staubpartikel von besonderer gesundheitlicher Relevanz sind.

2.8.1 Staub-Emissionen

Die Staub-Emissionen betragen 2000 insgesamt 15 950 t. Für diese ist mit 45 % überwiegend die Quellengruppe Industrie und Gewerbe verantwortlich, gefolgt von den sonstigen nicht gefassten Quellen mit 26 %, der Quellengruppe Verkehr mit 24 % und den Kleinf Feuerungsanlagen mit 6 % (Abb. 23).

Innerhalb der Quellengruppe Industrie und Gewerbe werden insbesondere Gesteinsstäube, Stäube aus Verbrennungsprozessen sowie Stäube aus der Holzbe- und Holzverarbeitung freigesetzt. Für die Gesamtstaub-Emissionen der Quellengruppe Verkehr (Partikelemissionen ohne Reifen- und Bremsenabrieb) sind mit einem Anteil von 36 % die Pkw und die schweren Nutzfahrzeuge mit 45 % verantwortlich. Die Staub-Emissionen der sonstigen nicht gefassten Quellen werden durch Geräte der Land- und Forstwirtschaft sowie durch Baumaschinen verursacht. Bei

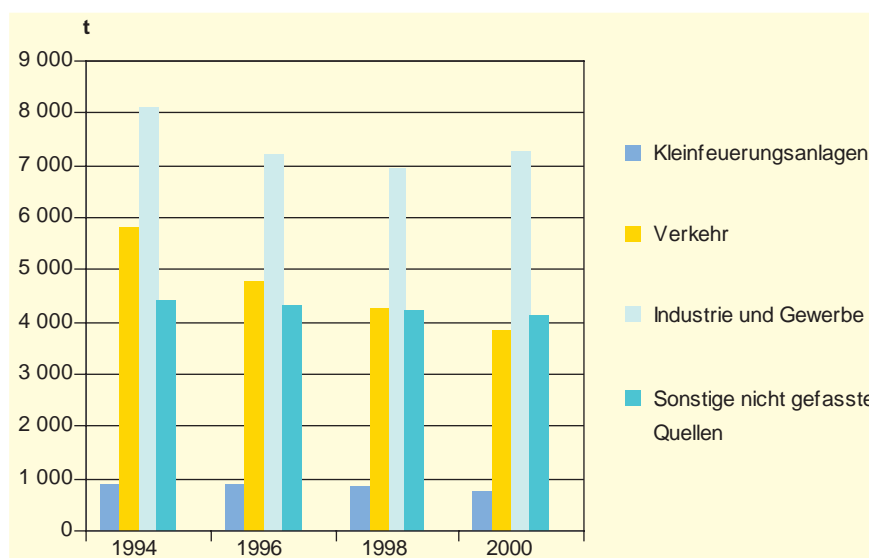


Abb. 24: Staub-Emissionen ausgewählter Quellengruppen in Baden-Württemberg (Quelle: LfU, UMEG)

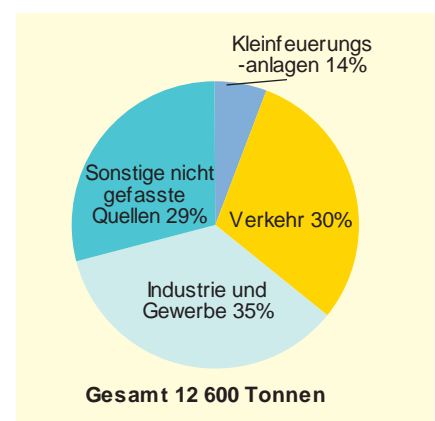


Abb. 25: PM₁₀-Feinstaub-Emissionen in Baden-Württemberg 1998 (Quellen: LfU, UMEG)

den Kleinf Feuerungsanlagen sind die Festbrennstoffe für die Emission der Stäube maßgeblich.

Es ist gelungen, die Staub-Emissionen in Baden-Württemberg von 1994 bis 2000 um 17 % von 19 240 auf 15 950 t zu reduzieren (Abb. 24).

Zukünftig ist bei den Staub-Emissionen mit einem weiteren Rückgang zu rechnen. Dazu trägt vor allem der Straßenverkehr innerhalb der Quellengruppe Verkehr bei. Bei den Quellengruppen Industrie und Gewerbe sowie Kleinf Feuerungsanlagen ist mit keiner bedeutenden Verringerung der Staub-Emissionen mehr zu rechnen.

PM₁₀-Feinstaubanteil im Gesamtstaub

Die PM₁₀-Feinstaubfraktion (Staubpartikel mit mittleren aerodynamischen Durchmessern von weniger als 10 µm) wurde für jede Quellengruppe getrennt aus den jeweiligen Gesamtstaubemissionen berechnet. Die PM₁₀-Feinstaubemissionen differenziert nach den einzelnen Quellengruppen macht Abb. 25 deutlich.

Die PM₁₀-Feinstaub-Emissionen werden mit Anteilen von 35 % von der Quellengruppe Industrie und Gewerbe und von 30 % von der Quellengruppe Verkehr bestimmt, der Anteil der sonstigen nicht gefassten Quellen beträgt 29 %.

Bei Verkehr, den Kleinf Feuerungsanlagen und bei den Sonstigen nicht gefassten Quellen sind die Anteile der PM₁₀-Emissionen mit 90 % am Gesamtstaub höher als bei den Gruppen Industrie und Gewerbe. Beim Straßenverkehr konnte durch Verbesserungen, insbesondere bei Dieselmotoren, zwischen 1994 und 2000 ein Rückgang der Feinstaubemissionen um 34,2 % beobachtet werden (Abb. 26).

2.8.2 Staub-Immissionen

Beim Schwebstaub, der schon seit dreißig Jahren messtechnisch überwacht wird, wurden aufgrund sich ändernder gesetzlicher Vorgaben und messtechnischer Möglichkeiten unterschiedliche Verfahren eingesetzt. Da keine homogenen Messreihen über einen längeren Zeitraum zur Verfügung stehen, sind gesicherte Trendaussagen zur Entwicklung nicht möglich. Die Messverfahren wurden 1999 von Gesamtschwebstaub (TSP) auf die Feinstaubfraktion (PM₁₀) umgestellt, bedingt durch die sich abzeichnenden einheitlichen Vorgaben der Europäischen Union und der kommenden 22. BImSchV (Tab. 4). Gesamtschwebstaub wird seit 1999 nur noch an wenigen Stationen, unter anderem Schwarzwald-Süd und Stuttgart-Bad Cannstatt, erfasst. Daher kann die Zeitreihe nur noch für diese Stationen fortgeschrieben werden (Abb. 27). Auffällig sind die star-

ken jährlichen Unterschiede, die sich an allen untersuchten Stationen zeigen, und der insgesamt abnehmende Trend der Gesamtstaubbelastung.

Die für 2001 und 2002 nach einheitlichen messtechnischen Kriterien vorliegenden Schwebstaub-PM₁₀-Werte zeigen, dass nicht der Jahresmittelwert die kritische Bezugsgröße ist, sondern einzelne Episoden und die Häufigkeit der Überschreitung des Tagesgrenzwertes.

Im Jahr 2001 wurde der höchste Jahresmittelwert an der Station Stuttgart-Straße mit 35 µg/m³ und an den nicht im Straßenraum liegenden allgemeinen Stationen in Heidelberg und Stuttgart-Zuffenhausen mit 29 µg/m³ gemessen (Abb. 28). An den städtischen Stationen, selbst in den großen Ballungsgebieten, lag die mittlere Jahresbelastung im Bereich von 20 bis 29 µg/m³, in den mittleren Städten auch darunter. Im Jahr 2002

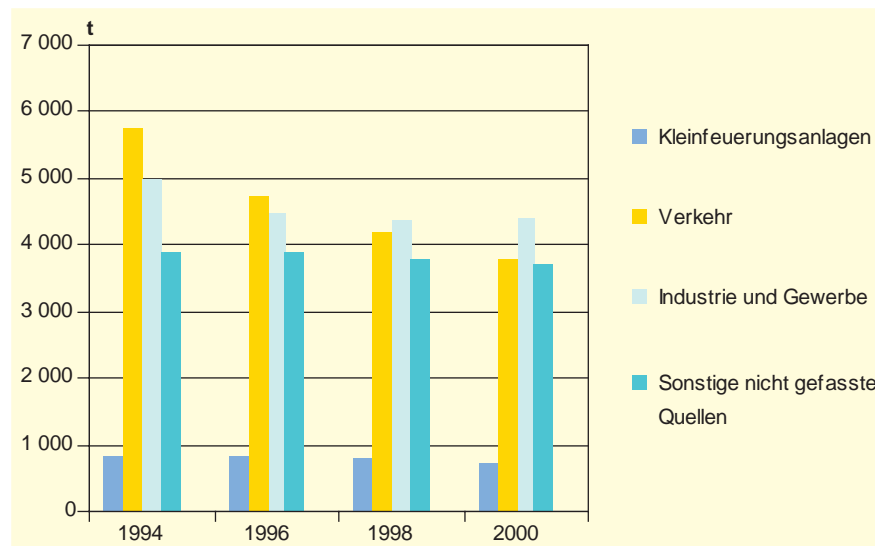


Abb. 26: PM₁₀-Feinstaub-Emissionen ausgewählter Quellengruppen in Baden-Württemberg (Quellen: LfU, UMEG)

Schutzgut	Mittelungszeitraum	Grenzwert µg/m ³	Bemerkungen	Datum, bis zu dem der Grenzwert zu erreichen ist
menschliche Gesundheit	24 Stunden	50	Grenzwert darf nicht öfter als 35mal im Jahr überschritten werden	1. Januar 2005
menschliche Gesundheit	Kalenderjahr	40		1. Januar 2005

Tab. 4: Grenzwerte für Partikel (PM₁₀) in der Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – 22. BImSchV

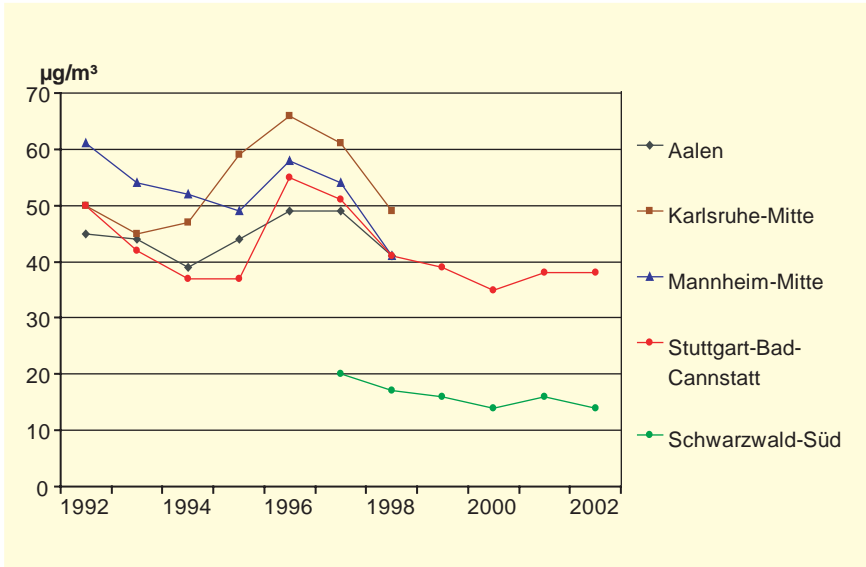


Abb. 27: Jahresmittel der Gesamtschwebstaub-Konzentrationen (TSP) an den Luftmessstationen Aalen, Karlsruhe-Mitte, Stuttgart-Bad Cannstatt und Schwarzwald-Süd (Quellen: LfU, UMEG)

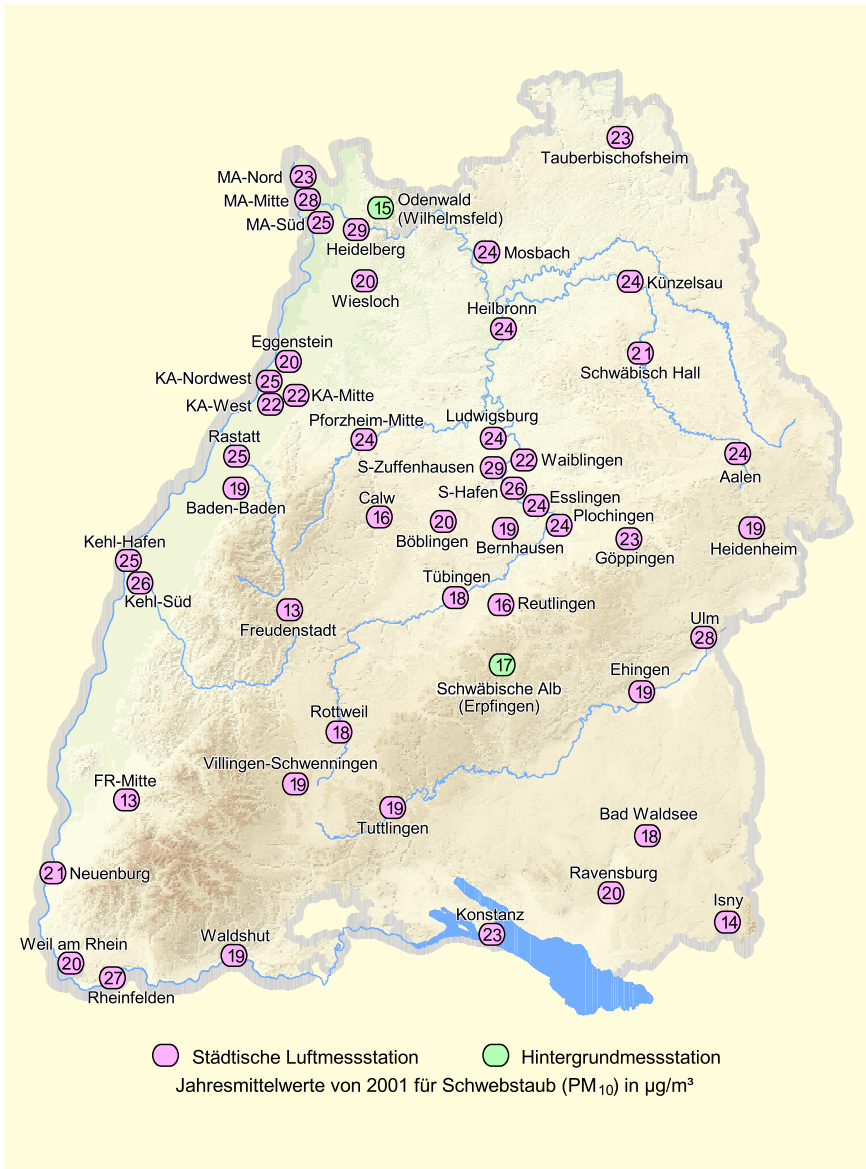


Abb. 28: Schwebstaub-Konzentrationen (Jahresmittelwerte 2001) an den Luftmessstationen in Baden-Württemberg mit kontinuierlicher Messung (Quellen: LfU, UMEG)

lauten die entsprechenden Werte für Stuttgart-Straße 37 µg/m³ und Stuttgart-Bad Cannstatt 34 µg/m³ im Jahresmittel.

Während 2001 der Tageswert von 50 µg/m³ nur an maximal 25 Tagen an der Station Mannheim-Mitte überschritten wurde, ergaben sich 2002 sehr viel häufiger Überschreitungen mit bis zu 41 Tagen in Stuttgart-Bad Cannstatt (Abb. 29). Auslöser hierfür waren eine andauernde Stagnationswetterlage im Januar 2002 und Staubferntransporte im August 2002.

Beispielhaft für den Konzentrationsverlauf während der winterlichen Inversionslage gibt Abb. 30 die Tagesmittelwerte der Station Mannheim-Süd wieder. Schon im Januar wurde an 14 Tagen der Grenzwert von 50 µg/m³ überschritten oder erreicht, dabei an 9 Tagen in ununterbrochener Folge. Aufgrund einer lang andauernden schwachen Luftbewegung und einer starken Temperaturinversion im Rheingraben und Mittleren Neckarraum handelt es sich eindeutig um eine selbst verursachte Situation mit hoher regionaler Luftverunreinigung.

Eine weitere Schwierigkeit für Trendaussagen besteht auch darin, dass sich zwischen den natürlichen und den vom Menschen verursachten Anteilen des Schwebstaubgehaltes der Luft nicht immer eindeutig unterscheiden lässt. Meteorologische Bedingungen sowie die Lage und Umgebung der Luftmessstationen beeinflussen die Messergebnisse. Lang anhaltende trockene Wetterperioden mit intensiver Luftbewegung erhöhen den natürlichen Staubgehalt der Luft. Ebenso kann die Baum- und Gräserblüte auch eine erhöhte lokale Staubbelastung hervorrufen. Hinzu kommt, dass, z.B. aus Waldbränden, Feinstaub mehrere Tage in der Atmosphäre verweilen und über große Entfernungen transportiert werden kann (Abb. 31).

Auch Ferntransporte aus der Sahara treten gelegentlich auf und führen dann zu einem gelb-rötlichen Staubb-niederschlag.

2.8.3 Staubdeposition

Stäube entstehen bei Verbrennungsprozessen oder werden von Blütenstaub, Bodenabrieb (Erosion) oder Wüstensand gebildet. Die sich ablagernden Staubmengen und ihre langfristige Entwicklung werden mittels Depositionsuntersuchungen erfasst und dokumentiert.

Bei der Entwicklung der Staubdeposition in den Stadtgebieten Karlsruhe und Mannheim scheint es, dass die Sanierungsmaßnahmen bei den Industrie- und Heizungsanlagen eine Minderung der Staubfreisetzung bewirkt haben. Die Belastungssituation in den Städten ist vergleichbar mit den Staubbiederschlägen in den ländlichen Gebieten.

Bei den untersuchten ländlichen Gebieten fällt die deutlich geringere Staubbelastung in der Region Odenwald/Taubertal auf. Hier werden die geringsten Regenereignisse von Baden-Württemberg gemessen. Dies bedeutet eine geringe Auswaschung von in der Atmosphäre enthaltenen Stäuben. Bei den ländlichen Gebieten lassen sich keine Veränderungen oder Tendenzen feststellen (Abb. 32).

Weiterhin ist nicht erkennbar, inwieweit die Staubdeposition mehr aus anthropogenen Emissionen stammt oder natürlichen Ursprungs ist.

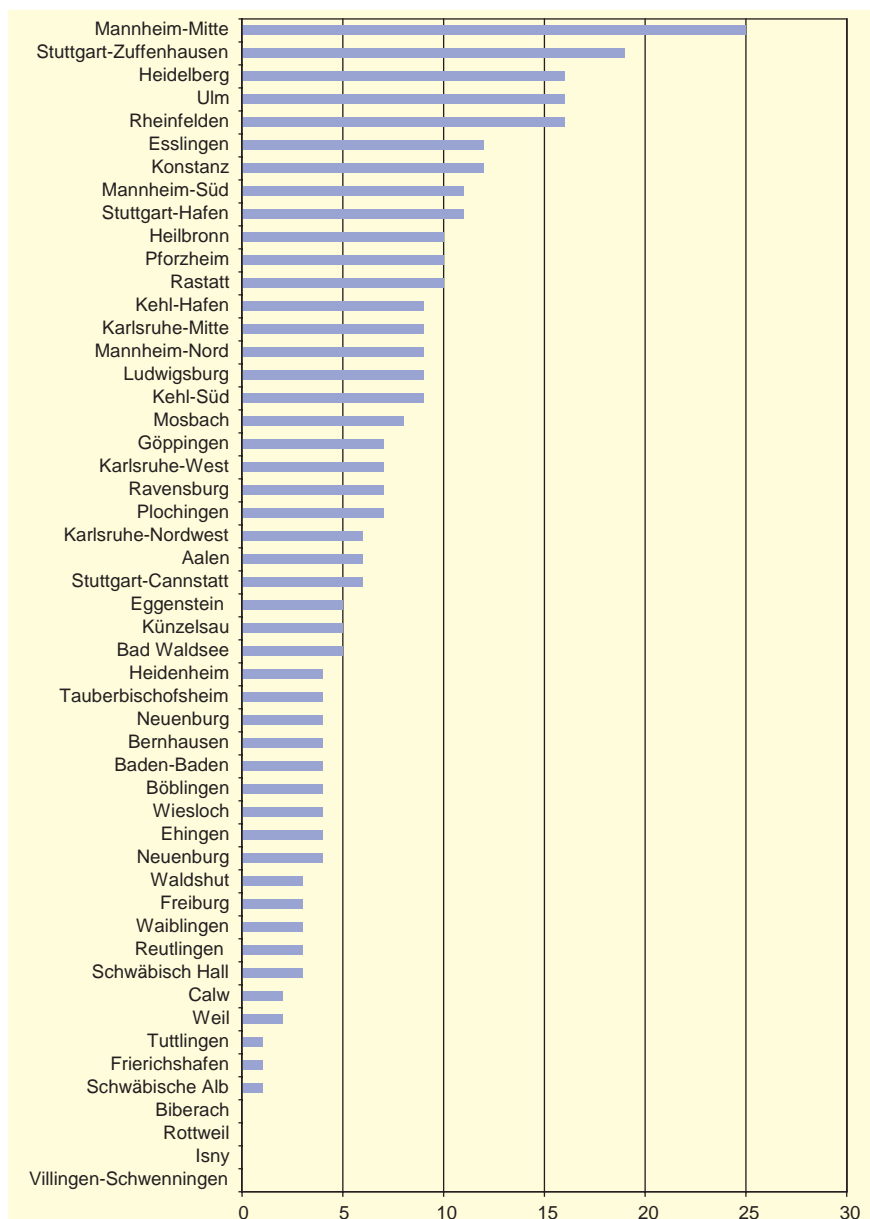


Abb. 29: Häufigkeit der Überschreitung von Tagesmitteln der Schwebstaubkonzentrationen >50 µg/m³ an den Luftmessstationen 2001 und 2002 (Quelle: LfU, UMEG)

2.9 Krebs erzeugende Luftschadstoffe

Luftqualitätsstandards für Krebs erzeugende Luftschadstoffe lassen sich schwerlich festlegen, denn es kann keine toxikologisch vertretbare Schwellendosis angegeben werden, deren Unterschreiten gesundheitlich unbedenklich wäre. Bereits geringste Mengen eines Krebs erzeugenden Stoffes können Erkrankungen auslösen. Eine Möglichkeit, die Krebs erzeugende Wirkung von Luftverunreinigungen zu beschreiben, ist, ein vertretbares Risiko für die Bevölkerung festzulegen, an Krebs zu erkranken. Der Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) hat auf der Grundlage der in Deutschland vorliegenden Emissions- und Immis-

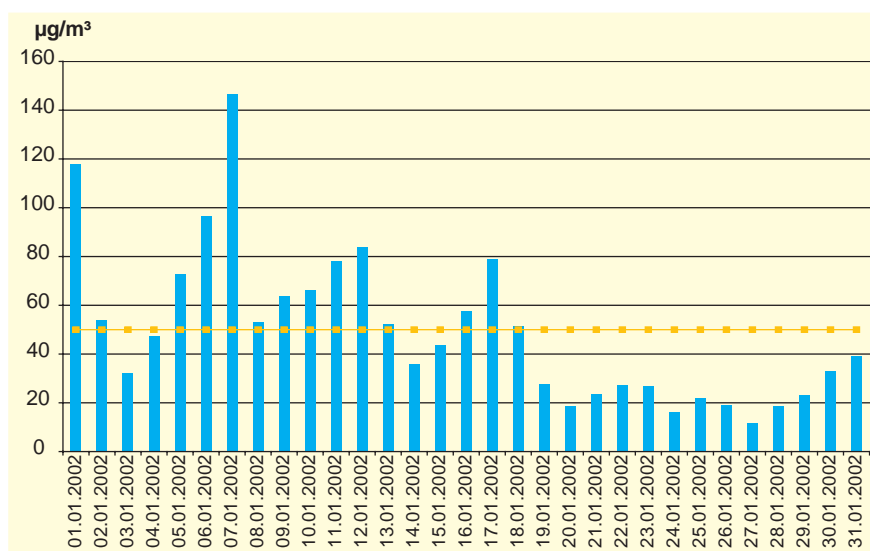


Abb. 30: Verlauf der Tagesmittel der Schwebstaubkonzentrationen an der Station Mannheim-Süd im Januar 2002 (Quelle LfU, UMEG)

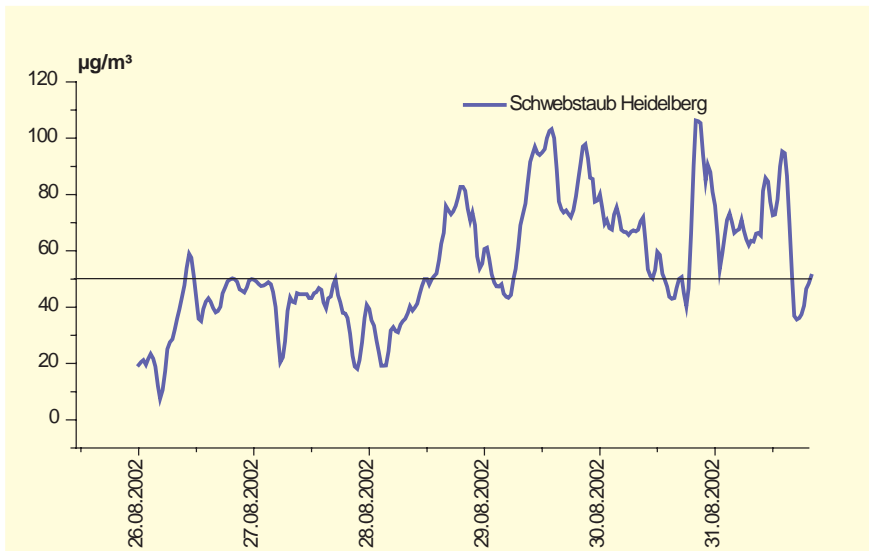


Abb. 31: Auswirkungen der Wald- und Moorbrände in Russland auf die Schwebstaubkonzentrationen an der Station Heidelberg mit einem starken Konzentrationsanstieg vom 29.8. bis 31.8.2002 (Quelle: LfU, UMEG)

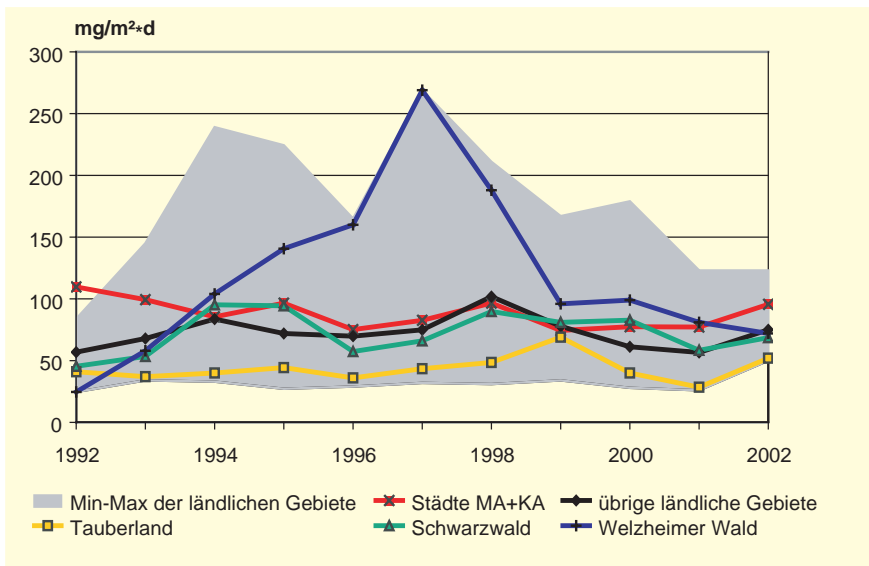


Abb. 32: Staubdeposition in Baden-Württemberg (Quelle LfU, UMEG)

sionsverhältnisse sowie unter Einbeziehung national und international anerkannter Wissenschaftler ein durch Luftverunreinigungen verursachtes Gesamtkrebsrisiko für die Bevölkerung von 1: 2500 vorgeschlagen [LAI, 1992]. Ein Gesamtkrebsrisiko von 1: 2500 bedeutet, dass bei lebenslanger Einwirkung (70 Jahre) Krebs erzeugender Luftschadstoffe auf den Menschen bei 2500 exponierten Personen mit einem (1) zusätzlichen Krebsfall zu rechnen ist. Auf der Basis dieses Gesamtkrebsrisikos hat der LAI für die umweltrelevantesten Krebs erzeugenden Luftschadstoffe Beurteilungsmaßstäbe abgeleitet. Die in Tab.5 aufgeführten Beurteilungsmaßstäbe sind flächenbezogene Werte. Das bedeutet, dass die Be-

urteilungsmaßstäbe eingehalten sein können, obwohl an einzelnen Punkten, z. B. in unmittelbarer Nähe stark befahrener Straßen, die Belastungen deutlich höher sind. Für solche hochbelasteten Punkte legt die „Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten“ [23. BImSchV, 1996] Konzentrationswerte für die überwiegend aus dem Straßenverkehr stammenden Krebs erzeugenden Luftschadstoffe Benzol und Ruß (im Wesentlichen Dieselrußpartikel) fest.

Bei der Festlegung eines Gesamtkrebsrisikos für die Bevölkerung von 1: 2500 durch Krebs erzeugende Luftschadstoffe hat der LAI insbesondere die Unterschiede in der

Beurteilungsmaßstab	
Arsen	5 ng/m ³
Asbest	88 Fasern/m ³
Benzol	2,5 µg/m ³
Benzo[a]pyren*	1,3 ng/m ³
Cadmium	1,7 ng/m ³
Dieseleruß	1,5 µg/m ³
2,3,7,8-Tetrachlor-dibenzo-p-dioxin	16 fg/m ³

* Leitsubstanz der Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK)

Tab. 5: Beurteilungsmaßstäbe für sieben Krebs erzeugende Luftschadstoffe bezogen auf ein Gesamtkrebsrisiko durch Luftschadstoffe von 1:2500 (Quelle: LAI, Stand 1992)

Immissionsbelastung zwischen Ballungsgebieten und ländlichen Gebieten in Deutschland berücksichtigt. Auf Grund der höheren Immissionsbelastung mit Krebs erzeugenden Luftschadstoffen beträgt das durchschnittliche Krebsrisiko in Ballungsgebieten etwa 1:1000 und in ländlich geprägten Gebieten etwa 1: 5000. Die Belastungsunterschiede zwischen Stadt und Land sind relativ groß. Deshalb sind besonders in Ballungsgebieten die Emissionen von Benzol und Ruß aus dem Verkehr weiter zu reduzieren.

Abb. 33 stellt verschiedene Lebenszeitriskiken im Vergleich mit den durch Luftschadstoffe bedingten Krebsrisiken dar. Die Skala reicht von dem unwahrscheinlichen Risiko, vom Blitz getroffen zu werden, bis zu dem relativ hohen Risiko, an Krebs zu sterben.

2.9.1 Emissionen Krebs erzeugender Luftschadstoffe

Für die vom LAI als umweltrelevant eingestuften Krebs erzeugenden Luftverunreinigungen wurden zuletzt 1996 die Emissionen erhoben. Bis auf Benzol werden die Krebs erzeugenden Luftverunreinigungen überwiegend als Staubbestandteile oder an Staubpartikel angelagert in die Atmosphäre abgegeben.

Arsenverbindungen kommen ubiquitär in der Erdkruste, insbesondere in Kohle, vor und reichern sich bei thermischen Prozessen in den freigesetzten Feinstäuben an. Deshalb sind Feuerungsanlagen, Anlagen der Ze-

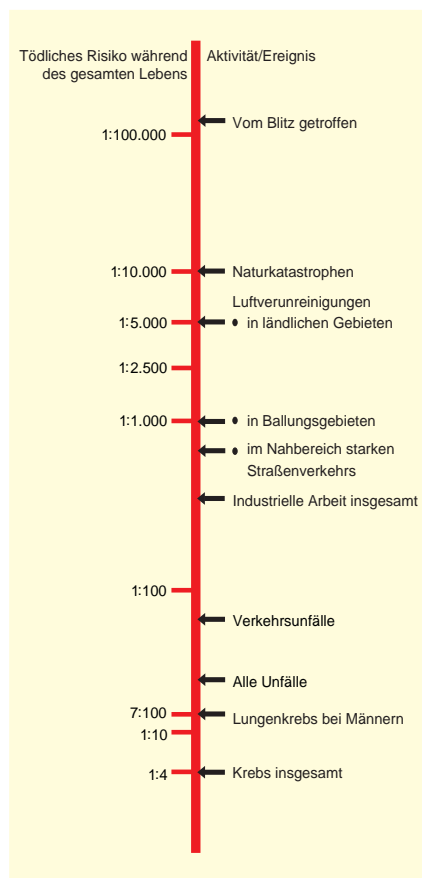


Abb. 33: Vergleich verschiedener Lebenszeitriskos mit dem Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen (Quelle: LAI)

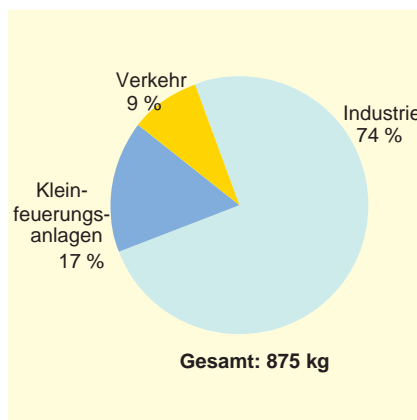


Abb. 34: Emissionen von Arsen in Baden-Württemberg 1996 (Quelle: LfU, UMEG)

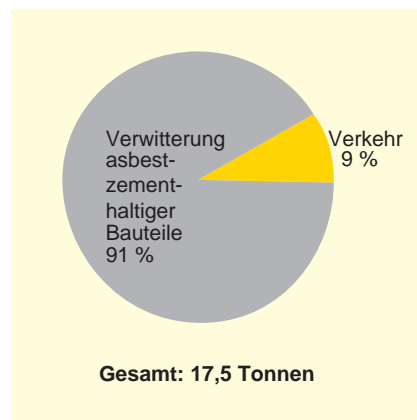


Abb. 35: Emissionen von Asbest in Baden-Württemberg 1996 (Quelle: LfU, UMEG)

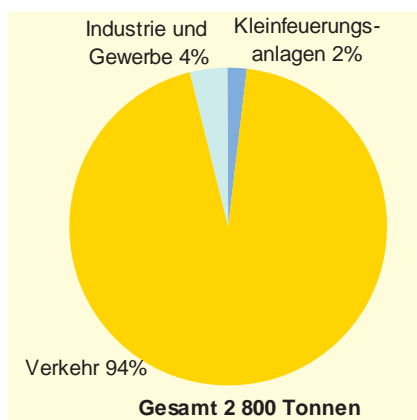


Abb. 36: Emissionen von Benzol in Baden-Württemberg 1998 (Quelle: LfU, UMEG)

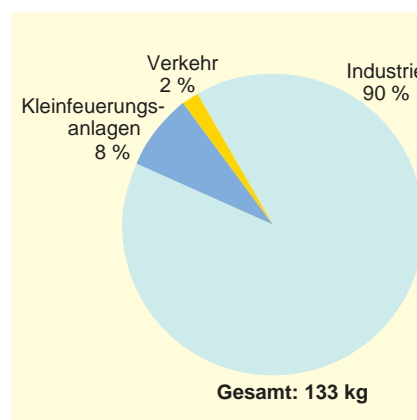


Abb. 37: Emissionen von Cadmium in Baden-Württemberg 1996 (Quelle: LfU, UMEG)

ment- und Glasindustrie sowie Müllverbrennungsanlagen Hauptquellen der Arsenverbindungen.

Asbestfasern stammen im Wesentlichen aus der Verwitterung asbestzementhaltiger Bauteile.

Benzol als gasförmiger Luftschadstoff wird überwiegend vom Verkehr freigesetzt und tritt insbesondere an stark befahrenen, innerstädtischen Straßen in beachtenswerten Konzentrationen auf.

Cadmiumverbindungen entstehen vorwiegend bei der Metall-, Zement- und Keramikherstellung sowie in Feuerungsanlagen und bei der Müllverbrennung.

Rußpartikel stammen fast ausschließlich aus dem Straßenverkehr (Dieselruß) und nur zu einem geringen Anteil aus stationären Verbrennungsanlagen.

Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (Leitsubstanz: Benzo[a]pyren) treten bei der unvollständig ablaufenden Verbrennung oder Verschmelzung organischer Materialien auf. Die bei der Verbrennung zunächst gasförmigen Verbindungen lagern sich an die Staubpartikel im Abgas an. Hauptquellen sind Hausbrand und Straßenverkehr.

2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin (2,3,7,8-TCDD) entsteht bei Verbrennungs- und Verschmelzungsprozessen chlorhaltiger Materialien bei Temperaturen um 500° C. Der hohe Siedepunkt führt dazu, dass bei normalen Temperaturen der Hauptanteil an Staubpartikeln angelagert wird. Müll- und Sondermüllverbrennungsanlagen sowie Anlagen zur Metallgewinnung sind die Hauptverursacher. In der gleichen Größenordnung liegen die geschätzten Emissionen aus Bränden.

In den Abb. 34 bis 40 sind die 1996 freigesetzten Emissionen Krebs erzeugender Stoffe und die Anteile der Quellengruppen an den jeweiligen Gesamtemissionen dargestellt.

Verschärfte Anforderungen an bestehende Müllverbrennungsanlagen und die Verpflichtung, bei Neuanlagen Minderungstechniken nach dem Stand der Technik einzusetzen, haben 1992 bis 1996 zu einer Reduktion der Cadmiumverbindungen um etwa 86 % und bei den polyhalogenierten Dibenzodioxinen/-furanen um etwa 50 % geführt.

Der Energieverbrauch der Quellengruppe Hausbrand (Hauptemittent von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen) ist von der Witterung in der Heizperiode abhängig. Nach dem relativ milden Winter 1994 waren für den kälteren Winter 1996 ein höherer Energieverbrauch und somit höhere Emissionen zu beobachten. Die positiven Auswirkungen

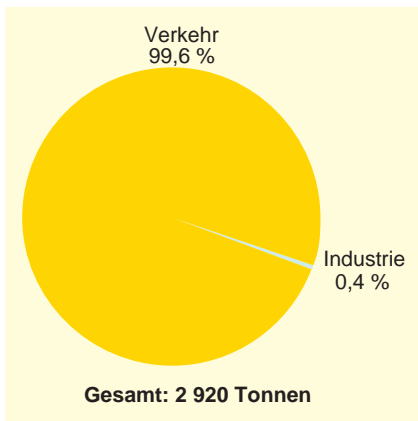


Abb. 38: Emissionen von Ruß in Baden-Württemberg 1996 (Quelle: LfU, UMEG)

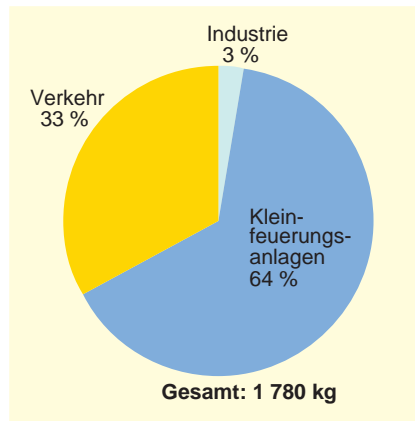


Abb. 39: Emissionen von Benzo[a]pyren in Baden-Württemberg 1996 (Quelle: LfU, UMEG)

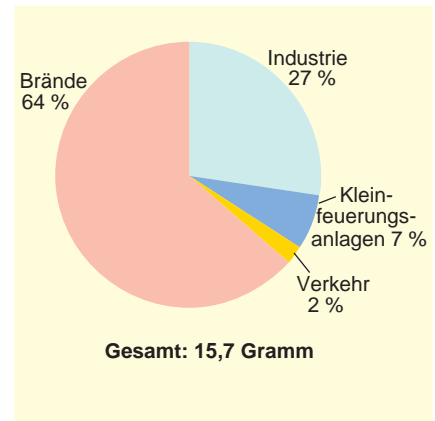


Abb. 40: 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin-Emissionen in Baden-Württemberg 1996 (Quelle: LfU, UMEG)

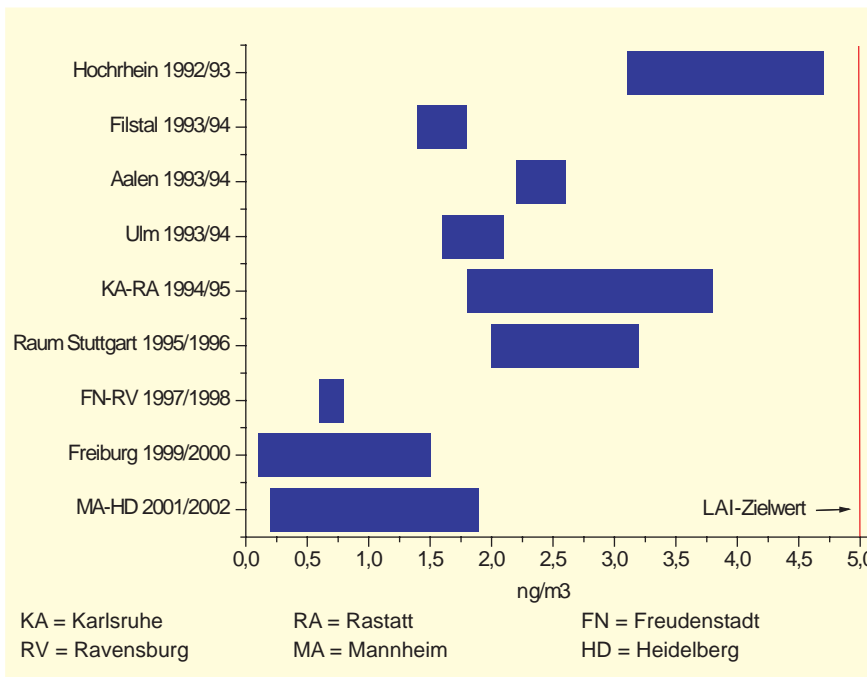


Abb. 41: Streubereiche von Jahresmittelwerten für Arsen aus Immissionsrastermessungen im Vergleich zum LAI-Beurteilungsmaßstab (Quelle: UMEG)

des Trends weg von der Kohle zu emissionsärmeren Brennstoffen wie Erdgas und Heizöl wird jedoch durch den verstärkten Einsatz von Brennholz wieder aufgehoben. Langfristig werden in der Quellengruppe Hausbrand die Emissionen durch verlustarme Feuerungen und Wärmeschutzmaßnahmen stetig abnehmen.

Beim Straßenverkehr führte die verbesserte Motorentechnik zu einem Rückgang der Emissionen von Benzol und Benzo[a]pyren. Bei den Emissionen von Dieselruß wirkte sich die verbesserte Motortechnik erst zwischen 1994 und 1996 aus. Der völlige Ausschluss des Verbrauchs von verbleitem (auch chlorhaltigem) Kraftstoff hatte auch einen Rückgang

der Dibenzodioxin/-furan-Emissionen zur Folge.

2.9.2 Immissionen Krebs erzeugender Luftschadstoffe

In Baden-Württemberg werden bei den gebietsbezogenen Immissionsrastermessungen auch die vom LAI vorgeschlagenen Krebs erzeugenden Luftschadstoffe gemessen. Gemessen wurde dabei im Allgemeinen im 1x1 km-Raster. Die Messungen umfassten nicht nur die eigentlichen Stadtgebiete, sondern auch die weitere Umgebung. So waren z. B. im Großraum Stuttgart insgesamt 874 Messpunkte verteilt über die Arealtypen Stadtzentrum, Stadtrand und unbebaute Zwischenflächen. Daraus

erklärt sich auch zum Teil die große Spannweite der Messergebnisse.

Für die untersuchten Komponenten Arsen, Benzo[a]pyren und Cadmium stellen die Abb. 41 bis 43 die Ergebnisse als Streubereiche der Messpunktmittelwerte (min/max) dar. Auf die flächendeckende Erfassung von Asbest und 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin wird im Rahmen von Immissionsrastermessungen in der Regel verzichtet, da orientierende Messungen gezeigt haben, dass die ermittelten Konzentrationen weit unterhalb der LAI-Beurteilungsmaßstäbe liegen. So wurden für Asbest Jahresmittelwerte von 50 Fasern/m³ [UVM, 1998] und für 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin von 0,8 fg/m³ bis 3,3 fg/m³ [UMEG, 1997] ermittelt.

Die Komponenten Benzol und Ruß sind überwiegend verkehrsbedingt. Hierbei erfassen die Dauermessungen an den fünf Verkehrsstationen (siehe Abb. 18 des Kapitels Verkehr) die maximalen Immissionen und geben die zeitliche Tendenz am besten wieder.

Bei Arsen (Abb. 41) wurde in allen erfassten Gebieten der LAI-Zielwert von 5 ng/m³ eingehalten. Zudem ergeben sich bei den Messungen 1999 bis 2001 in Freiburg und Mannheim-Heidelberg geringere Mengen als bei den älteren, wie z.B. am Hochrhein 1992/93.

Auch bei Benzo[a]pyren (Abb. 42) weisen neuere Ergebnisse eine siche-

re Einhaltung des Zielwertes auf, was Mitte der 90er Jahre noch nicht überall der Fall war.

Seit zehn Jahren liegen die Cadmium-Immissionen (Abb. 43) in allen Gebieten unterhalb der Zielwerte, und wiederum ist auch bei dieser Komponente eine Abnahme innerhalb des vergangenen Jahrzehnts festzustellen.

2.10 Sonstige klimawirksame Gase

2.10.1 Kohlendioxid

Für die Ermittlung der Emissionen von Kohlendioxid (CO₂) ist zu beachten, dass die Emissionen aus Atmungsvorgängen bei Mensch, Tier und Pflanzen sowie biologischen Abbauprozessen in einem natürlichen Kreislaufprozess entstehen.

In dieser Betrachtung wurden daher nur CO₂-Emissionen aus der Verbrennung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe – wobei nachwachsende Brennstoffe wie Holz gesondert zu betrachten sind – sowie Emissionen aus dem Brennen mineralischer Stoffe (z.B. Zement- und Kalkherstellung) berücksichtigt.

Die Emissionen an Kohlendioxid betragen im Jahr 2000 78,9 Millionen Tonnen. Die Quellengruppe Industrie und Gewerbe ist mit 42 % (insbesondere durch Kohlekraftwerke) der Hauptemittent, gefolgt von den Quellengruppen Kleinfeuerungsanlagen und Verkehr, die Emissionen aus den sonstigen nicht gefassten Quellen mit 4 % stammen aus Maschinen und Geräten (Abb. 44).

Durch den steigenden Kraftstoffverbrauch stiegen die CO₂-Emissionen der Quellengruppe Verkehr zwischen 1994 und 2000 um 11 %. Bei den Kleinfeuerungsanlagen hängen die Emissionen von den Temperaturen in der Heizperiode ab. Berücksichtigt man diese Temperaturen, so ergibt sich trotz geringer Änderungen der Emissionen zwischen 1994 und 2000 eine Zunahme der CO₂-Emissionen um 12 %.

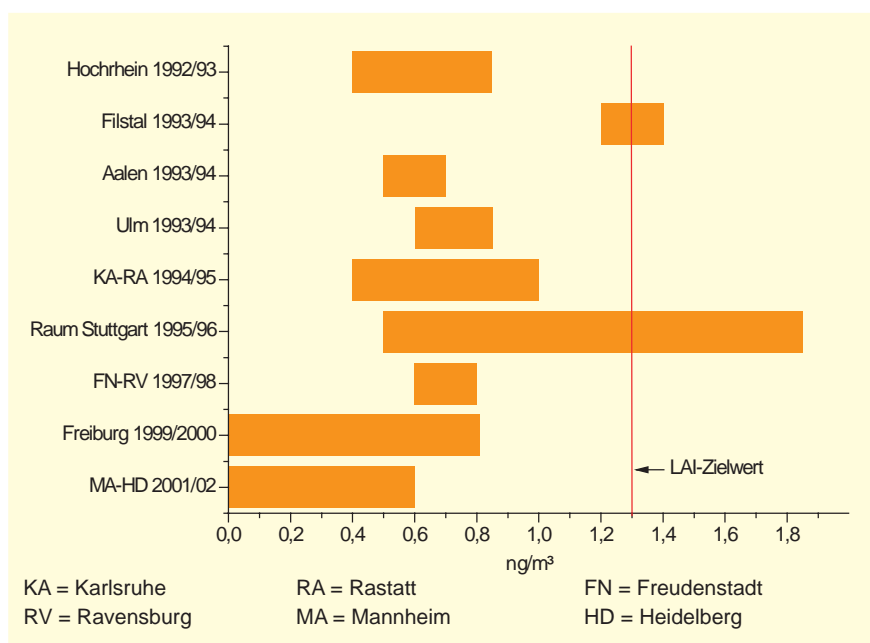


Abb. 42: Streubereiche von Jahresmittelwerten für Benzo[a]pyren aus Immissionsrastermessungen im Vergleich zum LAI-Beurteilungsmaßstab (Quelle: UMEG)

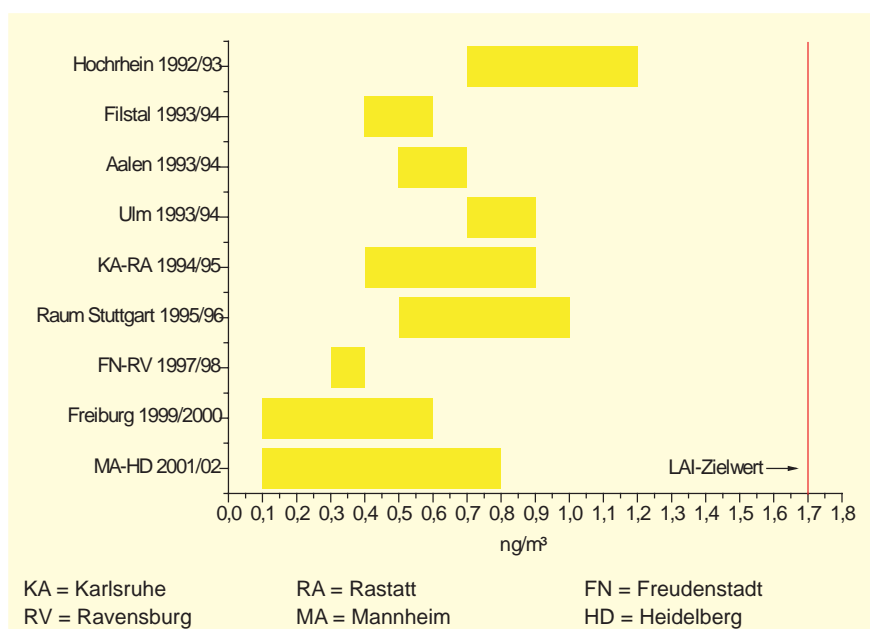


Abb. 43: Streubereiche von Jahresmittelwerten für Cadmium aus Immissionsrastermessungen im Vergleich zum LAI-Beurteilungsmaßstab (Quelle: UMEG)

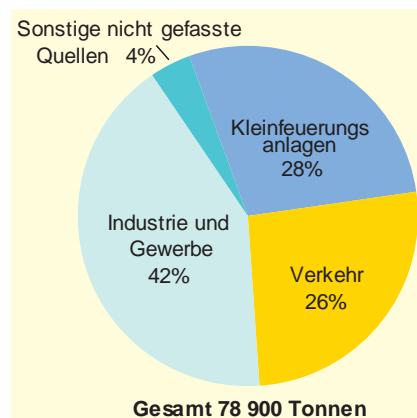


Abb. 44: Kohlendioxid-Emissionen in Baden-Württemberg 2000

3. Anhang

3.1 Quellen- und Literaturhinweise

1. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (VO über Kleinfeuerungsanlagen – 1. BImSchV) vom 14. 3. 1997, BGBl. I Nr. 17/1997, S. 490

22. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (VO über Immissionswerte – 22. BImSchV) vom 26. 10. 1993, BGBl. I S. 1819, zuletzt geändert durch VO vom 27. 5. 1994, BGBl. I S. 1095

23. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (VO über die Festlegung von Konzentrationswerten – 23. BImSchV) vom 16. 12. 1996, BGBl. I S. 1962

Richtlinie 99/30/EG des Rates vom 22. 4. 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft, Abl. L 163 vom 29. 6. 1999, S. 41

Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI): Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen, Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, UMEG Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen mbH: Schwebstaubbelastung in Baden-Württemberg, Karlsruhe

Lufthygieneamt beider Basel: Die Luftbelastung in der Region Basel – Jahresbericht, Liestal 1997

Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Immissions- und Wirkungsuntersuchungen im Raum Friedrichshafen/Ravensburg 1997/1998. Bearbeitung: UMEG Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen mbH, Karlsruhe, Bericht Nr. 31-1/98, Stuttgart

UMEG Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen mbH: Luftschadstoff-Emissionskataster Baden-Württemberg, Bericht Nr. 4-05/2003, Karlsruhe

UMEG Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen mbH: Luftschadstoff-Emissionskataster Baden-Württemberg 2000, Quellengruppe Verkehr, Bericht Nr. 4-06/02, Karlsruhe

UMEG Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen mbH: Immissionen von Dioxinen und Furanen in Baden-Württemberg 1997/1998, Bericht Nr. 32-4/98, Karlsruhe

3.2 Informationsmöglichkeiten

www.lfu.baden-wuerttemberg.de

www.umeg.de

www.umweltdatenkatalog.de

Im SWR werden die täglichen Luftmesswerte von 9.00 Uhr, 12.00 Uhr, 15.00 Uhr und 18.00 Uhr unter dem Namen Südwesttext auf Tafel 176 veröffentlicht.

Im Fall einer Überschreitung des Schwellenwertes von 180 µg/m³ können von Mai bis September unter der Rufnummer (0721) 751076 die aktuellen Messergebnisse der Luftmessstationen abgehört werden.

3.3 Erläuterungen und Abkürzungen

Verwendete Einheiten

m³ = Kubikmeter

mg = Milligramm (= 10⁻³ Gramm)

µg = Mikrogramm (= 10⁻⁶ Gramm)

ng = Nanogramm (= 10⁻⁹ Gramm)

fg = Femtogramm (= 10⁻¹⁵ Gramm)

d = day = Tag

mg/m²*d = Depositionsmenge pro Fläche pro Tag

ppm: Parts per million (1 Teil Luftverunreinigung in einer Million Teilen Luft = 10⁻⁶)

ppb: Parts per billion (1 Teil Luftverunreinigung in einer Milliarde Teilen Luft = 10⁻⁹)

Aerosol: luftgetragene, feste oder flüssige, meist kolloidale Teilchen, die überwiegend aus einer oder mehreren anderen Substanzen als nur Wasser bestehen.

Benzol: farblose Flüssigkeit, tritt dampfförmig als Luftverunreinigung auf. Hauptquelle sind Kraftfahrzeuge mit Benzinmotor. Mit maximal 1 % Volumen im Benzin enthalten.

Benzo[a]pyren: zur Stoffgruppe der Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) gehörend. Diese entstehen bei der unvollständigen Verbrennung von Mineralöl, Kohle und Holz. Hauptquellen sind Dieselmotorkraftfahrzeuge und Holzheizungen.

CO: Kohlenmonoxid. Farbloses, geruchsloses Gas. Entsteht bei unvollständiger Verbrennung. Hauptquelle ist der Kraftfahrzeugverkehr.

Deposition: Ablagerung von Luftverunreinigungen auf Böden, Gewässer, Pflanzen, Tiere, Bauwerke bzw. Denkmäler. Unterschieden wird zwischen trockener, feuchter und nasser Deposition.

Deposition, trocken: Die Sedimentation von Staubpartikeln (Durchmesser >10 µm) und die direkte Ablagerung von Gasen und Aerosolen wird als trockene Deposition bezeichnet.

Eine wesentliche Rolle bei dieser Ablagerung spielt die Struktur bzw. die Rauigkeit der Oberfläche. In Nähe einer Emissionsquelle bildet die trockene Deposition den Hauptanteil der Gesamtdeposition.

Deposition, feucht: Die feuchte Deposition erfolgt durch Nebel, Tau, Reif oder Ablagerungen auf feuchte bis nasse Oberflächen. Sie ist von besonderer Bedeutung beim Auskämmeffekt der Wälder.

Deposition, nass: Mit der nassen Deposition werden wasserlösliche und wasserunlösliche Schadstoffe mit den Niederschlägen wie Regen, Schnee, Graupel ausgewaschen. Verunreinigungen werden eingebunden in den Wolken über weite Strecken transportiert, und es kommt in emissionsfernen Gebieten zu Schadstoffeinträgen.

Deposition, gesamt: Die Summe aus trockener, feuchter und nasser Deposition.

Emissionen: Von einer (festen oder beweglichen) Anlage oder von Naturereignissen an die Umwelt abgegebene Luftverunreinigungen (Gase, Stäube), Geräusche, Strahlen, Wärme (z. B. Abwärme von Kühltürmen), Erschütterungen oder ähnliche Erscheinungen.

Immissionen: Einwirkungen von Luftverunreinigungen, Geräuschen, Erschütterungen, Strahlen und Wärme auf Menschen, Tiere, Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre oder Kultur- und Sachgüter.

Inversion: Meteorologische Situation, bei der die Luft in Erdbodennähe kälter ist als in der Höhe, während normalerweise die Lufttemperatur mit der Höhe abnimmt. Inversionen führen zur Luftstagnation und zu verschlechterten Ausbreitungsbedingungen in den bodennahen Luftschichten.

Konvektion: Bei starker Erwärmung des Erdbodens an sonnigen Sommertagen steigen warme Luftblasen auf, die Thermik. Die Folge sind hochreichende vertikale Umschichtungen der Luft, dadurch werden in Boden-

nähe freigesetzte Luftverunreinigungen stark verdünnt.

LAI: Länderausschuss für Immissionschutz.

Luftverunreinigungen: Veränderungen der natürlichen Zusammensetzung der Luft, insbesondere durch Rauch, Staub, Gase, Aerosole, Dämpfe und Geruchstoffe.

Mittelwert: Zur Beurteilung der Luftqualität werden die Messwerte über bestimmte Zeiträume gemittelt. In der Regel werden die Messwerte als Stunden-, Tages- oder Jahresmittelwerte angegeben. Bei Ozon und Kohlenmonoxid werden auch 8-Stundenmittelwerte (gleitend) zum Vergleich mit den Grenzwerten berechnet.

NM VOC: internationale Abkürzung für flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (Non-Methane Volatile Organic Compounds)

Nitrat (NO₃): Durch die Oxidation von Stickstoffdioxid (NO₂) mit Hydroxyl(OH)-Radikale oder mit Ozon bildet sich Nitrat (NO₃).

NO: Stickstoffmonoxid. Entsteht bei Verbrennungsvorgängen aus dem Luftstickstoff. Hauptquellen sind der Kraftfahrzeugverkehr, Kraftwerke und auch Heizungsanlagen. Wandelt sich in der Atmosphäre in NO₂ um.

NO₂: Stickstoffdioxid. Stechend riechendes Gas, entsteht durch Oxidation mit Ozon und Sauerstoff aus der Primäremission NO in der Atmosphäre. Lufthygienisch relevanter als NO.

NO_x: Summe aus NO und NO₂

Photooxidantien: Gruppe von reaktiven organischen und anorganischen Luftverunreinigungen, welche sich unter dem Einfluss intensiver Sonnenstrahlung in der Atmosphäre aus Vorläuferemissionen wie Stickstoffoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) bilden. Ein wichtiger Vertreter der Photooxidantien ist Ozon.

O₃: Ozon. Gas mit 3 Sauerstoffatomen. Kommt natürlich in der Atmo-

sphäre vor, entsteht aber auch durch die vom Menschen verursachten Emissionen.

Ruß: Partikelförmige, kohlenstoffhaltige Produkte aus unvollständiger Verbrennung, umfasst elementaren Kohlenstoff (EC) und organischen Kohlenstoff (OC). Hauptquelle sind Dieselmotorkraftfahrzeuge.

Schwebstaub: feste Teilchen unterschiedlicher Größe und chemischer Zusammensetzung. Entstehen natürlich (Pollen, Aufwirbelung) und auch bei Verbrennungsvorgängen oder bei industriellen und gewerblichen Tätigkeiten. Schwebstaubpartikel, die über den Kehlkopf hinaus in den Atemtrakt gelangen können und einen mittleren aerodynamischen Durchmesser kleiner als 10 µm aufweisen, werden als PM₁₀-Staub bezeichnet (PM = Particulate Matter).

SO₂: Schwefeldioxid. Farbloses, stechend riechendes Gas. Entsteht bei der Verbrennung schwefelhaltiger Brennstoffe. Hauptquellen sind Heizungen, Kraftwerke und Dieselmotorkraftfahrzeuge.

Staubniederschlag: Staubpartikel von unterschiedlicher Größe und Zusammensetzung können absinken oder über die Niederschläge (Regen, Graupel, Schnee) ausgewaschen werden. Dabei lagern sie sich auf Vegetationen, Böden, Gewässer, Gebäude oder Denkmäler ab.

Sulfat (SO₄): Schwefeldioxid (SO₂) wird unter Beteiligung des Hydroxyl(OH)-Radikals oder direkt in Reaktion mit Sauerstoff (O₂) und Licht (Photooxidation) zu Sulfat (SO₄) oxidiert.

VOC: internationale Abkürzung für flüchtige organische Verbindungen (Volatile Organic Compounds)

LUFT



ELEKTROMAGNETISCHE FELDER

1. Allgemeines	73
2. Begriffe	74
3. Natürliche elektromagnetische Felder	74
4. Künstliche elektromagnetische Felder	74
5. Großräumige Ermittlung von Funkwellen in Baden-Württemberg	79
6. Grenzwerte	80
7. Anhang	81

1. Allgemeines

Die Entwicklung und Nutzung der Elektrizität haben das Leben der Menschen nachhaltig verändert. Zu den in unserer Umwelt seit jeher vorhandenen natürlichen, statischen, elektrischen und magnetischen Feldern kamen im 20. Jahrhundert in rasch wachsender Zahl vom Menschen erzeugte Wechselfelder im Wohnbereich, an Arbeitsplätzen und in der Umwelt hinzu. Ohne elektrische Energie wäre unser heutiger Lebensstandard nicht möglich. Man denke nur an die zahlreichen Erleichterungen im Haushalt durch die vielen elektrischen Geräte, an die diagnostischen und therapeutischen Möglichkeiten in der Medizin und an die Verbreitung und Nutzung moderner Kommunikationsmittel.

Auf der anderen Seite ist aber auch seit Jahrzehnten bekannt, dass durch die Einwirkung sehr starker elektromagnetischer Felder akute gesundheitliche Beeinträchtigungen ausgelöst werden können. In verschiedenen technischen Normen und Richtlinien wurden deshalb Grenzwerte zur Vermeidung gesundheitlicher Beeinträchtigungen festgelegt. Deutschland hat 1996 als erster Staat der Europäischen Union rechtlich verbindliche Regelungen zur Begrenzung elektromagnetischer Felder geschaffen.

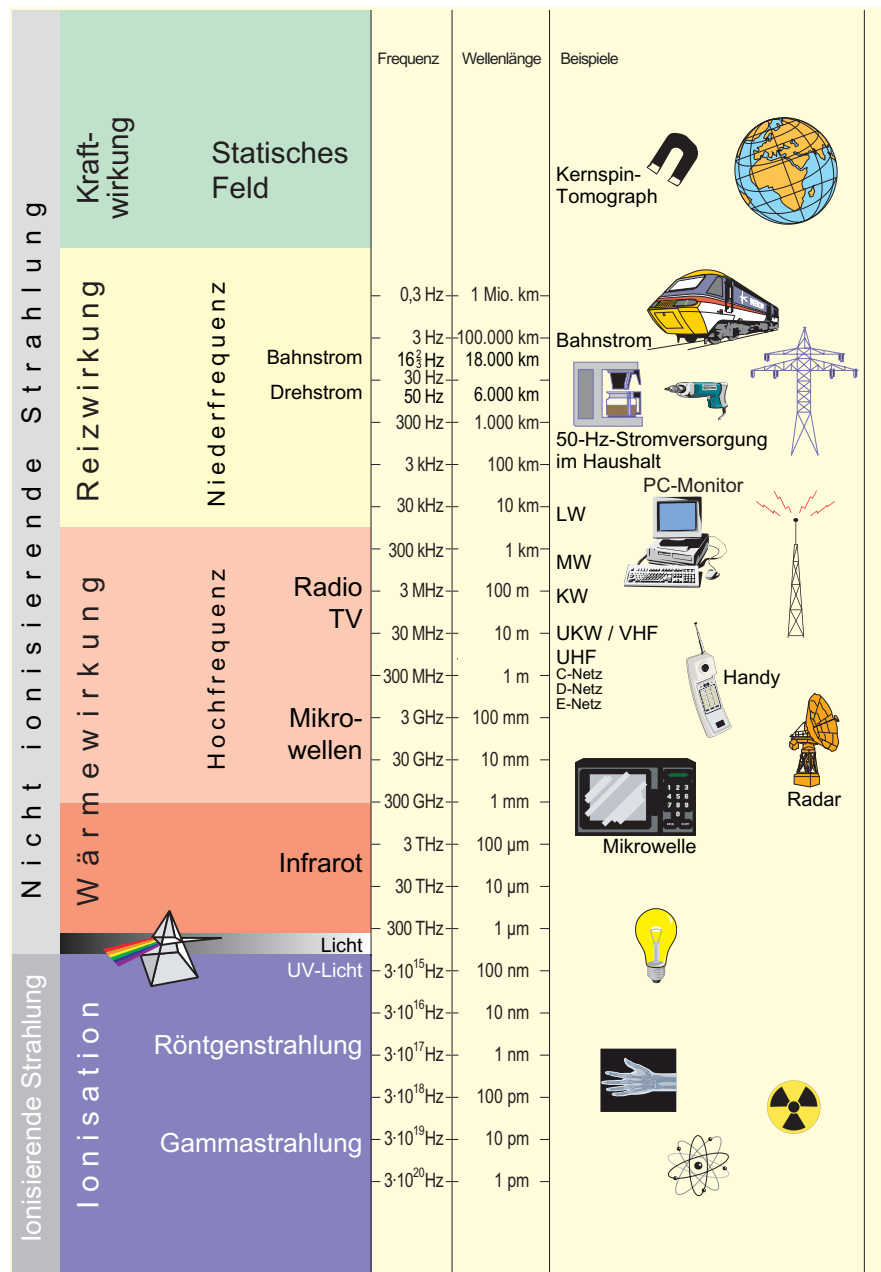


Abb. 1: Frequenzspektrum elektromagnetischer Felder mit Beispielen

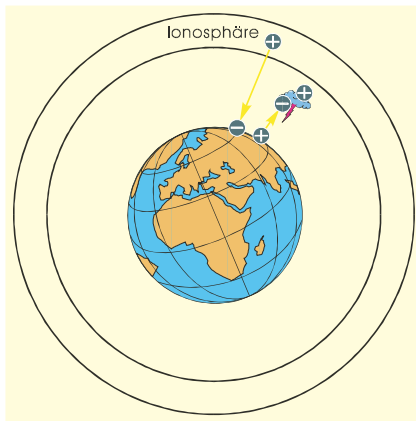


Abb. 2: Elektrisches Feld der Erde

2. Begriffe

Ein elektrisches Feld entsteht überall dort, wo auf Grund getrennter Ladungsträger eine Potenzialdifferenz, das heißt eine elektrische Spannung, mit der Einheit Volt [V], vorhanden ist. Dies ist auch dann der Fall, wenn kein Strom fließt. Die Einheit der elektrischen Feldstärke ist Volt pro Meter [V/m]. Die Stärke des elektrischen Feldes nimmt mit steigender Spannung zu und mit zunehmendem Abstand von der Quelle ab. Das elektrische Feld wird stark durch seine Umgebung beeinflusst und lässt sich leicht abschirmen.

Ein magnetisches Feld entsteht überall dort, wo elektrische Ladungen bewegt werden, d. h. wo ein elektrischer Strom, mit der Einheit Ampere [A], fließt. Zur Beschreibung der Stärke eines magnetischen Feldes verwendet man die magnetische Flussdichte, auch magnetische Induktion genannt, mit der Einheit Tesla [T], oder die magnetische Feldstärke mit der Einheit Ampere pro Meter [A/m]. Die Stärke des Magnetfeldes nimmt mit zunehmender Stromstärke zu und mit wachsendem Abstand von der Quelle ab. Das Magnetfeld hat im Gegensatz zum elektrischen Feld die Eigenschaft, dass es die meisten Materialien nahezu unvermindert durchdringt. Eine Abschirmung ist, wenn überhaupt, nur mit großem Aufwand und teuren Spezialwerkstoffen zu erreichen.

Zeitlich unveränderliche elektrische und magnetische Felder nennt man Gleichfelder oder statische Felder. Bei

elektrischen Wechselfeldern ändert sich die Polarität des Feldes mit der Zeit, sie werden anhand ihrer zeitlichen Form (z. B. sinusförmig) und Frequenz beschrieben. Die Frequenz wird in Hertz [Hz] angegeben. Bei der öffentlichen Stromversorgung handelt es sich z. B. um sinusförmige Wechselfelder mit einer Frequenz von 50 Hertz, das heißt die Polarität des elektrischen Feldes ändert sich 100 Mal pro Sekunde.

Die elektrischen und magnetischen Felder stehen in engem Zusammenhang: Elektrische Felder bewegen elektrische Ladungen, bewegte elektrische Ladungen erzeugen magnetische Felder und magnetische Wechselfelder erzeugen (induzieren) elektrische Felder. Diese wechselseitige enge Verknüpfung ist umso stärker, je schneller die Feldänderungen erfolgen, das heißt je höher die Frequenz ist. Bei hohen Frequenzen kann man daher das elektrische und das magnetische Feld nicht mehr getrennt betrachten. Man spricht nun von elektromagnetischen Feldern, Wellen oder Strahlen. Elektromagnetische Felder können sich von der Quelle, z. B. einer Antenne, lösen und im Raum über große Entfernungen ausbreiten. Diese Eigenschaft wird zur Übertragung von Informationen z. B. beim Rundfunk, Fernsehen oder Mobilfunk genutzt. Der physikalische Begriff der elektromagnetischen Wellen bzw. Felder und Strahlen umfasst einen weiten Frequenzbereich (Abb. 1). Elektromagnetische Wellen transportieren Energie. Als Maß für die Stärke einer Welle verwendet man die Leistungsflussdichte mit der Einheit Watt pro Quadratmeter [W/m²].

3. Natürliche elektromagnetische Felder

Zwischen dem Erdboden und der elektrisch gut leitfähigen Ionosphäre in etwa 70 km Höhe besteht eine Potenzialdifferenz von bis zu 300 Kilovolt (kV). Dadurch entsteht ein statisches elektrisches Feld (Abb. 2), das je nach Jahreszeit und Wetter eine Feldstärke von etwa 130 V/m bis etwa 270 V/m aufweist. Bei Gewittern können noch weit höhere Feldstärken von bis zu 20 000 V/m auftreten, mit

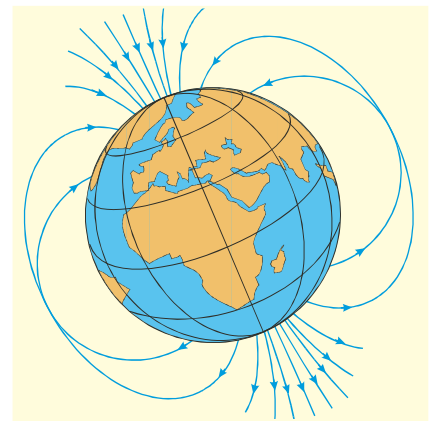


Abb. 3: Erdmagnetfeld

Spitzen bei der Blitzauslösung von bis zu 300 000 V/m.

Das statische Erdmagnetfeld (Abb. 3) weist je nach geologischem Untergrund und Breitengrad eine magnetische Flussdichte zwischen 30 und 60 μT auf. In Baden-Württemberg liegt es im Mittel bei etwa 47 μT .

Zu natürlichen elektromagnetischen Feldern kommt es in der Natur fast ausschließlich in Form von Wärmestrahlung, Licht und ionisierender Strahlung, also im Bereich sehr hoher Frequenzen im elektromagnetischen Spektrum (Abb. 1). Bedeutendste natürliche Quelle ist die Sonne.

4. Künstliche elektromagnetische Felder

4.1 Gleichfelder

Gleichfelder treten insbesondere bei Straßen- und S-Bahnen im Nahverkehr auf. Diese werden größtenteils mit Gleichstromnetzen bei einer Fahrdrathspannung von 600 V betrieben. Im Fahrzeuginnenraum tritt dabei lediglich ein magnetisches Feld auf, da das elektrische Feld nahezu vollständig abgeschirmt wird („Faradayscher Käfig“). Andere künstliche Gleichfelder spielen eine eher untergeordnete Rolle: Entweder sind die Feldstärken vernachlässigbar gering, z. B. bei Batterien und Akkumulatoren, oder aber die Exposition betrifft nur einen begrenzten Personenkreis, z. B. an Arbeitsplätzen in der elektrochemischen Industrie oder in der Medizin (Tab. 1).

4.2 Bahnstromanlagen der Deutsche Bahn AG

Die Deutsche Bahn AG betreibt ihr elektrisches Netz aus historischen Gründen mit Wechselstrom der Frequenz $16 \frac{2}{3}$ Hz. Gleichartige Netze gibt es in Österreich, der Schweiz, Schweden und Norwegen. In anderen europäischen Ländern wird entweder 50 Hz-Wechselstrom oder Gleichstrom verwendet.

Das Stromsystem der Deutschen Bahn AG besteht aus etwa 12 000 km Oberleitungen mit 15-kV-Versorgungsspannung und einem etwa 5 500 km langen eigenen Hochspannungsnetz mit 110-kV-Freileitungen, die häufig parallel zu den Bahntrassen verlaufen.

Zur Versorgung der Züge mit Energie wird der Strom über die 15-kV-Oberleitung zugeführt, als Rückleiter dient die Schiene (Abb. 4). Durch den im Gegensatz zu Hochspannungsfreileitungen verhältnismäßig großen Abstand zwischen Hin- und Rückleiter kompensieren sich die entgegengerichteten magnetischen Felder in geringerem Umfang, die Feldstärke nimmt daher mit dem Abstand langsamer ab. Hinzu kommt, dass aus Sicherheitsgründen die Schienen geerdet sind, damit dort keinesfalls eine Spannung gegen Erde anliegen kann, die bei Berührung gefährlich werden könnte. Ein Teil des Rückstroms von den Bahnschienen fließt daher über

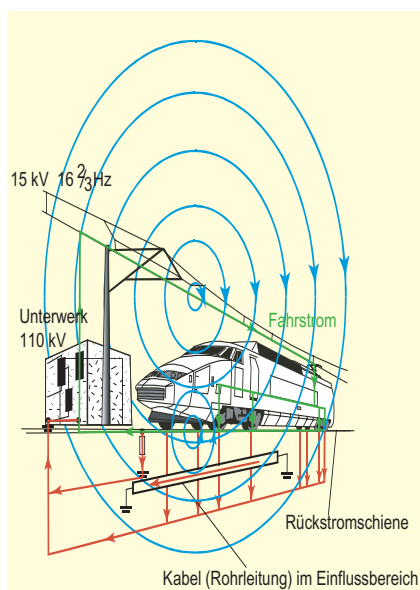


Abb. 4: Stromkreise des Bahnstroms

Fahrgastraum einer Straßen- oder S-Bahn	ca. 80 μ T
Kernspintomographie	
– Bedienungspersonal im Umfeld der Geräte	bis 100.000 μ T
– Patienten während der Untersuchung	bis 4.000.000 μ T
Schwelle für messbare EKG-Veränderung	300.000 μ T

Tab. 1: Typische Werte für statische Magnetfelder

das Erdreich ab (rot eingezeichnet) (Abb. 4). Dies vermindert zusätzlich die Kompensation des magnetischen Feldes.

Den zeitlichen Verlauf (Tagesgang) der magnetischen Flussdichte an der Oberrheintalbahn veranschaulicht Abb. 5.

4.3 Öffentliche Stromversorgung

In Deutschland wird für die Versorgung mit elektrischer Energie Drehstrom mit einer 50 Hz Frequenz eingesetzt. Ein weitverzweigtes Transport- und Verteilernetz sorgt dafür, dass alle Endverbraucher jederzeit mit ausreichend Strom versorgt werden (Abb. 6).

Damit die Verluste auf dem Weg vom Erzeuger zum Verbraucher möglichst gering bleiben, wird der Strom auf einem hohen Spannungsniveau transportiert. Für die Hochspannungsebenen 110, 220 und 380 kV werden Überlandnetze zum Transport großer

Leistungen über weite Entfernungen eingesetzt. Die Länge der Hochspannungsfreileitungen beträgt in Baden-Württemberg etwa 14 000 km. Hinzu kommen noch etwa 600 km Hochspannungserdkabel vorwiegend im Bereich von Städten.

In der Nähe der Städte transformieren Umspannwerke den Strom auf die Mittelspannungsebene von meist 10 kV oder 20 kV herunter. Das regionale Mittelspannungsnetz umfasst ungefähr 20 500 km Freileitungen und etwa 33 000 km Erdkabel. Die Mittelspannungsnetze wiederum versorgen kommunale Versorgungsnetze und Gewerbe- und Industriebetriebe, in denen der Strom in Niederspannungs-Netzstationen auf die Niederspannungsebene von 400 V bzw. 230 V transformiert wird und letztendlich bei privaten und gewerblichen Endverbrauchern ankommt. Das regionale Niederspannungsnetz umfasst etwa 35 000 km Freileitungen und ungefähr 90 000 km Erdkabel.

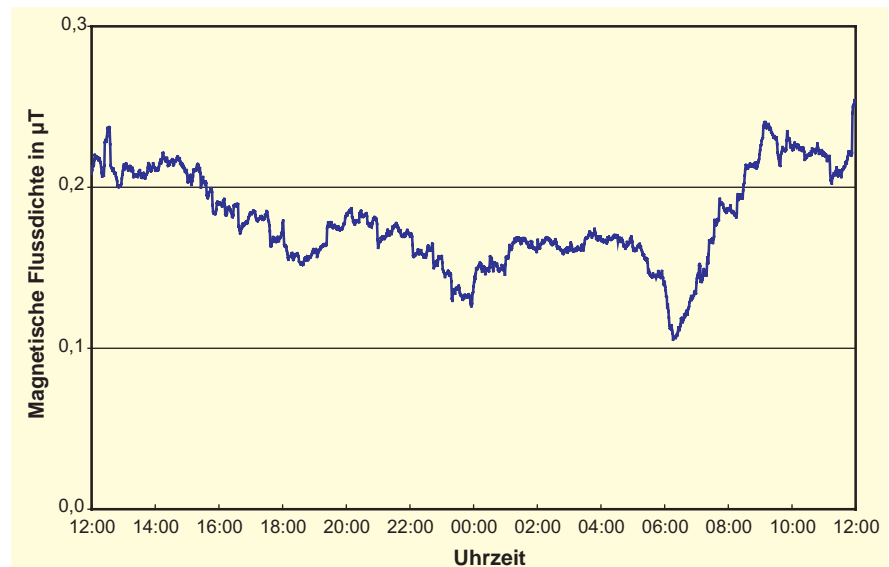


Abb. 5: Tagesgang der magnetischen Flussdichte an der Oberrheintalbahnstrecke in 30 m Abstand zu den Gleisen (Quelle: LfU; Stand 2000)

ELEKTROMAGNETISCHE FELDER

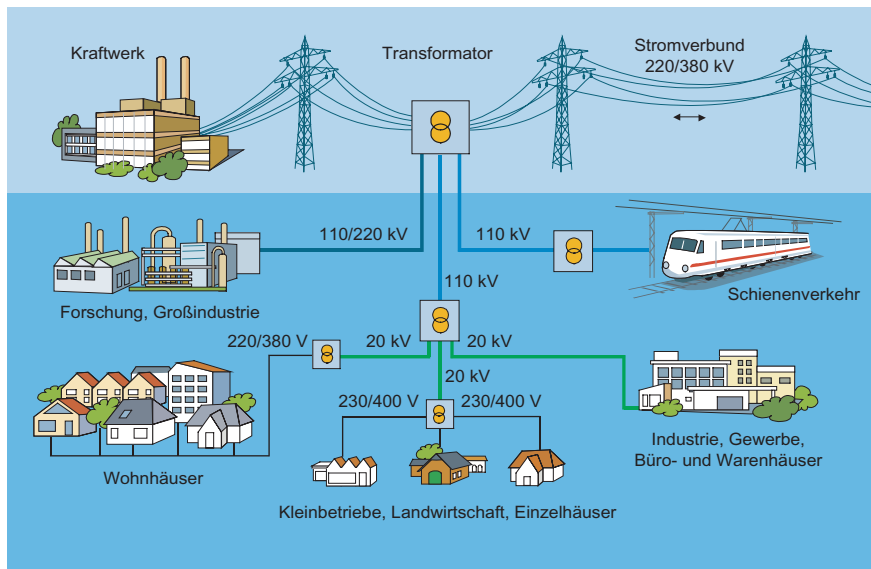


Abb. 6: Aufbau der Stromversorgung vom Kraftwerk zum Verbraucher (Quelle: Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft; Stand 2000)

Beim Vergleich mit den gesetzlichen Grenzwerten wird bei der Berechnung der Feldstärken im Bereich einer Hochspannungsfreileitung die höchste betriebliche Anlagenauslastung zugrunde gelegt. Die Hochspannungsleitungen werden in der Regel mit einer Auslastung von maximal 30 % betrieben. Wie Messungen ergeben haben, ist daher die tatsächlich auftretende Feldstärke des Magnetfeldes deutlich niedriger (etwa um den Faktor 3).

Die elektrische Feldstärke in der Nähe von Hochspannungsfreileitungen ist in Bodennähe umso größer, je höher die elektrische Spannung der Leitung ist, je weiter die einzelnen Leiter voneinander entfernt sind und je geringer der Abstand zum Einwirkungsort ist (Abb. 7). Sie ist ferner abhängig von der Phasenbelegung, das heißt der Anordnung und Anzahl der Phasen auf den Masten. Am höchsten sind die Felder somit an der Stelle des maximalen Seildurchgangs.

Die magnetische Flussdichte in Bodennähe und nahe an einer Hochspannungsfreileitung hängt unter anderem von der Stromstärke, der Leiteranordnung, dem Abstand der Leiter untereinander, der Phasenbelegung und insbesondere der Entfernung von den Leiterseilen ab (Abb. 8).

Ein Beispiel für die tageszeitlichen Schwankungen der magnetischen Flussdichte einer 380-kV-Versorgungsleitung zeigt Abb. 9. Die Werte wurden im Abstand von etwa 50 m in einer Höhe von 3 m über dem Boden gemessen.

In der Nähe von Transformatoren treten höhere Magnetfeldstärken nur bei der Niederspannungsableitung und auch nur unmittelbar an der Außenwand auf (Abb. 10). So hat die LfU bei einer Transformatorenstation mit einer Leistung von 400 kVA und einer Auslastung von 80 bis 90 %, in der eine Spannung von 20 kV auf 400/230 V herunter transformiert wird, Werte für die magnetische Flussdichte bis zu 200 μT direkt an der Wand gemessen. In 2 m Abstand traten jedoch nur noch maximal 1,2 μT auf.

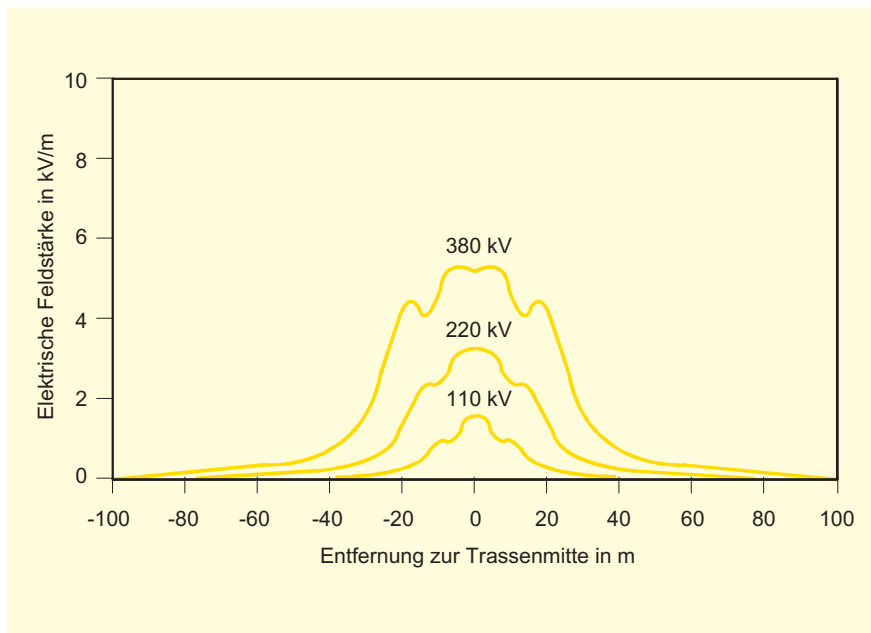


Abb. 7: Elektrische Feldstärke bei Freileitungen in 1 m Höhe über dem Erdboden

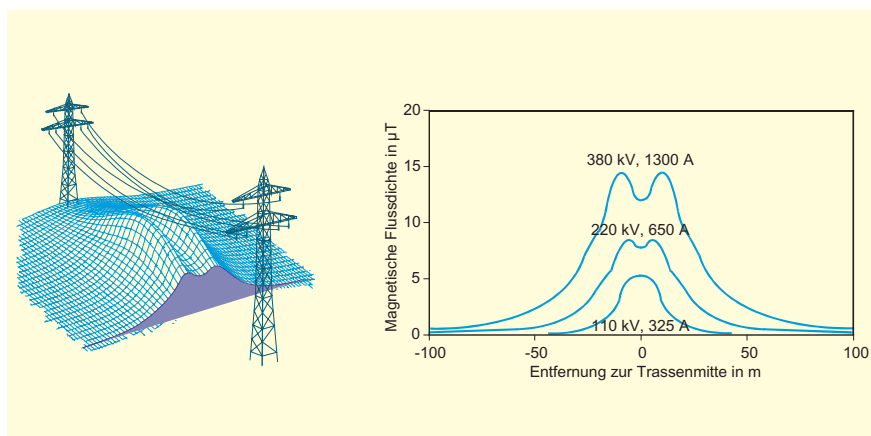


Abb. 8: Magnetische Flussdichte (räumlicher Verlauf und Zahlenwerte) in 1 m Höhe über dem Erdboden

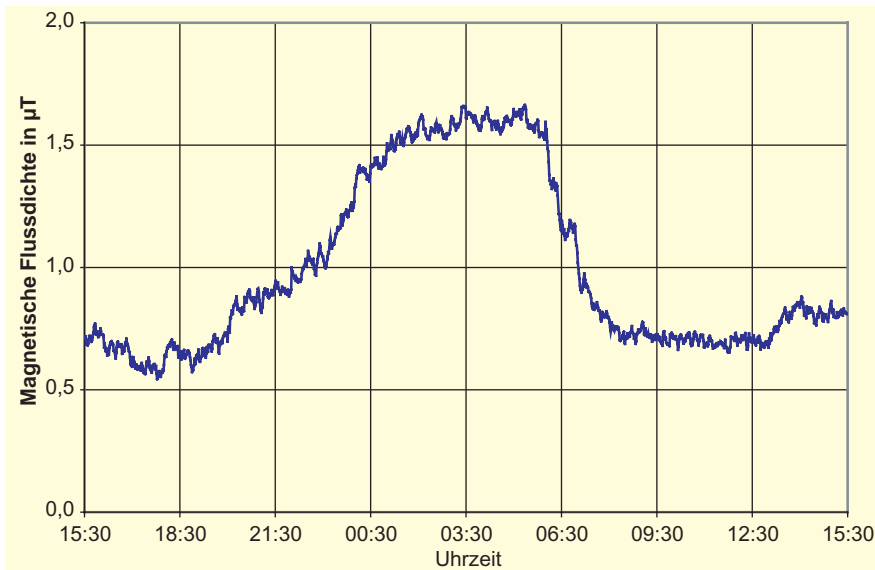


Abb. 9: Tagesgang der magnetischen Flussdichte an einer 380-kV-Hochspannungsfreileitung „3 m über Erdboden“ (Quelle: LfU; Stand 2000)

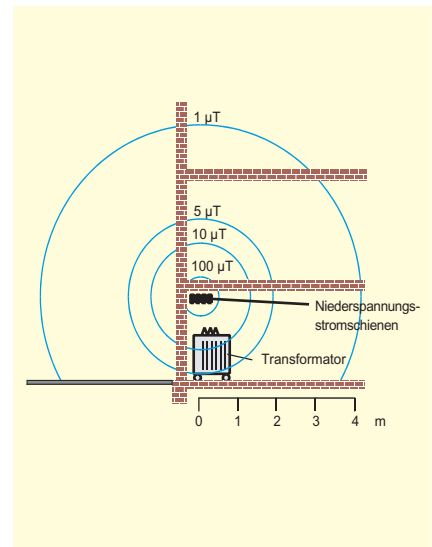


Abb. 10: Magnetische Flussdichte in der Umgebung einer 50-Hz-Transformatorstation

4.4 Hochfrequente elektromagnetische Felder

Die niederfrequenten Felder sind meist unerwünschte Nebeneffekte bei der Nutzung elektrischer Energie. Bei den hochfrequenten Feldern dagegen ist es gerade umgekehrt: Sie werden in der Regel gezielt erzeugt

- zur Übertragung von Informationen (z. B. Radio, Fernsehen, Mobilfunk)
- zum Erheben von Informationen (z.B. Diebstahlsicherungsanlagen, Radar)
- zum Erhitzen von Gegenständen (z.B. Induktionsöfen, Hochfrequenzschweiß- oder Mikrowellengeräte).

Einige typische Werte für die Exposition durch hochfrequente elektromagnetische Felder in Wohnungen und Umgebung enthält Tab. 2.

Insgesamt gab es im Jahr 2000 im Land etwa 2200 Rundfunk- und Fernsehsendeanlagen – Standorte mit einer Gesamtsendeleistung von rund 10 MW (Abb. 11).

Die Nutzung von Mobilfunk hat eine geradezu explosionsartige Steigerung erfahren. Die Zahl der Mobilfunkteilnehmer in Deutschland ist seit 1993 auf mehr als das Dreißigfache gestiegen (Abb. 12).

Quelle	Frequenz	Abstand	Typische Werte für die Exposition	Bemerkungen
Mikrowellenkochgerät	2,45 GHz	5 cm 30 cm	0,62 W/m ² < 0,06 W/m ²	Mittelwert aus 130 Messungen
Verkehrsradar	9-35 GHz	3 m 10 m	< 250 mW/m ² < 10 mW/m ²	Leistung 0,5 -100 mW
Diebstahlsicherung	0,9-10 GHz		< 2 mW/m ²	im Nutzstrahl
CB-Funk, Walkie-Talkies	27 MHz	5 cm 12 cm	bis 1000 V/m bis 0,2 A/m bis 200 V/m bis 0,1 A/m	Leistung wenige Watt
starke Rundfunk- und Fernsehsender				
UKW, VHF-TV	88-108 Mhz	~ 1,5 km	< 50 mW/m ²	bis 100 kW Leistung
	54-88 Mhz	~ 1,5 km	< 20 mW/m ²	100-300 kW Leistung
	174-216 MHz			
UHF-TV	470-890 MHz	~ 1,5 km	< 5 mW/m ²	bis 5 MW Leistung
Kurzwelle	6-10 MHz	50 m 220 m	112 V/m 27,5 V/m	bei 750 kW Leistung
Mittelwelle	1,4 MHz	50 m 300 m	450 V/m 90 V/m	bei 1,8 MW Leistung
HF-Belastung in Ballungsgebieten	Rundfunk- und Fernsehsender		100-400 mW/m ²	Höchstwerte an einigen Orten in Großstädten der BRD (1985)
Flugüberwachungs- und Militärradars	1-10 GHz	0,1- 1km > 1 km	0,1-10 W/m ² < 0,5 W/m ²	Leistung 0,2-20 kW

Tab. 2: Typische Werte der Exposition durch Hochfrequenzfelder in Wohnung und Umgebung (Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz; Stand 2002)

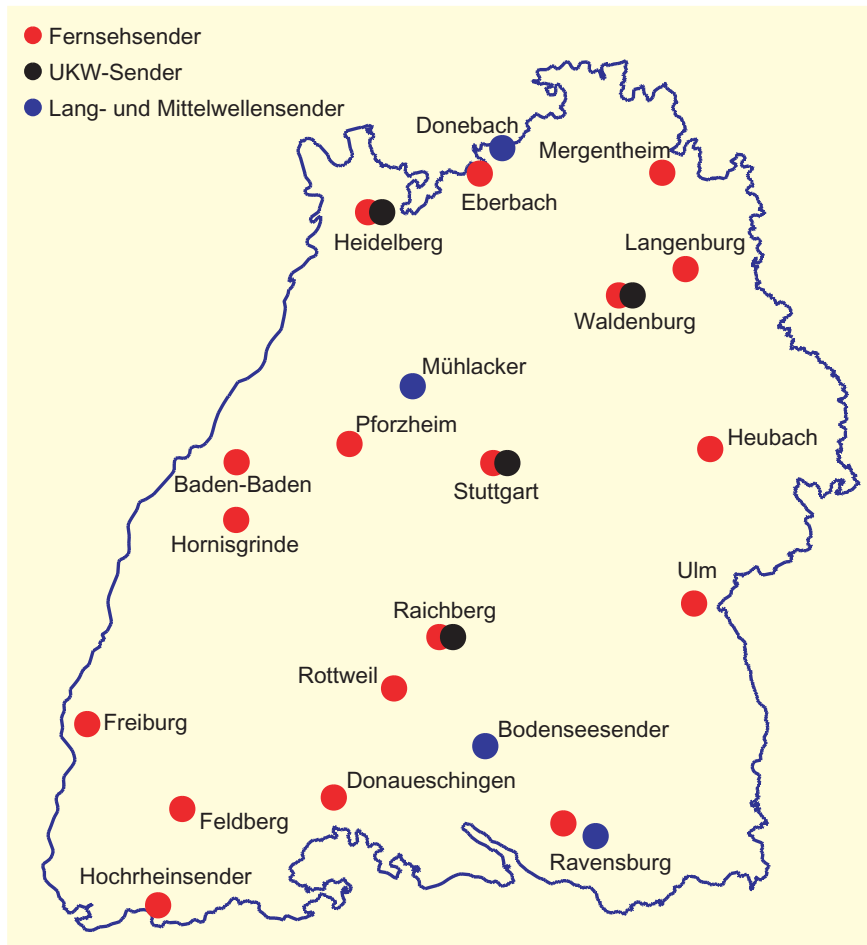


Abb. 11: Rundfunk- und Fernsehsender mit mindestens 100 kW Sendeleistung (Quelle: Deutsche Telekom; Stand 2000)

Entsprechend schnell wurde auch der Ausbau der zum Betrieb notwendigen Mobilfunknetze vorangetrieben. So stieg die Anzahl der ortsfesten Sendestationen bundesweit von 33 000 im März 2000 auf 41 000 im Juni 2002.

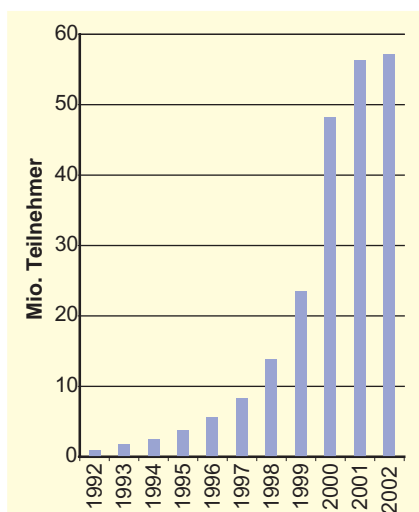


Abb. 12: Mobilfunkteilnehmer in Deutschland (Quelle: Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post)

In Deutschland gibt es vier Betreiber von digitalen Mobilfunknetzen mit ungefähr 58 Mio. Mobilfunkteilnehmern. Zukünftig können mit dem neuen UMTS-Standard (Universal Mobile Telecommunication System) nicht nur Sprache oder kurze Texte übertragen werden, sondern auch bewegte Bilder. Viele bisher nicht realisierbare Möglichkeiten, wie zum Beispiel mobiles Internet-Surfen oder die Übertragung von Videofilmen, werden mit UMTS Wirklichkeit. Mit der Einführung von UMTS ist aber auch die zusätzliche Errichtung von Basisstationen verbunden.

Beim Mobilfunk muss ein „zellulares Netz“ mit vielen kleinräumigen, nahtlos aneinander grenzenden „Funkzellen“ aufgebaut werden. Verantwortlich für die Versorgung einer Funkzelle ist die Basisstation. Die einzelnen Basisstationen sind untereinander und mit der zentralen Vermittlungsstelle des Netzbetreibers

über Kabel, Glasfaser oder Richtfunk verbunden.

Der Betrieb von Handys ist nur an Orten möglich, die eine Mobilfunkbasisstation des jeweiligen Netzbetreibers versorgt. Jede Mobilfunkbasisstation deckt, je nach ihrer Sendeleistung und der sie umgebenden Landschaft und Bebauung, Gebiete mit einem Umkreis zwischen einigen hundert Metern und wenigen Kilometern ab.

Eingeschaltete Handys und jeweils eine nahe gelegene Mobilfunkbasisstation stehen nicht ständig miteinander in Funkverbindung. Nach dem Anmeldevorgang geht das Handy in einen reinen Empfangsmodus. Nur in längeren Zeitabständen (je nach Netzbetreiber zwischen 0,5 bis 12 Stunden) wird ein Handy, wenn es örtlich nicht nennenswert bewegt wird (also in der gleichen Funkzelle bleibt), von der Basisstation aufgefordert, eine kurze Meldung abzusenden. Würde ein in Bereitschaft befindliches Handy ständig senden, wäre die Batterie nach sehr kurzer Zeit entladen. Wird ein Handy über größere Strecken bewegt, so sendet es automatisch immer dann ein kurzes Signal ab, wenn es die Funkzelle wechselt, also eine neue Basisstation für die Kommunikationsverbindung zuständig ist. Vom Handy gehen daher nur dann elektromagnetische Felder aus, wenn ein Funkzellenwechsel stattfindet, ein Telefongespräch geführt oder eine Kurzmitteilung (SMS) abgeschickt wird.

Um Übertragungskapazität zu gewinnen, kann bei den heutigen Mobilfunknetzen eine Sendefrequenz von bis zu 8 Handys benutzt werden. Um gegenseitige Störungen zu vermeiden, sind dabei die Reihenfolge und die Dauer, in der die einzelnen Handys senden, genau festgelegt. Dies führt dazu, dass das Handy das Gespräch in „Paketen“ abschickt, wobei nur in einem Achtel der Zeit tatsächlich gesendet wird. Bei der Basisstation ist die Signalstruktur wesentlich kontinuierlicher, da zum einen in der Regel mehrere Handys gleichzeitig angesprochen werden und außerdem Signalisierungsaufgaben zu erledigen sind. Wickelt eine Basisstation

gerade überhaupt kein Gespräch ab (z. B. mitten in der Nacht), ist dennoch ein quasi kontinuierliches Signalisierungssignal messbar.

Beim UMTS-Netz wird ein anderes Verfahren zur Datenübertragung verwendet werden, sodass sowohl das Handy als auch die Basisstation kontinuierlich senden können.

Die Sendeleistung des Handys und der Basisstation wird in Abhängigkeit von der Verbindungsqualität zwischen Handy und Basisstation gesteuert. Dies bedeutet, dass bei schlechter Verbindungsqualität eine deutlich höhere Sendeleistung erforderlich ist als bei guter Versorgung. Die Sendeleistungen von Handys liegen im D-Netz bei maximal 2 Watt und im E-Netz bei maximal 1 Watt. Die Sendeleistungen von Basisstationen liegen im D-Netz zwischen 10 Watt (je Kanal) in Wohngebieten und bis zu 50 Watt (je Kanal) außerorts. Beim E-Netz und beim zukünftigen UMTS-Netz beträgt die Sendeleistung maximal 20 Watt (je Kanal).

Da jede Basisstation lediglich einen Bereich von einigen hundert Metern in den Städten und einigen Kilometern in der freien Landschaft versorgen kann, erfordert eine flächendeckende Mobilfunkversorgung eine große Dichte von Basisstationen. Für die Aufstellung der Antennen werden vorrangig höher gelegene Masten oder höhere Gebäude gesucht, damit die einzelnen Basisstationen möglichst abschattungsfrei ihr Versorgungsgebiet abdecken können. Es werden allerdings in Städten auch Antennen in Litfasssäulen oder auf Telefonzellen errichtet (z. B. auf wichtigen Plätzen, in Fußgängerzonen

oder in Messe- und Bahnhofgebäuden).

5. Großräumige Ermittlung von Funkwellen in Baden-Württemberg

Über die tatsächliche Belastung der Bevölkerung durch hochfrequente elektromagnetische Felder lagen bisher keine repräsentativen Daten vor. Die Landesanstalt für Umweltschutz hat daher ein umfangreiches Messprogramm durchgeführt, mit dem die Einwirkungen durch Funkwellen in vier repräsentativen Gebieten Baden-Württembergs flächenhaft erfasst wurden. Die Rastermessungen erfolgten von Herbst 2001 bis Frühjahr 2003 an insgesamt 895 Messpunkten (Tab. 3). Dabei wurden alle wesentlichen Funkanwendungen im Frequenzbereich von 9 kHz bis 3 GHz, insbesondere Rundfunk, Fernsehen und Mobilfunk, abgedeckt. Die Messpunkte befanden sich auf einem regelmäßigen Raster von 2 x 2 km. Gemessen wurde im Freien in 1,50 m Höhe über Grund. Die Messungen deckten etwa zehn Prozent der Landesfläche ab und umfassten 143 Gemeinden, in denen etwa ein Drittel der Bevölkerung des Landes lebt.

Bewertung der Funkwellen

Die Immissionen wurden anhand der Empfehlung des Europäischen Rates 1999/519/EG bewertet. Die Messergebnisse wurden zu den dort aufgeführten Werten für die Feldstärken ins Verhältnis gesetzt. Diese entsprechen den Grenzwerten der in Deutschland geltenden Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV); die EU-Ratsempfehlung umfasst jedoch einen größeren Frequenzbereich.

Nach dem allgemein anerkannten biologischen Wirkungsmodell können die im menschlichen Körper aufgenommenen elektromagnetischen Wellen oberhalb einer Frequenz von 100 kHz je nach Stärke zu einer Temperaturerhöhung führen (thermische Wirkung). Für den Frequenzbereich unter 10 MHz sind neben der thermischen Wirkung auch die ausgelösten Körperströme zu betrachten.

Beide Effekte wurden bei der Auswertung berücksichtigt. Hierzu wurden die Einzelbeiträge jeder Frequenz wirkungsgerecht aufsummiert. Das größere der beiden Ergebnisse (thermische Wirkung einerseits, Körperströme andererseits) wurde als Gesamtmission festgehalten. Die Ergebnisse sind in Prozent vom Grenzwert (Grenzwertausschöpfung) angegeben.

Höhe der Einwirkungen

Die Einwirkungen durch elektromagnetische Felder lagen im landesweiten Durchschnitt bei etwa einem Hundertstel des Grenzwertes. An 60 Prozent der Messpunkte war dieser Wert unterschritten. An acht Punkten war die Grenzwertausschöpfung größer als 5 Prozent. Kein Einzelwert lag über 10 Prozent des Grenzwertes.

Neben dem Abstand zu den Sendeanlagen bestimmt vor allem die Sendeleistung die Höhe der Feldstärken. Die höchsten Einzelwerte wurden überwiegend durch leistungsstarke Rundfunk- und Fernsehsender verursacht. Einwirkungen von 2 Prozent des Grenzwertes oder mehr ergaben sich nur in unmittelbarer Sendernähe. Beim Mobilfunk können solche Werte nur bis zu wenigen hundert Metern

Untersuchungsgebiet	Messpunkte	davon innerorts	davon außerorts
Mannheim-Heidelberg	161	61	100
Freiburg	76	17	59
Stuttgart	577	130	447
Oberschwaben	81	20	61
Summe	895	228	667

Tab. 3: Aufteilung der Messpunkte (LfU, 2003)

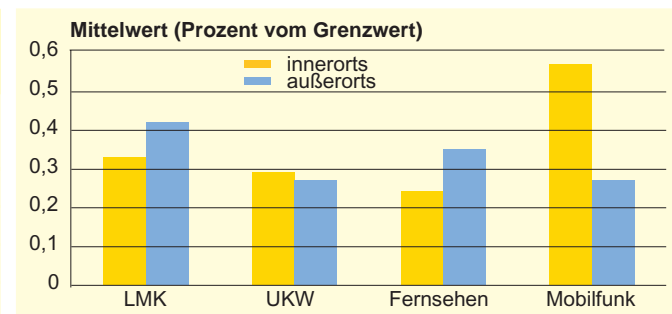


Abb. 13: Beiträge der verschiedenen Funkdienste innerorts und außerorts im Vergleich (Quelle: LfU, 2003)

Entfernung von der Sendeanlage auftreten, wenn Sichtverbindung zu den Sendeanennen besteht. Die Abstrahlcharakteristik der Antennen, die meist auf Masten, Gebäudedächern oder Türmen montiert sind, minimiert die Immissionen in Bodennähe.

Innerorts war der Beitrag des Mobilfunks zu den Einwirkungen durch elektromagnetische Felder meist größer als der Beitrag durch Rundfunk und Fernsehen. Außerorts war es gerade umgekehrt, da sich die Sendeanlagen für Rundfunk und Fernsehen in der Regel außerhalb geschlossener Ortschaften auf Bergen oder hohen Sendetürmen befinden. Abb. 13 zeigt die durchschnittlichen Beiträge der einzelnen Funkdienste innerorts und außerorts im Vergleich.

Insgesamt dominierten Rundfunk (Lang-, Mittel- und Kurzwelle = LMK sowie UKW) und Fernsehen an 80 Prozent aller Messpunkte. Die Einwirkungen durch diese Funkdienste lagen im Landesdurchschnitt bei rund 0,8 Prozent des Grenzwertes. Gemittelt über alle Messpunkte betrug der Anteil des Mobilfunks an den Gesamtmissionen etwa ein Fünftel. Dabei schöpfte der Mobilfunk den Grenzwert im Durchschnitt über alle Messpunkte nur zu rund 0,3 Prozent aus. Abb. 14 veranschaulicht die durchschnittliche Grenzwertausschöpfung und den Anteil der einzelnen Funkdienste an der Gesamtmission.

Ergebnisse Raum Mannheim-Heidelberg

Knapp zwei Drittel aller Messpunkte im Untersuchungsgebiet Mannheim-Heidelberg wiesen Immissionen auf, die kleiner sind als ein Hundertstel des Grenzwertes. An keinem Punkt überstiegen die Einwirkungen die Fünf-Prozent-Marke; der höchste Einzelwert lag bei vier Prozent des Grenzwertes. Zu diesem Wert trug eine nahe gelegene Mobilfunkbasisstation den größten Anteil bei (Abb. 15).

Raum Freiburg

Die Einwirkungen durch Funkwellen waren bei nahezu drei Vierteln der

Messpunkte im Untersuchungsgebiet Freiburg niedriger als ein Hundertstel des Grenzwertes. An einem Punkt lagen sie über fünf Prozent. Die Gesamtmission erreichte dort knapp 10 Prozent. Ursache für diesen relativ hohen Einzelwert war ein nahe gelegener Rundfunksender (Abb. 16).

Raum Stuttgart

Das Untersuchungsgebiet Stuttgart war das größte und erstreckte sich von Plochingen bis in den Pforzheimer Raum. An 58 % der Messpunkte wurden Immissionen unterhalb eines Hundertstels des Grenzwertes ermittelt. Sechs Punkte lagen oberhalb der Fünf-Prozent-Marke mit Werten zwischen 5,6 und 8,7 %. Davon waren in fünf Fällen nahe gelegene Rundfunk- und Fernsehsender und in einem Fall eine Mobilfunkbasisstation die Hauptverursacher (Abb. 17).

Raum Oberschwaben

Der Anteil der Messpunkte mit Einwirkungen kleiner als ein Prozent des Grenzwertes entsprach hier mit 61 % in etwa dem Landesdurchschnitt. Höhere Gesamtmissionen als 5 % des Grenzwertes wurden nur an einem einzigen Punkt gemessen. Hauptverursacher für diesen Wert (7 %) war ein Rundfunksender (Abb. 18).

6. Grenzwerte

In Deutschland wurde zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern 1996 die Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV) erlassen. Die Verordnung legt Grenzwerte für den Gesundheitsschutz fest, die auf international anerkannten Empfehlungen basieren. Diese Grenzwerte wurden mehrfach bestätigt (Richtlinie der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierenden Strahlen (ICNIRP) 1998, EU-Rats-Empfehlung 1999, Empfehlung der Strahlenschutzkommission 2001).

Die Verordnung enthält Anforderungen an die Errichtung und den Betrieb von Niederfrequenz- und

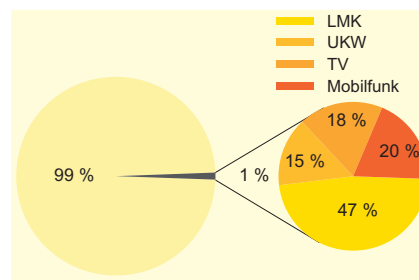


Abb. 14: Alle Funkdienste zusammen schöpfen den Grenzwert zu rund einem Prozent aus (links). Der über alle Messpunkte gemittelte Anteil der einzelnen Funkdienste an den Gesamtmissionen ergibt sich aus dem rechten Teil der Graphik. (Quelle: LfU, 2003)

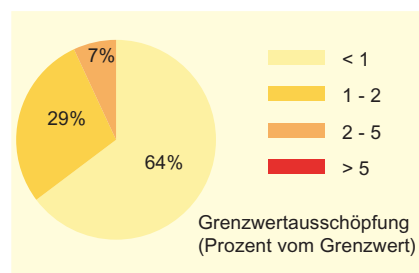


Abb. 15: Verteilung der Gesamtmissionen an allen 161 Messpunkten im Untersuchungsgebiet Mannheim-Heidelberg

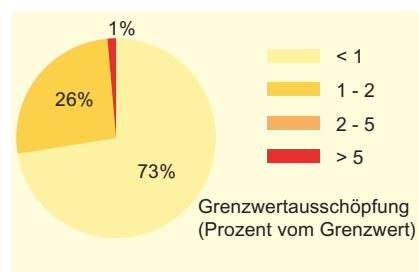


Abb. 16: Verteilung der Gesamtmissionen an allen 76 Messpunkten im Untersuchungsgebiet Freiburg

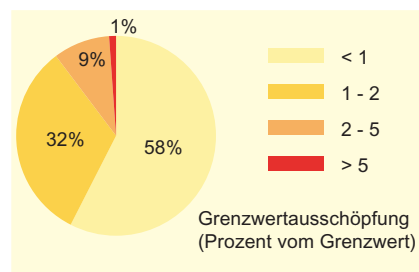


Abb. 17: Verteilung der Gesamtmissionen an allen 577 Messpunkten im Untersuchungsgebiet Stuttgart

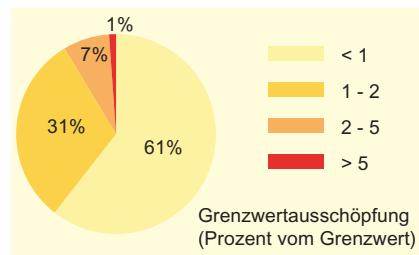


Abb. 18: Verteilung der Gesamtmissionen an allen 81 Messpunkten im Untersuchungsgebiet Oberschwaben

Hochfrequenzanlagen. Sie gilt für ortsfeste Anlagen, die gewerblichen Zwecken dienen oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen Verwendung finden und nicht einer Genehmigung nach § 4 BImSchG bedürfen. Die Einschränkung auf wirtschaftlich bzw. gewerblich genutzte Anlagen bedeutet, dass alle Anlagen, die solchen Zwecken nicht dienen (z. B. Amateurfunk), nicht unter die 26. BImSchV fallen. Auch nicht ortsfeste Anlagen (z. B. elektrische Geräte und Handys) werden von der 26. BImSchV nicht erfasst.

Im Niederfrequenzbereich regelt die Verordnung die Frequenzen von $16 \frac{2}{3}$ Hertz und von 50 Hertz. Im Hochfrequenzbereich gilt sie für Anlagen mit einer Sendefrequenz zwischen 10 bis 300 000 MHz und einer Sendeleistung von mindestens 10 W.

Die Anlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass in ihrem Einwirkungsbereich in Gebäuden oder auf Grundstücken, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung und unter Berücksichtigung von Immissionen durch andere Nieder- bzw. Hochfrequenzanlagen die festgelegten Grenzwerte eingehalten werden (Tab. 4 und 5).

Nicht einbezogen sind Rundfunksender der Lang-, Mittel- und Kurzwelle. Für die hier wesentlichen Frequenzbereiche von 0,1 bis 10 MHz kann auf die Empfehlung der Strahlenschutzkommission vom September 2001 zurückgegriffen werden.

Bevor ortsfeste Funksendeanlagen in Betrieb gehen, ist dies der zuständigen Behörde – in Baden-Württemberg den Staatlichen Gewerbeaufsichtsamtern – mitzuteilen. Voraussetzung für die Betriebserlaubnis ist eine Standortbescheinigung der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post, die diese Anlagen auch überwacht. Diese Bescheinigung legt Leistungsbeschränkungen und Abstrahlwinkel mit den daraus sich ergebenden Sicherheitsabständen zu allgemein zugänglichen Bereichen verbindlich fest.

Frequenz in Hertz (Hz)	Elektrische Feldstärke Effektivwert in kV/m	Magnetische Flussdichte Effektivwert in μT
50	5	100
$16 \frac{2}{3}$	10	300

Tab. 4: Grenzwerte für Niederfrequenzanlagen gemäß 26. BImSchV

Frequenz in Megahertz (MHz)	Effektivwert der Feldstärke, quadratisch gemittelt über 6-Minuten-Intervalle	
	Elektrische Feldstärke in V/m	Magnetische Feldstärke in A/m
10-400	27,5	0,073
400-2000	1,375 f	0,0037 f
2000-300000	61	0,16

Tab. 5: Grenzwerte für Hochfrequenzanlagen gemäß 26. BImSchV

7. Anhang

7.1 Quellen- und Literaturhinweise

Verordnung über elektromagnetische Felder vom 16.12.1996 (26. VO zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, 26. BImSchV.BGBl I S. 1966)

Erlass des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg bezüglich Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder vom 28.12.1998 (GABI 1999 S. 246)

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Elektromagnetische Felder im Alltag. Karlsruhe 2002

Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Mobilfunk. Faltblatt. Stuttgart 2000

Leitgeb, Norbert: Machen elektromagnetische Felder krank? Springer-Verlag, Wien 2000

7.2 Informationsmöglichkeiten

Bundesamt für Strahlenschutz: www.bfs.de

Forschungsgemeinschaft Funk e.V.: www.fgf.de

Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit: www.fernu.rwth-aachen.de

Handy-Modelle: www.handywerte.de

ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection): www.icnirp.de

IRPA (International Radiation Protection Association): www.irpa.net

Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP): www.regtp.de

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL): www.elektrosmog-schweiz.ch

Strahlenschutzkommission: www.ssk.de

Weltgesundheitsorganisation (WHO), „International EMF Project“: www.who.ch/peh-emf

www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt3/funkwellen

RADIOAKTIVITÄT

1. Einführung	83
2. Anlagenbezogene Überwachung	86
3. Allgemeine Überwachung: Radioaktivität in Umweltmedien	91
4. Anhang	96

1. Einführung

Jede Materie besteht aus Atomen, die sich in ihren Atomkernen und in den Elektronenhüllen unterscheiden. Die meisten auf der Erde vorkommenden Elemente und ihre Isotope sind stabil, einige instabil. Sie zerfallen nach gewissen Zeiten. Ihre Kerne wandeln sich dabei in andere Kerne um. Diesen Vorgang nennt man radioaktiven Zerfall. Instabile Atomkerne geben bei ihrem Zerfall meist Strahlung ohne äußere Einwirkung ab, sind also radioaktiv. Die physikalische Größe, mit der die Zerfallsraten – das sind die pro Sekunde zerfallenden Atomkerne – beschrieben werden, heißt Radioaktivität oder kurz auch Aktivität. Radioaktivität ist immer eine stoffgebundene Eigenschaft. Die Maßeinheit für die Radioaktivität wird mit Becquerel bezeichnet. Ein Becquerel (Bq) entspricht einem Zerfall (einer Umwandlung) eines Atomkerns pro Sekunde.

Die charakterisierende Größe des radioaktiven Zerfalls ist die Halbwertszeit, also die Zeit, nach der die Hälfte der ursprünglich vorhandenen Menge des radioaktiven Materials durch Zerfall umgewandelt ist. Sie ist unterschiedlich und spezifisch für jedes Radionuklid und reicht von Mikrosekunden bis zu Milliarden von Jahren.

Ein weiteres charakteristisches Merkmal eines radioaktiven Stoffes ist die

ausgesandte Strahlung. Trifft die beim radioaktiven Zerfall entstandene energiereiche Strahlung auf Materie, so verändert sie deren inneres Gefüge: die Strahlung wirkt ionisierend.

Man unterscheidet bei den ionisierenden Strahlen aus Radionukliden als wichtigste Arten:

- Alphastrahlung: positiv geladene Teilchenstrahlung aus Heliumkernen (zwei Protonen und zwei Neutronen);
- Betastrahlung: negativ oder positiv geladene Strahlung leichter Teilchen (Elektronen oder Positronen);
- Gammastrahlung: elektromagnetische Strahlung.

Die Energieabgabe und damit auch das Durchdringungsvermögen bzw. die Schwächung dieser Strahlungen beim Durchgang durch Materie ist sehr unterschiedlich. Alphastrahlung, als schwere Teilchenstrahlung, ionisiert die durchdrungene Materie auf kurzer Wegstrecke sehr dicht, während Betastrahlen und vor allem Gammastrahlen weitaus weniger dicht ionisieren.

Die Teilchenstrahlungen Alpha- und Betastrahlen haben begrenzte Reichweiten. Sie liegen für Alphastrahlen bei maximal ca. 12 cm in der Luft bzw. maximal ca. 0,15 mm in Gewebe, für

Betastrahlen bei maximal ca. 15 m in der Luft bzw. 2 cm in Gewebe. Die Reichweite niedrigstenergetischer Betastrahlung, wie z.B. derjenigen des Radionuklids Tritium, liegt bei nur ca. 0,6 cm in der Luft bzw. 0,01 mm in Gewebe. Für Gammastrahlung gibt es keine exakt begrenzten Reichweiten, sondern nur stark energie-, material- und schichtdickenabhängige Schwächungsfaktoren. Diese Schwächungsfaktoren werden am besten in Form von Halbwertsschichten charakterisiert, also Materialschichtstärken, welche die Intensitäten der Gammastrahlen jeweils auf die Hälfte herabsetzen. Die Halbwertsschichten für Luft betragen etwa 100 m bei einer Gammastrahlung von 1 MeV (Mega-elektronenvolt) bzw. etwa 35 m bei 0,1 MeV. Die entsprechenden Halbwertsschichten für Wasser oder Gewebe liegen bei etwa 15 cm bzw. 5 cm (Abb.1).

Obwohl der Mensch nicht in der Lage ist, ionisierende Strahlen und damit die Radioaktivität unmittelbar wahrzunehmen, erlaubt die moderne Messtechnik den Nachweis solcher Strahlung mit außerordentlich hoher Empfindlichkeit, so dass die radioaktiven Nuklide heute zu den am besten bekannten Stoffen zählen.

Entscheidend für den Menschen und damit auch für den Strahlenschutz ist die biologische Wirkung, die die ionisierende Strahlung im menschlichen Organismus hervorruft. Die Wirkung, die eine aufgenommene Strahlung



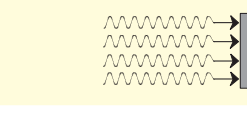
Strahlenart		maximale Reichweite	
		in Luft	in Gewebe
Alpha-Strahlen	 Helium kern	bis 12 cm	bis 0,15 mm
Beta-Strahlen	 Elektron	bis 15 m	bis 2 cm
Gamma-Strahlen		35 - 100 m Schwächung auf die Hälfte	5 - 15 cm

Abb. 1: Strahlenarten und ihre Eigenschaften

erzeugt, wird als Dosis bezeichnet. Jede der genannten Strahlungsarten führt im biologischen Gewebe zur Aufnahme von Energie, was zur Schädigung von Zellen oder Erbgut führen kann. Zur Beschreibung dieser je Masseneinheit aufgenommenen Energie dient primär die physikalische Größe Energiedosis mit der Einheit Gray (Gy). 1 Gray bedeutet den Energieeintrag von 1 Joule/kg.

Die biologische Wirkung einer Strahlenart beruht aber nicht nur auf der absorbierten Energie, sondern vor allem auch auf deren räumlicher Verteilung. Je kleiner der Bereich ist, in dem eine bestimmte Menge Energie wirkt, desto größer ist die biologische Wirkung der Strahlung. Die Zeit, in der eine Dosis verabreicht wird, spielt eine ebenso wichtige Rolle. Aufgrund von Reparaturmechanismen in den Zellen des menschlichen Körpers fällt die Schädigung umso geringer aus, je größer der Zeitraum ist, in dem man eine bestimmte Dosis erhält, je geringer also die Dosis je Zeiteinheit ist. Dies führte zur Einführung der Äquivalentdosis mit der Einheit Sievert. 1 Sievert (Sv) bedeutet ebenfalls den Energieeintrag von 1 Joule/kg, jedoch ist dieser biologisch bewertet. Die Äquivalentdosis ist gleich der Energiedosis, multipliziert mit einem bewertenden Qualitätsfaktor. Dieser Strahlungswichtungsfaktor ist unter anderem abhängig von der Strahlenart. Er beträgt – gleichartige Strahlungsverhältnisse vorausgesetzt – für Alphastrahlung 20, für Beta-, Gamma- und Röntgenstrahlung jeweils eins.

Der für Alphastrahlung 20 mal höhere Wert spiegelt die Besonderheit wider, dass Alphastrahlen ihre Energie in sehr viel kleineren Bereichen des Gewebes abgeben als Beta- oder Gammastrahlen. Alphastrahlende Radionuklide sind besonders schädlich für das Gewebe, wenn sie einmal in den Körper gelangt sind und dort verbleiben. Hingegen sind Alphastrahlen außerhalb des menschlichen Körpers fast bedeutungslos. Letztendlich kann ein Vergleich von Strahlenexpositionen nur über die effektive Dosis erfolgen, die sich aus der Summe von gewichteten Strahlendosen einzelner Organe ergibt (siehe auch Abb. 2).

Von den aus der Umwelt auf den Menschen von außen einwirkenden Strahlenarten durchdringt die Gammastrahlung den menschlichen Körper am stärksten. Die durch äußere Strahlung verursachte Dosis stammt deshalb fast vollständig von dieser Strahlungsart. Bei der Überwachung der äußeren Strahlung wird daher stets nur die an einem bestimmten Ort vorherrschende Gammadosis ermittelt (Gammaortsdosis). Die pro Zeiteinheit ermittelte Dosis wird als Gammaortsdosisleistung bezeichnet. Diese wird in der Regel in Mikro- oder Nanosievert pro Stunde ($\mu\text{Sv/h}$ oder nSv/h) angegeben oder auf das Jahr bezogen (mSv/a).

1.1 Natürliche Radioaktivität

Einige der auf der Erde vorkommenden natürlichen Radionuklide, wie z.B. Uran-238, Thorium-232 oder Kali-

um-40, haben Halbwertszeiten in der Größenordnung des Erdalters. Davon sind Uran-238 und Thorium-232 Ausgangsnuklide von Zerfallsreihen, die zahlreiche weitere natürliche Radionuklide enthalten. Davon gelangen Radon (Radon-222) bzw. Thoron (Radon-220) und ihre Folgeprodukte auch in die Atmosphäre. Zusätzlich werden durch die Wechselwirkung der aus dem Weltall kommenden kosmischen Strahlung mit der umgebenden Luftschicht radioaktive Nuklide, wie Kohlenstoff-14, Beryllium-7 und Tritium, ständig neu erzeugt. Die Radionuklide, die durch die Einwirkung der kosmischen Strahlung entstanden sind, bezeichnet man als kosmogen.

Durch die Aufnahme solcher Radionuklide mit der Atemluft oder der Nahrung kommt es neben der äußeren Strahlenbelastung auch zu einer merklichen inneren Strahlenbelastung des Menschen.

Die wichtigsten natürlichen Radionuklide enthält Tab. 1. Bis auf die vier kosmogenen Radionuklide sind diese vor allem in den Böden und Gesteinen der Erdkruste vorhanden und damit auch in anorganischen Baumaterialien und Zuschlagstoffen auffindbar.

1.2 Künstliche Radioaktivität

Künstlich erzeugte Radionuklide sind zu Hunderten bekannt und unterliegen samt ihren Strahlungen denselben Gesetzmäßigkeiten wie die natürlichen Radionuklide. Praktische Bedeutung für die Belastung von Mensch und Umwelt haben jedoch nur einige wenige Nuklide, die entweder große Halbwertszeiten besitzen oder stärker radiotoxisch sind. Einige wichtige künstlich erzeugte Radionuklide sind in Tab. 2 zusammengestellt. Darunter finden sich auch natürlich vorkommende Radionuklide, wie Tritium und Kohlenstoff-14, die heute auch durch menschliche Tätigkeiten in größerer Menge künstlich erzeugt (anthropogene Radionuklide) werden.

Kurz nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl standen die kurzlebigen Radionuklide, insbesondere das

Radionuklid Iod-131, im Mittelpunkt des Interesses von Öffentlichkeit und Fachleuten. In der Folgezeit blieb bis heute als einzig bedeutsames „Tschernobyl“-Nuklid praktisch nur noch Cäsium-137 relevant, das fast in jedem am Stoffkreislauf beteiligten Umweltmedium in unterschiedlichen Konzentrationen zu finden ist. Daneben sind auch die Auswirkungen der früheren oberirdischen Kernwaffentestexplosionen aus den 50er Jahren und dem Anfang der 60er Jahre noch nachweisbar. Hieraus stammen ein Teil des heute in der Umwelt vorhandenen Cäsium-137 und die Hauptmenge des vorhandenen Strontium-90. Die Einträge aus dem Normalbetrieb von Kernkraftwerken sind demgegenüber gering.

In der Vergangenheit stellte man Strahlenquellen, die sowohl in der Medizin zur Tumorthherapie als auch in der Grundlagenforschung eingesetzt wurden, durch Anreicherung natürlicher Radionuklide, wie z.B. Radium-226, her. Inzwischen werden die natürlichen Substanzen fast völlig durch gezielt hergestellte künstliche Radionuklide wie Kobalt-60, Strontium-90, Iod-125, Cäsium-137 und Iridium-192 ersetzt.

Aufgrund der unterschiedlichen Nutzeranforderungen in Medizin, Technik und Forschung bezüglich Strahlenart, Strahlenhärte (Strahlenenergie) und Strahlenintensität wurden zunehmend auch Beschleuniger errichtet. Es handelt sich hierbei um Anlagen, die erst bei ihrem Einschalten ionisierende Strahlen erzeugen und insofern keine permanenten Strahlenquellen darstellen.

In Baden-Württemberg gibt es etwa zwei Dutzend Orte, in denen in beträchtlichem Umfang umschlossene radioaktive Quellen in Forschung, Technik und Medizin verwendet werden oder in denen Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung arbeiten. Der berufliche Umgang mit radioaktiven Stoffen sowie mit Beschleunigern wird durch die Strahlenschutzverordnung geregelt. Seit 1. April 2001 gelten für Beschäftigte und Personen aus der Allgemeinbevölkerung strengere Dosisgrenzwerte.

Ursache	Folge	Wirkung
Radioaktivität	Strahlung	Dosis
Zahl der pro Sekunde zerfallenden Atomkerne		Wirkung der aufgenommenen Strahlung („das, was hängen bleibt“)
Maßeinheit: Becquerel (Bq)		Energiedosis Maßeinheit: Gray (Gy)
		Äquivalentdosis Maßeinheit: Sievert (Sv)

Abb. 2: Radiologische Zusammenhänge

Radionuklid	Art der Strahlung*	Halbwertszeit	Ursprung bzw. Anwendung
Wasserstoff-3 (Tritium)	β	12,3 Jahre	kosmogen
Beryllium-7	γ	53 Tage	kosmogen
Kohlenstoff-14	β	5.730 Jahre	kosmogen
Natrium-22	β, γ	2,6 Jahre	kosmogen
Kalium-40	β, γ	1,27 Milliarden Jahre	Erdkruste
Blei-210	α, β, γ	22,3 Jahre	Uran-Reihe, Erdboden
Blei-212	α, β, γ	10,6 Stunden	Thorium-Reihe, Erdboden, Luft
Blei-214	α, β, γ	26,8 Minuten	Uran-Reihe, Erdboden, Luft
Wismut-214	α, β, γ	19,8 Minuten	Uran-Reihe, Erdboden, Luft
Radon-220 (Thoron)	α, β, γ	55 Sekunden	Thorium-Reihe, Erdboden, Luft
Radon-222 (Radon)	α, β, γ	3,82 Tage	Uran-Reihe, Erdboden, Luft
Radium-226	α, β, γ	1.600 Jahre	Uran-Reihe, Erdboden
Thorium-232	α, β, γ	14 Milliarden Jahre	Erdkruste
Uran-235	α, β, γ	0,7 Milliarden Jahre	Erdkruste
Uran-238	α, β, γ	4,5 Milliarden Jahre	Erdkruste

*α = Alphastrahlung; β = Betastrahlung; γ = Gammastrahlung

Bei der angegebenen Art der Strahlung sind auch die Folgeprodukte des genannten Radionuklids berücksichtigt

Tab. 1: Natürlich vorkommende Radionuklide

Radionuklid	Art der Strahlung*	Halbwertszeit	Ursprung bzw. Anwendung
Wasserstoff-3 (Tritium)	β	12,3 Jahre	Kernwaffenfallout, Leuchtfarben, Kerntechnik
Kohlenstoff-14	β	5.730 Jahre	Kerntechnik, Medizin
Kobalt-60	β, γ	5,3 Jahre	Medizin, Kerntechnik
Technetium-99 m	β, γ	6,0 Stunden	Medizin
Strontium-90	β	28,5 Jahre	Kernwaffenfallout, Kerntechnik, Medizin
Iod-125	γ	60 Tage	Medizin
Iod-131	β, γ	8 Tage	Medizin, Kerntechnik
Cäsium-134	β, γ	2 Jahre	Kerntechnik
Cäsium-137	β	30 Jahre	Kernwaffenfallout, Tschernobyl, Kerntechnik, Medizin
Promethium-147	β, γ	2,6 Jahre	Leuchtfarben
Iridium-192	β, γ	74 Tage	Prüftechnik, Medizin
Plutonium-238	α, γ	87,7 Jahre	Kerntechnik, Isotopenbatterien
Plutonium-239	α, γ	24.110 Jahre	Kerntechnik, Kernwaffentechnik
Americium-241	α, γ	433 Jahre	Kerntechnik, Brandmelder, Prüftechnik

*α = Alphastrahlung; β = Betastrahlung; γ = Gammastrahlung

Bei der angegebenen Art der Strahlung sind auch die Folgeprodukte des genannten Radionuklids berücksichtigt

Tab. 2: Künstliche Radionuklide

Neue Strahlenschutzverordnung seit 1. August 2001

- Bevölkerungsdosis von 1,5 mSv pro Jahr auf 1 mSv herabgesetzt
- Grenzwerte für beruflich Strahlenexponierte nur noch 20 mSv statt 50 mSv pro Jahr
- Grenzwerte für Ableitungen radioaktiver Stoffe aus Kontrollbereichen neu berechnet

1.3 Strahlenexposition

Bedingt durch die kosmische Strahlung, die natürlichen Radionuklide in der Erde, den Gesteinen und den vom Menschen genutzten Baumaterialien ergibt sich in Deutschland eine mittlere effektive Dosis durch natürliche Strahlung von ca. 2,1 mSv im Jahr.

Neben der von außen wirkenden Gammastrahlung (kosmische Strahlung, terrestrische Strahlung) tragen schließlich auch die mit der Atemluft und der Nahrung in den Körper gelangenden Radionuklide zur Strahlenexposition bei.

Über die Hälfte des natürlichen Beitrags zur menschlichen Strahlenbelastung ist dabei auf das radioaktive Edelgas Radon zurückzuführen. Dieses bildet sich aus dem Radium und gelangt im Wesentlichen aus dem Erdboden und den Baumaterialien in die Luft. Dort entstehen weitere radioaktive Folgeprodukte, die dann über die Atmung in die Lunge gelangen und den Hauptanteil der natürlichen Strahlenbelastung bewirken, allerdings mit erheblichen regionalen Unterschieden.

Nach der Entdeckung der Kernspaltung im Jahr 1938 durch Otto Hahn eröffneten sich viele Anwendungsbereiche für die breite Nutzung radioaktiver Stoffe, weil nun auch künstliche Radionuklide erzeugt und gewonnen werden konnten. Dies blieb nicht ohne Einfluss auf die Strahlenexposition. Außerdem muss man den Einsatz von Röntgenstrahlen in der Medizin beachten, wenn Aussagen über die zivilisatorische Belastung durch ionisierende Strahlung gemacht werden sollen. Insgesamt beträgt das Mittel dieser medizinisch verursachten

zivilisatorischen Strahlenexposition etwa 2,0 mSv im Jahr. Die medizinisch bedingte Strahlenexposition verteilt sich allerdings sehr ungleichmäßig über die Bevölkerung.

Alle anderen zivilisationsbedingten Beiträge – zusammengefasst etwa 0,3 mSv pro Jahr – sind wesentlich kleiner als die regionalen Schwankungen der natürlichen Strahlenexposition. Auch die derzeitige, mittlere jährliche Strahlenexposition durch den Reaktorunfall in Tschernobyl ist mit weniger als 0,015 mSv im Vergleich mit der natürlichen und der medizinischen Belastung sehr gering. Sie ist jedoch neben der Kernwaffen-„Fallout“-bedingten Dosis der einzige durch Menschen verursachte Beitrag aus der Anwendung der Kerntechnik.

Die unterschiedlichen Beiträge zur jährlichen Strahlenexposition in Deutschland enthält Abb. 3. Die dargestellten Werte sind Durchschnittswerte. Sie geben keine Auskunft über die individuelle Strahlenbelastung im Einzelfall. Mit ihnen ist es jedoch möglich, die zivilisatorisch bedingte Strahlenbelastung eines Menschen in normalen Lebensverhältnissen mit der durchschnittlichen natürlichen Strahlenbelastung zu vergleichen.

1.4 Überwachung der Radioaktivität

In Erfüllung des Schutzzweckes des Atomgesetzes, „Leben, Gesundheit und Sachgüter vor den Gefahren der Kernenergie und der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlen zu schützen“, und des Schutzzieles des Strahlenschutzvorsorgegesetzes, „zum Schutze der Bevölkerung die Radioaktivität in der Umwelt zu überwachen“, hat Baden-Württemberg ein komplexes System zur Überwachung der Radioaktivität aufgebaut.

Schwerpunkte der Überwachung liegen bei den kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen. Es wird jedoch auch flächendeckend das ganze Land erfasst. Die Daten laufen bei der Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) zusammen, werden dort ausgewertet und ermöglichen einen Gesamtüberblick über die radiologische Situation.

Das Überwachungssystem kontrolliert die Abgaben der Anlagen (Emissionen) und die Einträge in die Umwelt (Immissionen). Es besteht aus folgenden Komponenten:

Anlagenbezogene Überwachung der Radioaktivität nach dem Atomrecht:

- Emissionsüberwachung
- Kernreaktorfernüberwachung (Emissionen und Immissionen)
- Umgebungsüberwachung (Immissionen)

Allgemeine Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz:

- Integriertes Mess- und Informationssystem des Bundes und der Länder (IMIS)
- Radioaktivitätsmessnetze
- Radiologische Forschungsvorhaben

Für die anlagenbezogene Überwachung und für die allgemeine Überwachung gilt: Neben automatisch rund um die Uhr arbeitenden Messeinrichtungen mit Datenfernübertragung werden auch Programme zur Entnahme von Proben mit anschließender Untersuchung im Labor durchgeführt.

2. Anlagenbezogene Überwachung

In der anlagenbezogenen Überwachung der Radioaktivität spielt die Emissionserfassung bei einer Anlage eine entscheidende Rolle. Denn jede Abgabe (Emission) radioaktiver Stoffe ist zwangsläufig mit einem Eintrag (Immission) in die Umwelt verbunden. Der Zusammenhang zwischen Emission und Immission kann sehr komplex sein. Im Wesentlichen sind die folgenden Vorgänge und Gesichtspunkte für den Eintrag in die Umwelt und damit auch für die Pfade zum Menschen von Bedeutung:

- Art, Höhe, Menge und Zeitpunkt der Freisetzung,
- Verteilung und Verfrachtung mit der Luft,
- Transport und Verteilung mit dem Wasser,
- Verhalten und Verbleiben von Radionukliden in der Umwelt,
- Anreicherung in der Nahrungskette und Aufnahme über die Atemluft.

Abb. 4 bis 12 veranschaulichen die Emissionen radioaktiver Stoffe. Dabei sind in die Emissionen des Forschungszentrums Karlsruhe (FZK) die Abgaben aus den stillgelegten Anlagen zur Wiederaufarbeitung bestrahlter Kernbrennstoffe (WAK), aus dem Mehrzweckforschungsreaktor (MZFR) und aus der Kompakten Natriumgekühlten Kernreaktoranlage (KNK), einbezogen; enthalten sind ferner die Abgaben aus dem in Betrieb stehenden Europäischen Institut für Transurane (ITU) und aus dem auf dem Gelände befindlichen TÜV-Labor.

2.1 Emissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen

Beim Umgang mit radioaktiven Substanzen sind in vielen Fällen Abgaben (Emissionen) radioaktiver Stoffe an die Umwelt unvermeidlich. Sie werden bei kerntechnischen Anlagen kontrolliert und bilanziert, und zwar für die Abgabepfade Abluft und Abwasser.

2.1.1 Abgaben mit der Abluft

Bei kerntechnischen Anlagen wird grundsätzlich die gesamte fortzuleitende Abluft über den Kamin abgeleitet und überwacht. Die Abgaben radioaktiver Stoffe werden dabei getrennt nach Nuklidgruppen bilanziert. Die Nuklide einer Nuklidgruppe, dies sind artverwandte Nuklide, werden mit dem jeweils gleichen Messverfahren ermittelt. Folgende Nuklidgruppen und Einzelnuclide werden bei deutschen Kernanlagen überwacht und bilanziert:

Radioaktive Gase

Bei Kernkraftwerken handelt es sich vorwiegend um kurzlebige radioaktive Isotope der Edelgase Xenon und Krypton.

Die Edelgasemissionen spiegeln sowohl die leistungsabhängige Bildung von Edelgasen als auch die Dichtigkeit der Brennelementhüllen beim Betrieb von Kernkraftwerken wider (Abb. 4). Die Edelgasemissionen des FZK setzen sich vorwiegend aus Xenonisotopen zusammen.

Die Emissionen bei der Wiederaufarbeitungsanlage (WAK) bestanden hauptsächlich aus dem Nuklid Krypton-85, das in seiner Menge unmittelbar proportional zum durchgesetzten, abgebrannten Brennstoff war. Mit der Einstellung der Wiederaufarbeitung zum Jahresende 1990 gingen die Emissionsraten der Edelgase deutlich zurück.

Auch Anlagen, die stillgelegt wurden, können noch Edelgase abgeben, solange nicht alle Brennelemente entladen und abtransportiert sind oder sie noch nicht völlig frei von Kernbrennstoffen sind.

Die durch diese künstlich erzeugten radioaktiven Edelgase verursachte durchschnittliche effektive Strahlenbelastung ist gering. Sie liegt selbst im Nahfeld eines Kernkraftwerkes um etwa drei Größenordnungen unter der Strahlenbelastung, die durch die natürlichen radioaktiven Edelgase Radon (Radon-222) und Thoron (Radon-220) bedingt ist.

Alphastrahlende Aerosole

Beim Normalbetrieb von Kernkraftwerken treten wegen der Dichtigkeit der Brennstabhüllen erfahrungsgemäß in der Abluft kaum alphastrahlende Radionuklide wie Plutonium oder Americium auf. So liegen hier die meisten Messergebnisse bei oder

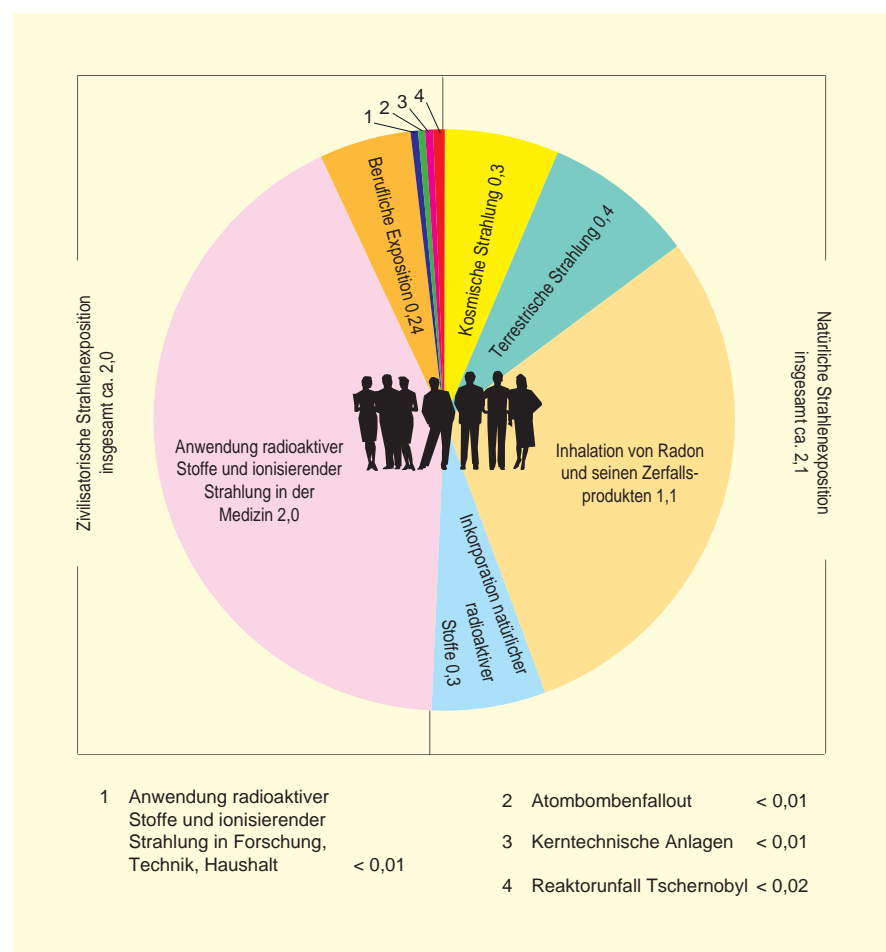


Abb. 3: Mittlere effektive Jahresdosis der Bevölkerung durch ionisierende Strahlung in Deutschland 2001 in Millisievert (mSv) (Quelle: BMU)

RADIOAKTIVITÄT

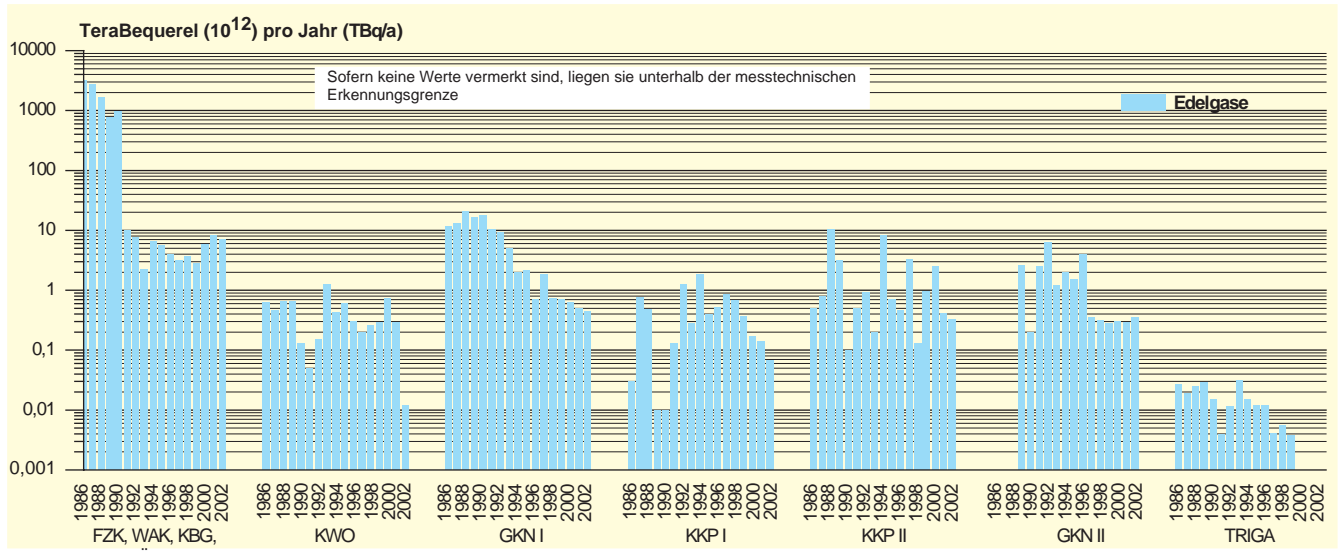


Abb. 4: Emissionen radioaktiver Stoffe mit der Abluft, Edelgase (Quelle: LfU)

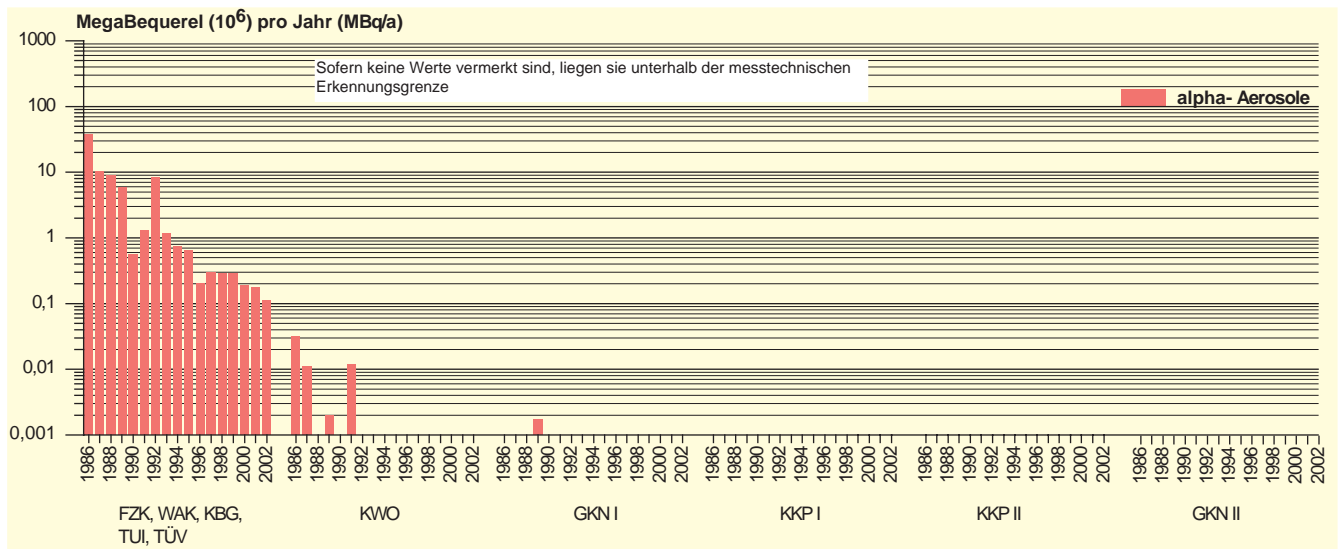


Abb. 5: Emissionen radioaktiver Stoffe mit der Abluft, α -Aerosole (Quelle: LfU)

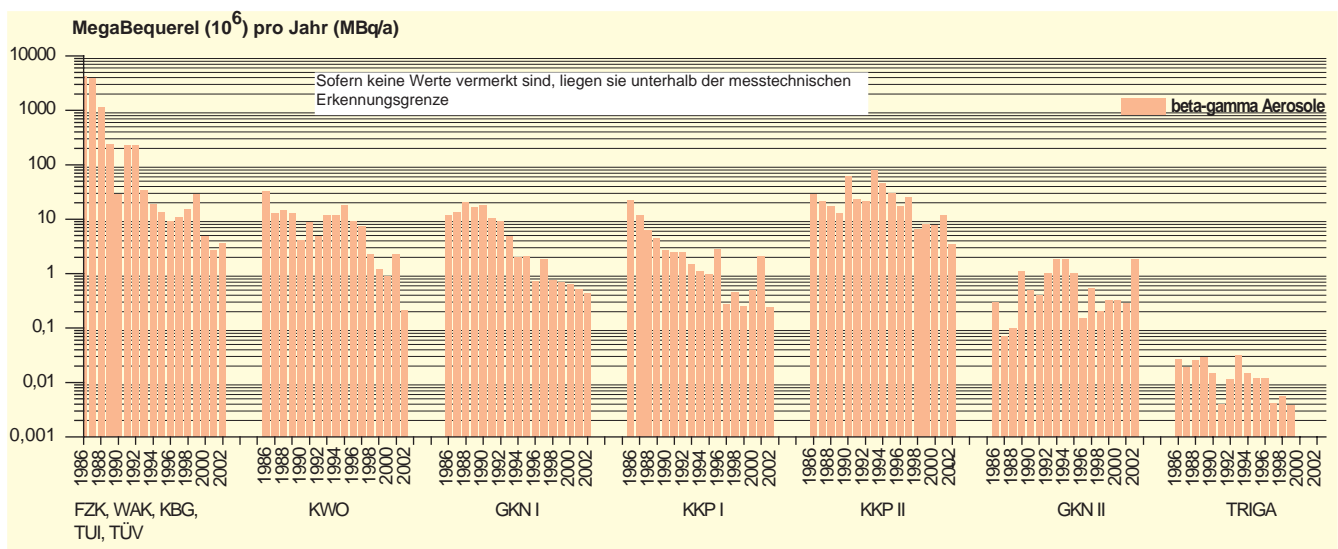


Abb. 6: Emissionen radioaktiver Stoffe mit der Abluft, β/γ -Aerosole (Quelle: LfU)

FZK = Forschungszentrum Karlsruhe	TÜV = Technischer Überwachungsverein Südwest	GKN I = Kernkraftwerk Neckarwestheim I
WAK = Wiederaufarbeitungsanlage im FZK	KWO = Kernkraftwerk Obrigheim	GKN II = Kernkraftwerk Neckarwestheim II
KBG = Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft im FZK	KKP I = Kernkraftwerk Philippsburg I	TRIGA = Training Research and Isotope Production, Reaktor Heidelberg
TUI = Europäisches Institut für Transurane	KKP II = Kernkraftwerk Philippsburg II	

unterhalb der messtechnisch möglichen Erkennungsgrenze (Abb. 5).

Anders liegen die Verhältnisse beim FZK. Durch den Umgang mit radioaktiven Abfällen und bestrahlten Kernbrennstoffen in offener Form sowie durch die Demontage von Kernanlagen und Kontrollbereichen sind hier mit empfindlichen Messverfahren alphastrahlende Aerosole in der Abluft nachweisbar.

Beta-/gammastrahlende Aerosole

Im Gegensatz zu den alphastrahlenden Aerosolen waren bei allen im Betrieb befindlichen kerntechnischen Anlagen beta-/gammastrahlende Radionuklide in der Abluft nachweisbar (Abb. 6). Die Beta-/Gamma-Aerosole können die unterschiedlichsten Spaltprodukte enthalten, wie Cäsium-134 oder Strontium-90. Sie können aber auch durch Aktivierung entstanden sein, wie Kobalt-60. Man spricht deshalb auch von Spalt- und Aktivierungsprodukten. Bei Kernkraftwerken treten sie vorwiegend während der Revision auf. Beim FZK entstehen sie abhängig vom Betrieb der Abfallbehandlungsanlagen sowie bei der Stilllegung von Kontrollbereichen und von Anlagen aus der Wiederaufarbeitung. Kurzlebige Aerosole sind in ihren Emissionsraten gegenüber längerlebigen Aerosolen durchweg vernachlässigbar.

Radioiod

Die menschliche Schilddrüse nimmt das dem Körper über die Atemluft und die Nahrung angebotene Iod fast vollständig auf. Bei Kernkraftwerken gilt deshalb dem kurzlebigen flüchtigen Iod-131 (Halbwertszeit 8 Tage) wegen seiner radiologischen Wirksamkeit besondere Aufmerksamkeit. Bei der Wiederaufarbeitung von bestrahltem Kernbrennstoff spielte wegen der langen Abklingdauer Iod-131 radiologisch keine Rolle. Demgegenüber ist hier – auch nach Beendigung des Betriebs – das langlebige Iod-129 (Halbwertszeit 15,7 Mio. Jahre) von Bedeutung. Der Vergleichbarkeit wegen wurden alle Iodisotope berücksichtigt (Abb. 7). Bei den Emittenten auf dem Gelände des

Forschungszentrums wurden sämtliche Iodisotope mit einem auf Iod-131 bezogenen Umrechnungsfaktor versehen und als Iod-131-Emissionswert (Iod-131-Äquivalent) dargestellt.

Die Abgaben der Forschungs- und Versuchsanlagen des FZK wurden über lange Jahre hinweg durch die Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen und durch die Abfallbehandlung bestimmt. Sie lagen damals höher als die der Kernkraftwerke, sind aber in den vergangenen Jahren deutlich zurückgegangen.

In den Emissionen der Kernkraftwerke ist keine Systematik zu erkennen. Teilweise lagen die durch Messung ermittelten Werte insbesondere bei den alpha-strahlenden Aerosolen bei oder unterhalb der messtechnischen Erkennungsgrenze. Dies deutet auf dichte Brennstabhüllrohre hin. Die Emissionsraten einiger Anlagen schwanken zum Teil um mehr als eine Größenordnung. Dies kann u.a. auf Materialverbesserungen und Qualitätskontrollen zur Verbesserung der Brennstabhüllen zurückgeführt werden.

Tritium (in Form von HTO)

HTO (Wasserstoff-Tritium-Sauerstoff) ist ein spezielles Wassermolekül, bei dem ein „normales“, inaktives Wasserstoffatom durch ein überschweres, radioaktives Tritiumatom ersetzt ist. Wegen der physikalisch-chemischen Eigenschaften des Wassers und der Strahlung des Tritiums wird dieses Nuklid separat überwacht.

Tritium entsteht bei Kernreaktoren im Brennstoff und im Kühlwasser. Es wird hauptsächlich mit dem Abwasser abgegeben. Die Tritiumabgaben mit der Fortluft unterscheiden sich zwischen den einzelnen Anlagen stark (Abb. 8). Dies hängt mit der Verschiedenartigkeit der Anlagen zusammen; Siedewasserreaktoren schneiden offenbar günstiger ab als Druckwasserreaktoren. Ferner spielen die Leistung, die Betriebsfahrweise, das Anlageverhalten und die Betriebsdauer eine wichtige Rolle.

Die Emissionen der Kernkraftwerke korrelieren in etwa mit den jeweiligen jährlichen Betriebsdauern und erreichen bei vergleichbarer Fahrweise schon nach wenigen Jahren einen Sättigungswert. Die Emissionen bei Anlagen im Bereich des FZK hingegen nahmen wegen der Stilllegung bzw. Außerbetriebnahme von Anlagen und bedeutsamen Tritiumquellen in den vergangenen Jahren ständig ab. Beispielsweise dominierten Mitte der 90er Jahre bei der Tritiumabgabe Anlagen der Abfallbehandlung und der stillgelegte Mehrzweckforschungsreaktor. Demgegenüber wurde die verschwindend geringe Tritiumemission bei TRIGA (Stilllegung im Jahr 2001) nahezu ausschließlich durch die Verdunstungswassermenge bestimmt.

Kohlenstoff-14

Der bei der Kernenergieerzeugung gebildete und in Form von Kohlenstoffdioxid freigesetzte Kohlenstoff-14 ist im Wesentlichen proportional der erzeugten Energie (Abb. 9). Ein Teil des erzeugten Kohlenstoff-14 wurde während der Wiederaufarbeitung bestrahlter Kernbrennstoffe auch dort freigesetzt. Heute beherrschen beim FZK die bei der Abfallbehandlung auftretenden Abgaben die Emissionssituation praktisch vollständig. Anders als bei den Tritiumemissionen weist beim Kohlenstoff-14 der Siedewasserreaktor des Kernkraftwerks Philippsburg I höhere Emissionsraten auf als der Druckwasserreaktor des benachbarten Kernkraftwerks Philippsburg II.

2.1.2 Abgaben mit dem Abwasser

Bei kerntechnischen Anlagen wird auch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser überwacht und bilanziert. Gemäß den vorgeschriebenen Überwachungsmethoden wird nach Ableitungen von alpha- bzw. beta-/gammastrahlenden Radionukliden und Tritium unterschieden.

Die beta- bzw. gammastrahlenden Radionuklide im Abwasser entstehen einerseits bei den Spaltvorgängen im Kernbrennstoff und andererseits durch Neutronenaufnahme (Aktivierung) von vorher nicht aktiven Sub-

RADIOAKTIVITÄT

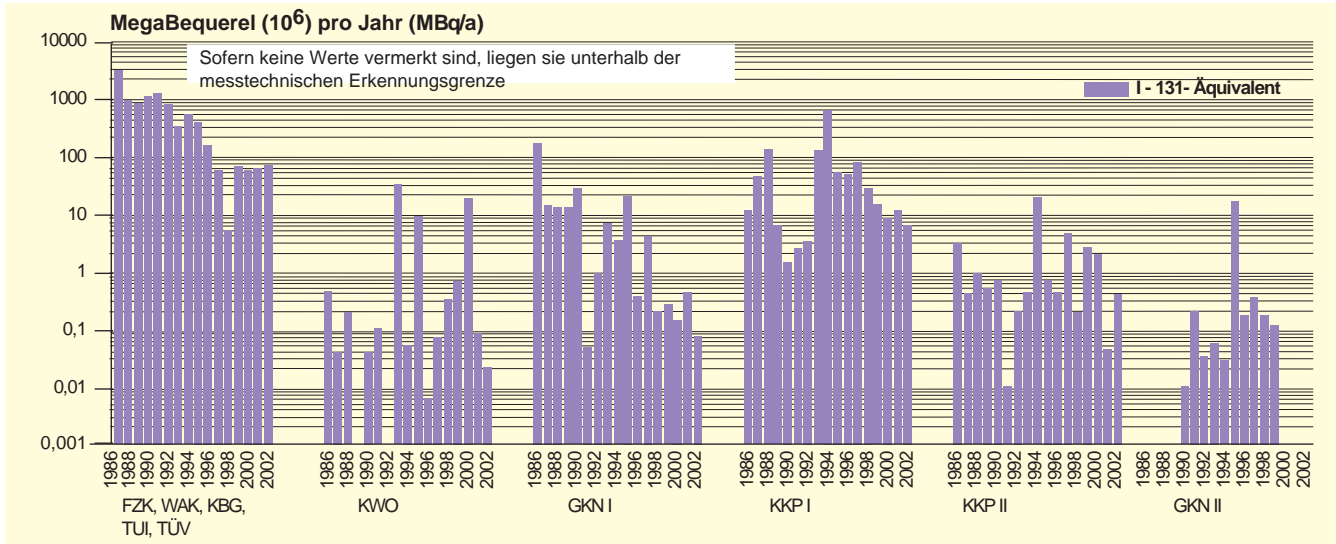


Abb. 7: Emissionen radioaktiver Stoffe mit der Abluft, I-131-Äquivalent (Quelle: LfU)

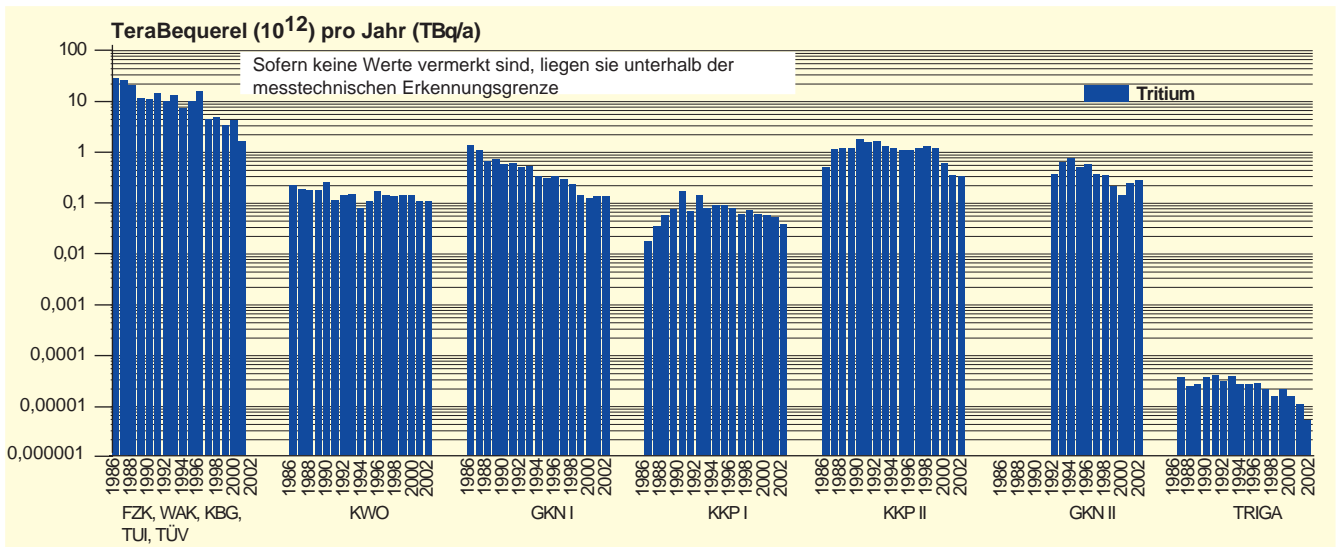


Abb. 8: Emissionen radioaktiver Stoffe mit der Abluft, Tritium (Quelle: LfU)

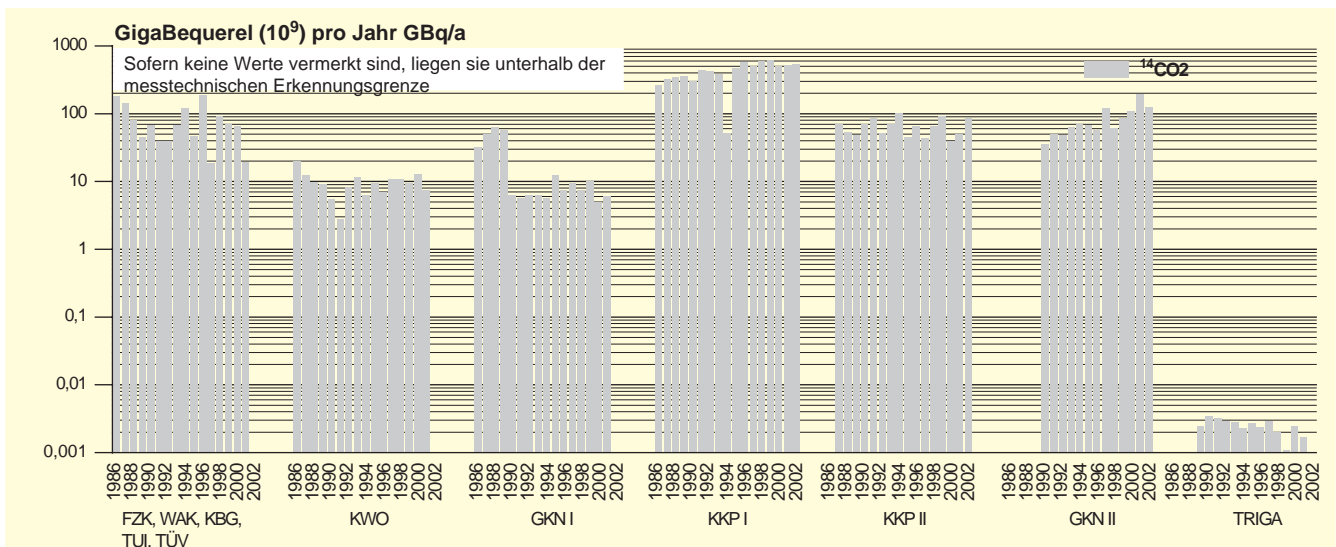


Abb. 9: Emissionen radioaktiver Stoffe mit der Abluft, Kohlenstoff-14 in Form von Kohlenstoffdioxid (Quelle: LfU)

FZK = Forschungszentrum Karlsruhe	TÜV = Technischer Überwachungsverein Südwest	GKN I = Kernkraftwerk Neckarwestheim I
WAK = Wiederaufarbeitungsanlage im FZK	KWO = Kernkraftwerk Obrigheim	GKN II = Kernkraftwerk Neckarwestheim II
KBG = Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft im FZK	KKP I = Kernkraftwerk Phillipsburg I	TRIGA = Training Research and Isotope Production, Reaktor Heidelberg
TUI = Europäisches Institut für Transurane	KKP II = Kernkraftwerk Phillipsburg II	

stanzen innerhalb der Strukturmaterialien. Durch kleinste Leckagen in den Brennstabhüllrohren und durch überwiegend korrosionsbedingten Materialabtrag kommen diese Spalt- und Korrosionsprodukte in das Wasser des Primärkreislaufes und von dort in Spuren nach außen.

Alphastrahler

Erhöhte Gehalte von Alphastrahlern im Wasser weisen bei Kernkraftwerken auf Brennstabschäden hin. Die Messergebnisse der vergangenen Jahre zeigen, dass die Emissionsraten von Alphastrahlern in die Vorfluter bei Kernkraftwerken auf niedrigem Niveau oder gar unterhalb der messtechnischen Erkennungsgrenzen liegen (Abb. 10).

Beim Forschungszentrum Karlsruhe hält der langfristige Trend zu immer niedrigeren Abgaben von künstlichen Alphastrahlern mit den Abwässern an. Die Gründe liegen hauptsächlich im Rückgang der Kernforschung des FZK. Die Abgaberaten sind heute trotz der langjährigen Wiederaufarbeitungstätigkeit in ihrer Höhe mit denen eines Kernkraftwerkes vergleichbar. Als bestimmende Nuklide für Alpha-Strahler, die bei der Abwasserabgabe zu bilanzieren sind, werden die Transurane Plutonium-238 bis Plutonium-240 zugrunde gelegt.

Beta-/Gammastrahler

Die Erzeugung von beta-/gammastrahlenden Spaltprodukten ist bei Kernkraftwerken abhängig von der erzeugten Energie. Das Auftreten künstlicher Radionuklide im Abwasser hängt von der Dichtheit der Umhüllung der Brennstäbe und der Leistungsfähigkeit der Wasserreinigungsanlagen ab.

Früher sind bei der Wiederaufarbeitung und bei einigen Untersuchungsaufgaben im FZK die Brennstoffumhüllungen entfernt und der abgebrannte Kernbrennstoff mit den darin enthaltenen Spaltprodukten bearbeitet worden. Diese Arbeiten sind eingestellt, was sich in den Abgabebilanzen niederschlägt. Auch

wurde die Zahl der Kontrollbereiche deutlich verringert.

Beim FZK werden die Abgaben von Kohlenstoff-14 und Plutonium-241 bilanziert. Dies sind weder Spalt- noch Korrosionsprodukte. Da in jüngster Zeit die Übersichtsmessungen (Gesamt-alpha) keine Konzentrationen oberhalb festgesetzter Schwellwerte (0,5 Bq/l) ergaben, konnte die detaillierte Einzelnuclidbestimmung unterbleiben.

Die Abgaberaten der Kernkraftwerke schwankten über Jahre stark, eine allgemeine Tendenz ist nicht feststellbar. Die Kernkraftwerke sind mit dem FZK nicht vergleichbar (Abb. 11 und Abschnitt 2.1.1).

Tritium

Die Druckwasserreaktoren geben jeweils mehr Tritium ab als der Siedewasserreaktor Philippsburg I (Abb. 12). Die Abgaben des FZK gingen im Einklang mit der Stilllegung von Tritium erzeugenden Anlagen in der Tendenz zurück. Die geringere Emission des Kernkraftwerks Obrigheim im Jahr 1991 wurde durch eine längere, gerichtsverfügte Stillstandsphase bewirkt. Tritium ist – langfristig betrachtet – im Abwasserpfad das am häufigsten nachgewiesene künstliche Radionuklid.

2.2 Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen

Die Emissionen kerntechnischer Anlagen werden sehr zuverlässig erfasst und kontrolliert. Zusätzlich findet eine umfangreiche Immissionsüberwachung statt, die es erlaubt, Radioaktivitätsgehalte in den für den Menschen wichtigsten Umweltmedien festzustellen und die Strahlenbelastung abzuschätzen.

Die Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen untergliedert sich in die radiologische Umgebungsüberwachung und in das Kernreaktorfernüberwachungssystem (KFÜ) mit seinen 113 Immissionsmessstationen. Dieses System ermittelt rund um die Uhr vollautomatisch aktuelle Dosisleistungsmesswerte

und leitet sie an die Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) weiter. Die radiologische Umgebungsüberwachung umfasst das Ausmessen einer Vielzahl von Einzelproben aus der Umgebung kerntechnischer Anlagen und das Training für eventuell erforderliche Störfallmessungen. Aus der näheren Umgebung einer kerntechnischen Anlage werden Luftproben sowie Nahrungsmittel, Milch, Grundwasser, Niederschläge und Oberflächenwässer auf ihren Radioaktivitätsgehalt hin untersucht. Außerdem werden Böden, Bewuchs und Sedimente überprüft. Die hierbei gewonnenen Messwerte müssen zu den entsprechenden Messwerten der allgemeinen Überwachung der Umweltradioaktivität in Beziehung gesetzt werden, um unzulässige Einwirkungen einer kerntechnischen Anlage feststellen zu können.

3. Allgemeine Überwachung: Radioaktivität in Umweltmedien

Die allgemeine Überwachung der Radioaktivität bleibt auf die Immissionsüberwachung beschränkt.

3.1 Luft

In Baden-Württemberg traten im Berichtszeitraum künstliche Radionuklide an den Messstellen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) kaum mehr auf (Erkennungsgrenze etwa $5 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ für Cäsium-137). Auch an den Radio-Aerosolmessstationen des Landes wurde Cäsium-137 in der Luft nur in wenigen Einzelfällen gefunden. Diese geringen Luftaktivitäten resultieren weitgehend aus bereits zu einem früheren Zeitpunkt auf dem Boden abgelagertem Cäsium, das durch Staubaufwirbelungen, insbesondere in Trockenzeiten, erneut in die Atmosphäre eingetragen wurde. Die Konzentrationen liegen heute um mehr als den Faktor 100.000 niedriger als in den ersten Tagen nach dem Unfall von Tschernobyl.

In der Luft kommen an künstlichen Radionukliden außerdem noch die Edelgase Krypton-85 und Xenon-133 vor, die aus der technischen Nutzung der Kernenergie stammen. Vor

RADIOAKTIVITÄT

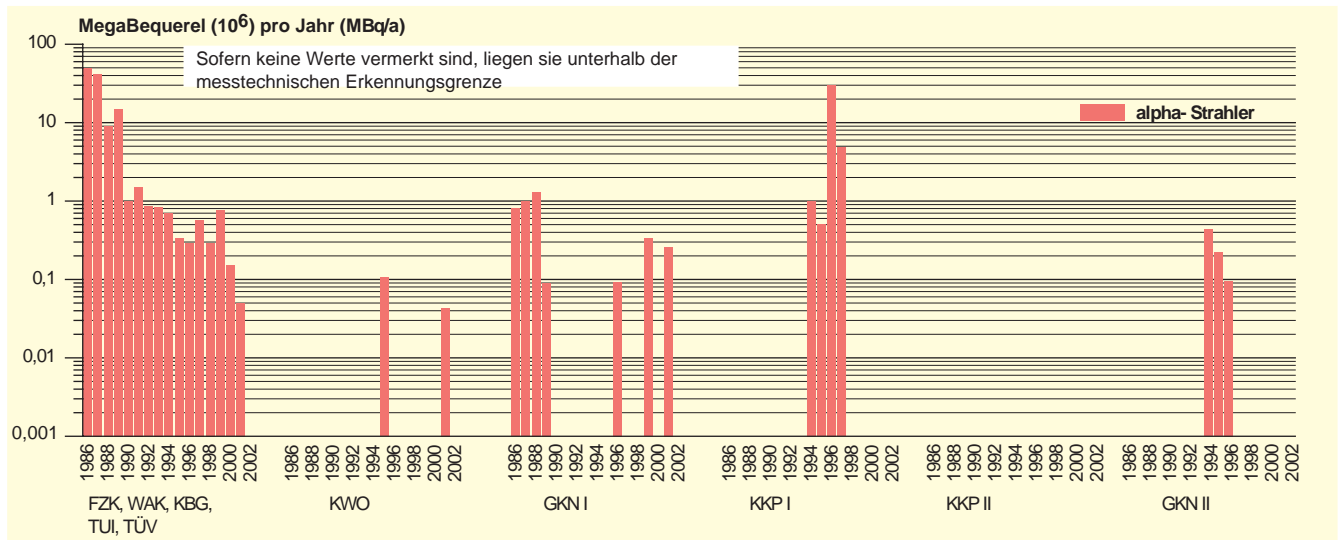


Abb. 10: Emissionen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser, α -Strahler (Quelle: LfU)

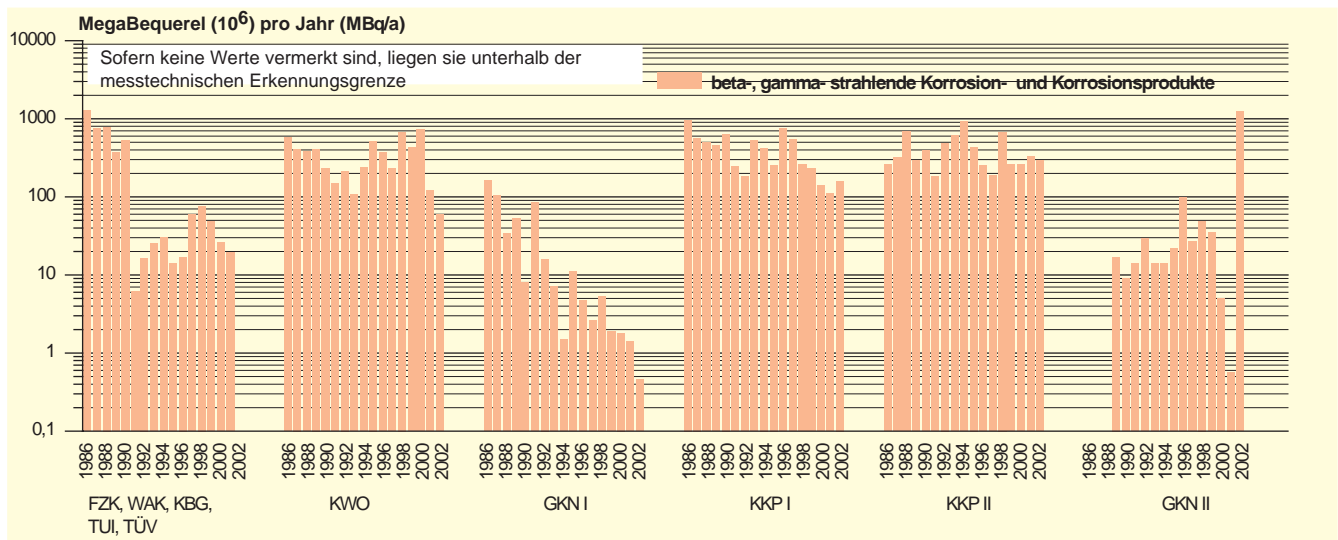


Abb. 11: Emissionen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser, β/γ -strahlende Spalt- und Korrosionsprodukte (Quelle: LfU)

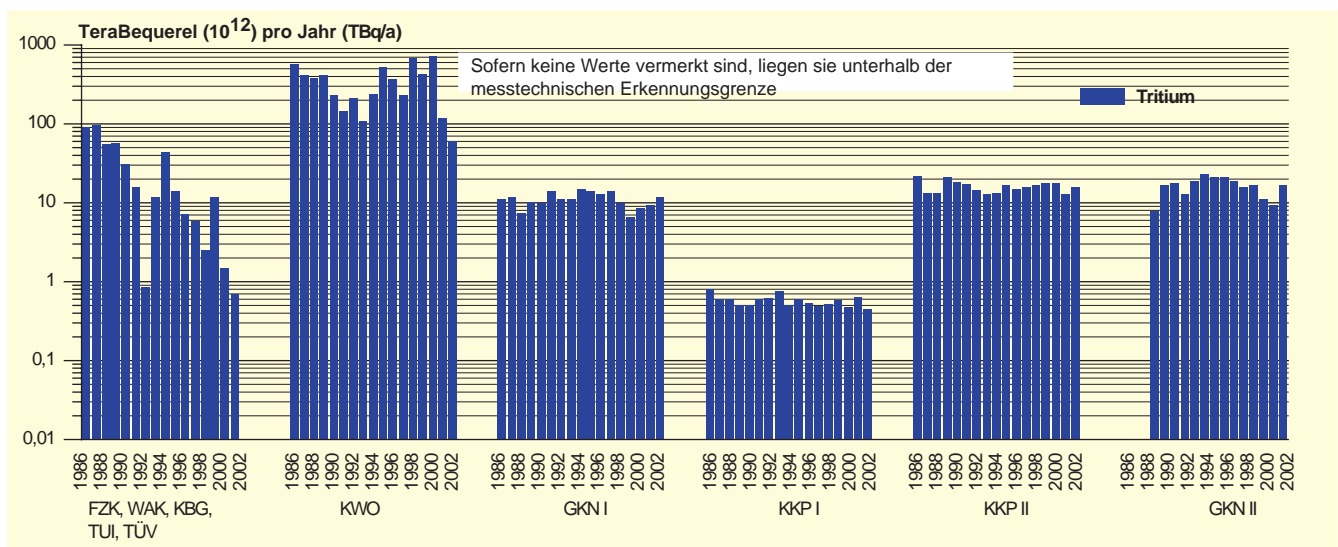


Abb. 12: Emissionen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser, Tritium (Quelle: LfU)

FZK = Forschungszentrum Karlsruhe TÜV = Technischer Überwachungsverein Südwest GKN I = Kernkraftwerk Neckarwestheim I
 WAK = Wiederaufarbeitungsanlage im FZK KWO = Kernkraftwerk Obrigheim GKN II = Kernkraftwerk Neckarwestheim II
 KBG = Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft im FZK KKP I = Kernkraftwerk Philippsburg I TRIGA = Training Research and Isotope Production, Reaktor Heidelberg
 TUI = Europäisches Institut für Transurane KKP II = Kernkraftwerk Philippsburg II

allein bei der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente werden diese Spaltprodukte aus dem Brennstoff freigesetzt. Das langlebige Krypton-85 (Halbwertszeit 10,8 Jahre) kann sich dabei global verteilen und in der Atmosphäre anreichern, das kurzlebige Xenon-133 (Halbwertszeit 5,3 Tage) bleibt dagegen regional begrenzt und liegt beim Normalbetrieb eines Kernkraftwerks in der Größenordnung von wenigen mBq/m^3 . Das langfristig gemessene Jahresmittel der Krypton-85-Aktivität erhöhte sich in den vergangenen 30 Jahren in unseren Breitengraden von 0,6 auf über $1,5 \text{ Bq}/\text{m}^3$ (Abb. 14). Dies entspricht dem globalen Trend und zeigt, dass die Freisetzungsrate für Krypton-85 größer ist als seine radioaktive Zerfallsrate. Die Stagnation Anfang der 90er Jahre ist möglicherweise auf einen Rückgang der militärischen Wiederaufarbeitung zurückzuführen. Der erneute Anstieg der Krypton-85-Aktivität, der auch an anderen europäischen Messstationen registriert wurde, kann zumindest teilweise durch die erhöhten Emissionen aus der Wiederaufarbeitungsanlage in La Hague erklärt werden. Die kurzzeitigen Schwankungen, die ein Vielfaches des durchschnittlichen jährlichen Anstiegs ausmachen können, rühren von europäischen Quellen (insbesondere von den Wiederaufarbeitungsanlagen in La Hague, Frankreich, Sellafield, Großbritannien, sowie früher auch Karlsruhe) her.

Radiologisch stellen weder Krypton-85 noch Xenon-133 in den beobachteten Aktivitätskonzentrationen ein Problem dar.

3.2 Niederschlag

Die Entwicklung des Eintrags von Radionukliden in den Boden zeigt Abb. 15. Hier ist für Stuttgart die dem Boden zugeführte langlebige Aktivität durch alle Betastrahler (ausgenommen Tritium) in Becquerel pro Quadratmeter dargestellt. Damit werden fast alle künstlichen Radionuklide außer den Alpha-Strahlern wie z.B. Plutonium erfasst. Die höchsten Werte waren Anfang der 60er Jahre mit $16.000 \text{ Bq}/\text{m}^2$ die Folge der oberirdischen Kernwaffentestexplosionen.

Radioaktivitätsmessnetze in Baden-Württemberg

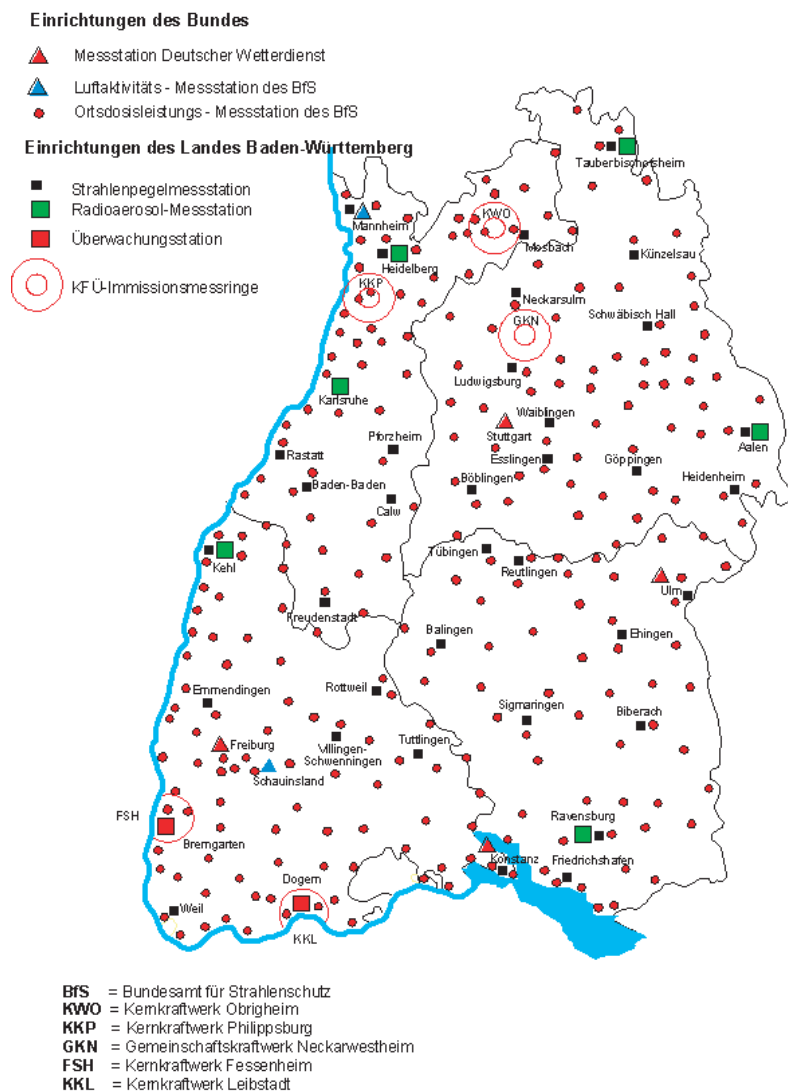


Abb. 13: Radioaktivitätsmessnetze in Baden-Württemberg (Quellen: BfS, LfU; Stand 2002)

Das Ereignis von Tschernobyl brachte kurzzeitig ebenfalls hohe Werte hervor. Mittlerweile hat sich der Wert auf etwa $50 - 70 \text{ Bq}/\text{m}^2$ eingependelt.

3.3 Wasser

Wasser sichert die Lebensgrundlagen von Menschen, Tieren und Pflanzen. Es löst Salze, transportiert Nährstoffe und stabilisiert das Erdklima. Damit ist das Wasser eines der wichtigsten Umweltmedien. Deshalb gilt ihm auch ein besonderes Augenmerk hinsichtlich seines Gehaltes an radioaktiven Stoffen.

Eine wichtige Rolle spielt hierbei das in allen Wasserproben enthaltene Tritium. Sein Gehalt in oberflächennahen Wässern, die nicht durch aktuelle anthropogene Tätigkeit beeinflusst

sind, liegt heute bei etwa 2 bis $4 \text{ Bq}/\text{l}$, bedingt durch Kernwaffentests. Ohne menschliches Zutun läge dieser Wert bei deutlich unter $1 \text{ Bq}/\text{l}$.

Bei den oberirdischen Fließgewässern konnten mit wenigen Ausnahmen (Strontium-90 mit einer typischen Aktivität von ungefähr $0,005 \text{ Bq}/\text{l}$ in Quartalsproben) im Wasser selbst keine gelösten künstlichen Radionuklide nachgewiesen werden. Allerdings transportieren Bäche und Flüsse auch mehr oder weniger feine Schwebstoffe, an denen radioaktive Stoffe angelagert werden können und die auf dem Gewässerboden als Sediment abgelagert werden.

In den untersuchten Trink- und Grundwässern konnten außer gele-

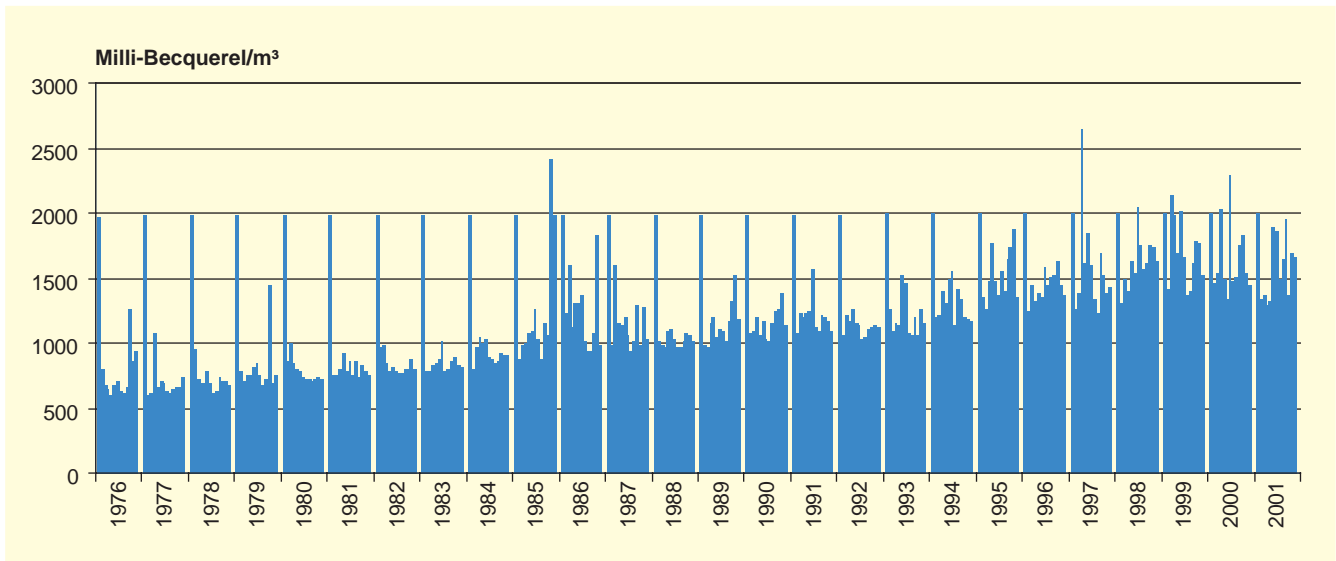


Abb. 14: Krypton-85 in der Luft bei Freiburg, Monatsmittelwerte der Aktivitätskonzentration (Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz, 2002)

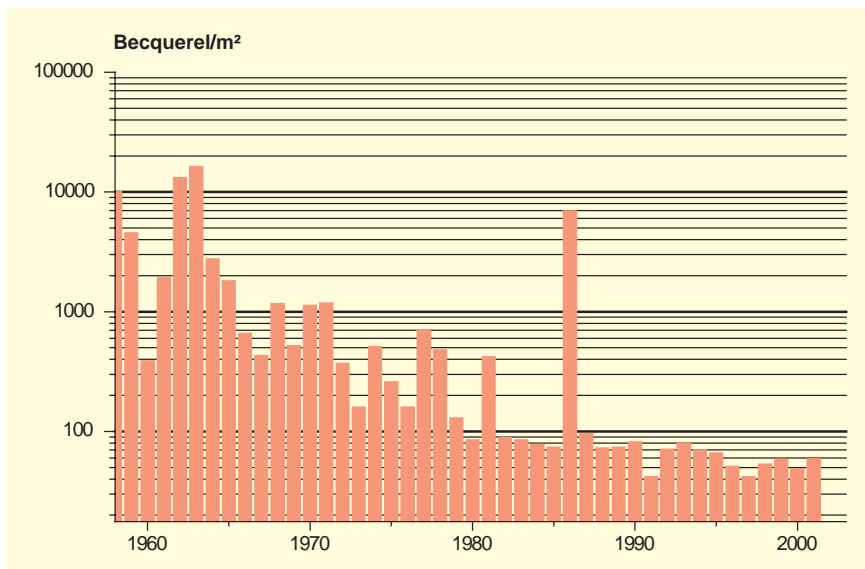


Abb. 15: Mit Niederschlägen abgelagerte Gesamt-Beta-Aktivität, Jahreseinträge in Stuttgart (Quelle: LfU, 2002)

gentlichen Spuren von Strontium-90 von maximal 0,007 Bq/l keine künstlichen beta- oder gammastrahlenden radioaktiven Inhaltsstoffe nachgewiesen werden. Diese Konzentrationen liegen durchweg unterhalb des Gehalts an natürlichen Radionukliden. Das Trinkwasser in Deutschland weist Radium-226-Konzentrationen zwischen 0,002 und 0,1 Bq/l und Kalium-40-Konzentrationen um die 0,2 Bq/l auf. Die entsprechenden Werte liegen bei Grundwasser sowohl für Radium-226 als auch für Kalium-40 zwischen 0,004 und 0,4 Bq/l.

Künftig wird den natürlichen Radioaktivitätsgehalten in Grundwässern mehr Beachtung geschenkt werden

müssen, sofern diese als Trinkwasser verwendet werden. Die im Jahr 2001 novellierte Trinkwasserverordnung schreibt die Einhaltung einer Gesamtrichtdosis von 0,1 mSv/a infolge des Trinkwasserkonsums vor. Dabei können jedoch die Nuklide Kalium-40, das Radon und seine Folgeprodukte außer Acht gelassen werden.

3.4 Boden

Neben Wasser und Luft gehört auch der Boden zu den natürlichen Lebensgrundlagen. Er ist Bestandteil der ursprünglichen Landschaft und dient gleichzeitig der Landwirtschaft als Grundlage der Nahrungsmittelproduktion. Nahezu alle radioaktiven

Stoffe, die heute bei den Untersuchungen von Pflanzen, Tieren und Menschen gefunden werden, waren zuvor in unseren Böden vorhanden. Überwiegend sind dies die bekannten natürlichen radioaktiven Stoffe.

Von den künstlichen Radionukliden, die heute noch nachgewiesen werden können, stammt der überwiegende Teil, das Strontium-90 und ein Teil des Cäsiums-137, aus dem Kernwaffenfallout. Insgesamt sind hierdurch seither im Mittel 5.000 Bq/m² Cäsium-137 und 3.000 Bq/m² Strontium-90 in die Böden Baden-Württembergs gelangt. Das übrige Cäsium-137 ist dagegen auf den Reaktorunfall in Tschernobyl im Jahr 1986 zurückzuführen.

3.5 Nahrungsmittel

Die Gesamtnahrung der Menschen setzt sich aus den unterschiedlichsten Lebensmitteln zusammen. Im Rahmen der allgemeinen Überwachung der Radioaktivität wird eine Vielzahl an unterschiedlichen Nahrungsmitteln erfasst. In der Mehrzahl der Proben ist kein Cäsium-137 mehr nachweisbar. So wurden im Zeitraum 1998 bis 2001 z.B. allein 462 Gemüseproben untersucht, in denen lediglich bei Kartoffeln gelegentlich der Wert von 1 Bq/kg Frischsubstanz für Cäsium-137 überschritten wurde. Im Mittel liegt der Wert (bei allen Gemüsesorten, einschließlich Kartoffeln) um die Nachweisgrenze von etwa 0,2

Bq/kg. Wegen der aufwändigeren Untersuchungsmethoden werden nicht alle Proben auch auf Strontium-90 untersucht. Aufgrund der sehr niedrigen Nachweisgrenze dieser Methode sind in den Proben geringe Spuren von Strontium-90 nachweisbar, in der Regel schwankt der Mittelwert in den einzelnen Gemüsesorten um 0,1 Bq/kg Frischsubstanz. Insgesamt zeigt sich: Die Belastung mit künstlichen Radionukliden ist so gering, dass in der überwiegenden Zahl unserer landwirtschaftlichen Produkte die künstlichen Radionuklide mit den üblichen Routinemessungen nicht mehr nachweisbar sind.

Den Verlauf der dem menschlichen Körper seit 1960 mit der Gesamtnahrung täglich zugeführten Aktivitätswerte für künstliche Radionuklide zeigt Abb.16 für die Bundesrepublik Deutschland (alte Bundesländer).

Sehr deutlich sind dabei die Erhöhungen durch den Kernwaffenfallout in den 60er Jahren und durch Tschernobyl zu sehen. Es ist außerdem erkennbar, dass durch Tschernobyl die Strontium-Kontamination nur sehr geringfügig erhöht wurde. Der Gehalt an Cäsium-137 in unserer Nahrung ist seit 1986 stark zurückgegangen, hat aber noch nicht wieder das Niveau von 1985 erreicht.

3.6 Menschlicher Körper

Die in den Umweltmedien, der Atemluft, dem Trinkwasser und in der Nahrung befindlichen Radionuklide bewirken, dass auch der menschliche Körper einen gewissen Radioaktivitätsgehalt aufweist: Seit 1961 in Karlsruhe durchgeführte Messungen zeigen für Cäsium-137 wiederum den typischen, durch die beiden wesentlichen radiologisch bedeutsamen Ereignisse (oberirdische Kernwaffentests und Reaktorunfall in Tschernobyl) bedingten Verlauf (Abb. 17). Ein Vergleich der beiden Maxima ergibt, dass die durch das Kernwaffen-Cäsium-137 verursachte Körperaktivität im Karlsruher Raum etwa 1,5 mal so groß war wie die durch das Tschernobyl-Ereignis. Auch hier ist darauf hinzuweisen, dass die durch natürliches Kalium-40 bedingte Aktivität des

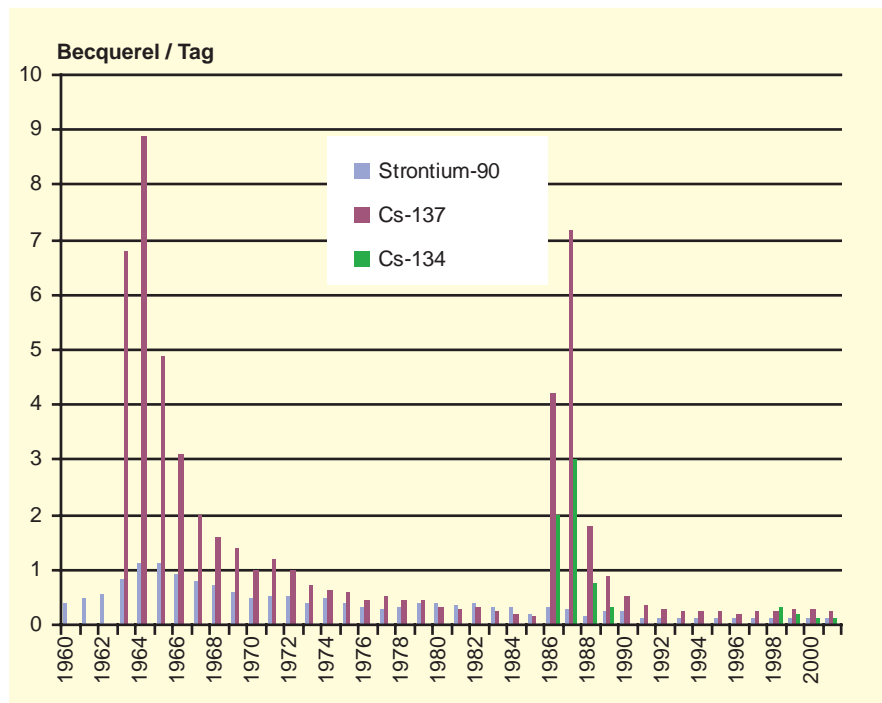


Abb. 16: Zufuhr künstlicher Radionuklide mit der Gesamtnahrung in der Bundesrepublik Deutschland (Jahresmittelwerte) (Quelle: Bundesforschungsanstalt für Ernährung)

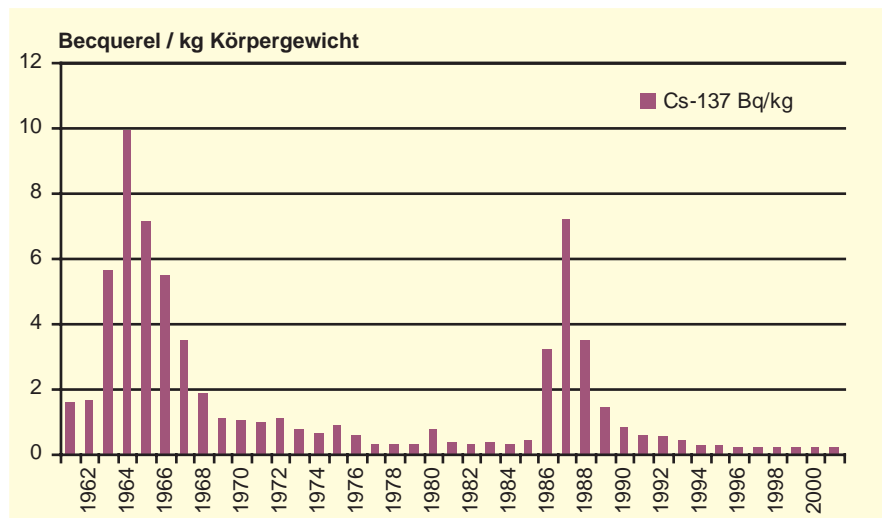


Abb. 17: Cäsium-137-Aktivität im menschlichen Körper für den Raum Karlsruhe (Quelle: FZK)

menschlichen Körpers durchgehend sehr viel höher, nämlich bei etwa 50 bis 70 Bq/kg Körpergewicht, liegt. Die derzeitigen Werte für Cs-137 sind wesentlich kleiner als 1 Bq/kg Körpergewicht.

4. Anhang

4.1 Quellen- und Literaturhinweise

Alle Messergebnisse aus der Überwachung der baden-württembergischen Umgebung kerntechnischer Anlagen auf Radioaktivität werden regelmäßig veröffentlicht. Sie sind somit allgemein zugänglich.

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Radioaktivität in Baden-Württemberg. Jahresberichte 1996-1997 und 1998-2001. Karlsruhe 1998 und 2003.

Weitere Infos auf den folgenden Webseiten:

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: www.lfu.baden-wuerttemberg.de

Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg: www.uvm.baden-wuerttemberg.de

Bundesamt für Strahlenschutz: www.bfs.de

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: www.bmu.de

4.2 Informationsmöglichkeiten

Im Videotext des Fernsehprogramms des Südwestrundfunks werden auf Tafel 196 aktuelle mit der Kernreaktorfernüberwachung ermittelte Messwerte der Ortsdosisleistung bekanntgegeben. Tafel 198 enthält ergänzende Informationen zur Radioaktivitätsüberwachung.

www.infokreis-kernenergie.org/d/lexikon.cfm

www.fzk.de/kernenergielexikon

Physikalische Größe	Einheiten		Gebräuchliche Untereinheiten und Bezug zu alten Einheiten
	Bezeichnung	Kurzzeichen	
Aktivität	Becquerel	Bq	1 Bq = 1 Ci (Curie) 37 x 10 ⁹
Energiedosis	Gray	Gy	1 µGy = 100 µrad 1 mGy = 100 mrad
Energiedosisleistung	Gray pro Stunde	Gy/h	1 µGy/h = 100 µrad/h
	Gray je Jahr	Gy/a	1 mGy/a = 100 µrad/a
Äquivalentdosis	Sievert	Sv	1 µSv = 100 µrem 1 mSv = 100 mrem
Äquivalentdosisleistung	Sievert pro Stunde	Sv/h	1 µSv/h = 100 µrem/h
	Sievert je Jahr	Sv/a	1 mSv/a = 100 mrem/a

Tab. 3 Radiologische Größen und Maßeinheiten

	Multiplikationsfaktor		Vorsatz	Vorsatzzeichen
10 ⁻¹⁸	0,000 000 000 000 000 001	Trillionstel	Atto	a
10 ⁻¹⁵	0,000 000 000 000 001	Billiardstel	Femto	f
10 ⁻¹²	0,000 000 000 001	Billionstel	Pico	p
10 ⁻⁹	0,000 000 001	Milliardstel	Nano	n
10 ⁻⁶	0,000 001	Millionstel	Mikro	µ
10 ⁻³	0,001	Tausendstel	Milli	m
10 ³	1000	Tausendfach	Kilo	k
10 ⁶	1 000 000	Millionenfach	Mega	M
10 ⁹	1 000 000 000	Milliardenfach	Giga	G
10 ¹²	1 000 000 000 000	Billionenfach	Tera	T
10 ¹⁵	1 000 000 000 000 000	Billiardenfach	Peta	P
10 ¹⁸	1 000 000 000 000 000 000	Trillionenfach	Exa	E

Tab. 4 Vorsatzzeichen für Einheiten

LÄRM

1. Lärm als Belastung	97
2. Straßenverkehrslärm	99
3. Schienenverkehrslärm	102
4. Fluglärm	104
5. Industrie- und Gewerbelärm	108
6. Lärm bei Wohnen, Sport und Freizeit	108
7. Lärminderungsplanung Filder	109
8. Anhang	110

1. Lärm als Belastung

Lärm ist unerwünschter Schall, der psychisch, physisch, sozial oder ökonomisch beeinträchtigen kann. Als physikalische Einwirkung ist Lärm objektiv erfassbar, doch prägt sich seine Wahrnehmung individuell aus. Die negative Bewertung durch die Betroffenen umfasst Belästigungen und Störungen und schließt die Möglichkeit einer gesundheitlichen Beeinträchtigung ein. Im Gegensatz dazu ist Ruhe nicht einfach die Abwesenheit von Lärm, sondern hat in der persönlichen Bewertung viele Facetten. Eine allgemein anerkannte Definition oder gar Messgröße für Ruhe gibt es nicht.

Physikalisch-objektiv erfasst und dargestellt wird Lärm mit Hilfe des Schallpegels. Er wird in Dezibel (dB) angegeben, wobei die Frequenz nach dem menschlichen Hörempfinden bewertet wird. Diese Filterung heißt auch A-Bewertung, die Kurzbezeichnung des Schallpegels lautet daher dB(A). Der A-bewertete Schallpegel gibt die Hörempfindung in vielen Fällen ausreichend genau wieder und gestattet objektive Vergleiche unterschiedlicher Lärmbelastungen. Eine Änderung des Schallpegels um 1 dB(A) entspricht – bei unmittelbarer Aufeinanderfolge – dem vom Menschen gerade noch wahrnehmbaren Schallpegelunterschied zweier Geräusche. Zwei gleich laute Schallquellen verursachen 3 dB(A) mehr

Lärm als eine von ihnen allein; diese Schallpegeldifferenz ist bei unmittelbarer Aufeinanderfolge deutlich wahrnehmbar. Bei einem breitbandigen Geräusch (in dem also viele Frequenzanteile enthalten sind, wie z. B. Rauschen) empfindet man die Zu- bzw. Abnahme um 10 dB(A) als eine Verdoppelung bzw. Halbierung des subjektiven Lautstärkeindrucks.

Beispiele für die Höhe von Schallpegeln typischer Geräusche gibt Abb. 1.

Neben dem Schallpegel wirkt sich auch die Dauer der Einwirkung aus. Um Geräusche mit schwankendem Schallpegel und unterschiedlicher Dauer miteinander vergleichen zu können, hat man als zeitlichen Mittel-

wert den Mittelungspegel eingeführt. Für ihn gilt: Eine Schallpegelerhöhung um 3 dB(A) ist gleichwertig mit einer Verdoppelung der Einwirkdauer. Außer dem Mittelungspegel wird noch der Beurteilungspegel verwendet. Dieser entspricht dem Mittelungspegel für festliegende Beurteilungszeiträume, meist 16 Stunden am Tag (6 bis 22 Uhr) oder 8 Stunden in der Nacht (22 bis 6 Uhr), zum Teil auch die lauteste volle Stunde der Nacht. Der Beurteilungspegel wird zum Vergleich einer Belastung mit Immissionsrichtwerten für Lärm herangezogen.

Von menschlicher Tätigkeit verursachter Lärm führt, anders als viele andere Einwirkungen, primär nicht zu

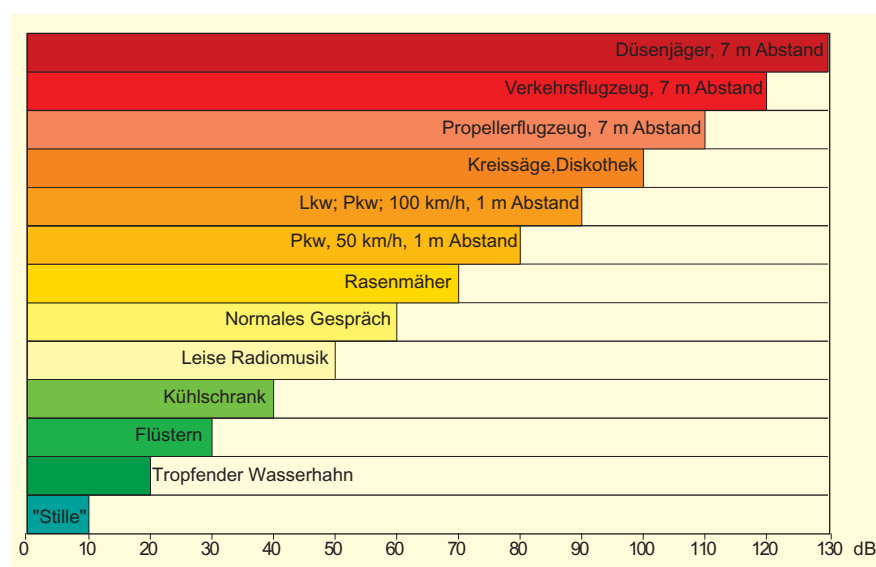


Abb. 1: Schallpegel von typischen Geräuschen in dB(A) (Quelle: LfU; Stand 1998)

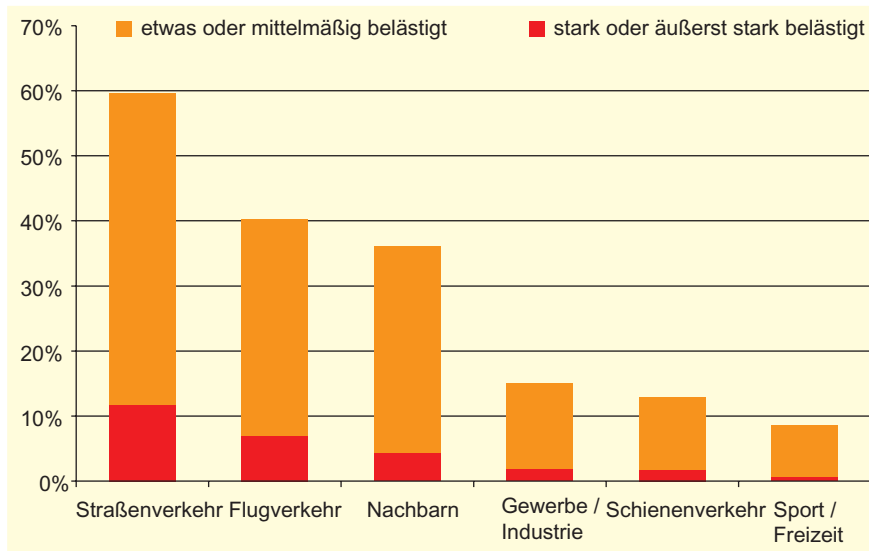


Abb. 2: Subjektive Belästigung der Bevölkerung von Baden-Württemberg durch verschiedene Lärmarten (Quelle: LfU; Stand 1999)

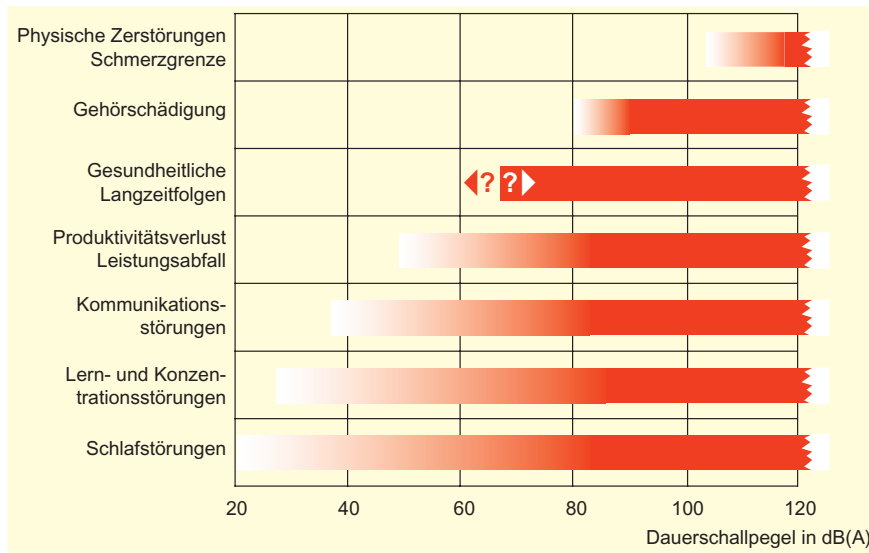


Abb. 3: Wichtige Lärmwirkungen (vereinfacht – Werte u.a. nach VDI 2719 und UVV Lärm) (Quelle: LfU; Stand 1995)

Belastungen der natürlichen Umwelt, die sekundär auf den Menschen zurückwirken, sondern beeinträchtigt die Lebensqualität des Menschen unmittelbar. Lärm wird subjektiv als störend, vielerorts sogar als sehr belästigend empfunden.

Eine repräsentative Befragung von 3 000 erwachsenen Personen hat im Sommer 1999 ergeben, dass die Bevölkerung in Baden-Württemberg Lärm als wichtigstes Umweltproblem betrachtet. Von allen Befragten fühlten sich 57 % in ihrem Wohnbereich durch Lärm gestört oder belästigt; das Ausmaß der Belästigung bezeichnen 6,6 % als stark oder äußerst stark. Ein differenziertes Bild der Belästi-

gung ergab sich durch die Frage nach einzelnen Lärmarten (Abb. 2).

Als lästigste Schallquelle wird der Straßenverkehr genannt. Dabei liefern im Vergleich die Personenkraftwagen den größten Lärmbeitrag. Etliche Wohngebiete sind jedoch maßgeblich vom Schwerlastverkehr betroffen. In der Folge der lästigsten Lärmarten steht der Flugverkehr (je nach Region zivile Düsen- oder Militärflugzeuge) auf dem zweiten Rang. An dritter Stelle der Verursacher folgt der Lärm von Nachbarn, vor dem Gewerbe- und Industrielärm (hierbei steht das verarbeitende Gewerbe im Vordergrund). Nahezu gleich auffällig ist der Schienenverkehr, hier insbesondere der Güterverkehr. Bei den

Sport- und Freizeitanlagen schließlich werden Sportanlagen häufiger genannt als Freizeitanlagen.

Die ausgeprägtesten Störungen durch Lärm treten im Außenbereich auf, also z. B. auf dem Balkon, der Terrasse und im Garten der Befragten. An zweiter Stelle stehen Störungen der Ruhe und Kommunikation im Innenbereich, gefolgt von Schlafstörungen. Personen mit starker Lärmbelastung sind meistens mit ihrer Wohnsituation unzufrieden. Umgekehrt fühlen sich die mit ihrer Wohnsituation Zufriedenen meist nicht so stark durch Lärm gestört.

Ergebnis der Befragung war unter anderem, dass das Ausmaß subjektiv empfundener Lärmbelastung mit dem Vertrauen in die für den Lärm Verantwortlichen zusammenhängt. Bei gleicher Geräuscheinwirkung gilt: Je ausgeprägter das Vertrauen in das Bemühen der Verantwortlichen, die Lärmsituation zu verbessern, um so weniger lästig wirkt der Lärm. Daraus folgt: Vertrauensbildende Maßnahmen tragen das Potenzial in sich, unabhängig von der objektiv erreichten Verbesserung einer Lärmsituation zur Verringerung der subjektiv empfundenen Lärmbelastung beizutragen.

In einer Online-Befragung erhebt das Umweltbundesamt (UBA) seit dem Frühjahr 2002 bundesweit und kontinuierlich Belästigungswerte für Lärm. Aufgrund der Erhebungsmethodik kann diese Befragung nicht unmittelbar mit anderen Umfragen verglichen werden. Das Ergebnis ist aber eindeutig: Lärm bleibt in ganz Deutschland ein Problem. Vor allem der Straßenverkehr zerrt an den Nerven. Abgesehen von regionalen Unterschieden fällt auf, dass besonders Männer im Alter von 30 bis 40 Jahren unter Straßenverkehrslärm leiden. Die unter 20-Jährigen dagegen fühlen sich vergleichsweise gering vom Lärm geplagt.

Auch Nachbarschaftslärm ist für die meisten Teilnehmer an der Befragung ein ernst zu nehmendes Problem. Nur knapp 40 % geben an, keiner Lärmbelastung durch ihre Nachbarn ausgesetzt zu sein. Alle anderen leiden

mehr oder weniger darunter. Ursache ist häufig ein unzureichender Schallschutz in den Wohnhäusern: Von denen, die unmittelbare Nachbarn haben – das sind rund 80 % –, können nur etwa 10 % ihren Nachbarn nicht wahrnehmen; die anderen hören zwangsweise mit.

Die Antworten auf die Frage nach der Gesamtbelästigung durch alle vorhandenen Lärmquellen zeigen, dass nur ein kleiner Teil der Teilnehmer – etwa 5 % – ohne jede Lärmbelästigung lebt. Hochgradig belästigt durch die Gesamtheit der Lärmquellen fühlen sich hingegen insgesamt rund 52 % der Befragungsteilnehmer. Die Lärmumfrage des Umweltbundesamtes wird laufend weitergeführt.

Lärm ist nicht lediglich eine Quelle von Belästigungen und Ärger. Er ist zudem die Ursache für negative gesundheitliche Wirkungen (Abb. 3). Zu nennen sind Störungen des allgemeinen seelischen und körperlichen Wohlbefindens, Beeinträchtigungen der Konzentration und des Lernens sowie Schlafstörungen. Darüber hinaus löst Lärm eine Vielzahl psychologischer, psychosomatischer und herzkreislaufbedingter Erkrankungen aus oder beeinflusst sie negativ. Bei jahrelanger Lärmbelastung können dauerhafte Schäden am menschlichen Organismus auftreten; so steigt z.B. das Herzinfarktrisiko bei einer Dauerbelastung von mehr als 65 dB(A) nachweislich an. Etwa 15,6 % der Bevölkerung der alten Bundesländer waren 1997 tagsüber Lärmpegeln von mehr als 65 dB(A) ausgesetzt.

2. Straßenverkehrslärm

2.1 Belastung

Etwa 60 % der Bevölkerung von Baden-Württemberg fühlen sich durch Straßenverkehrslärm belästigt, rund 12 % stark oder äußerst stark. Die vor 1999 angestiegene Tendenz flacht ein wenig ab, weil die stetige Zunahme der Fahrzeugzahlen und der Fahrleistungen teilweise durch leisere Fahrzeuge „ausgeglichen“ wird. Nachts sinkt die Lärmbelastung durch Straßenverkehr im Allgemeinen zwar um etwa 10 dB(A) ab, doch bleibt sie für

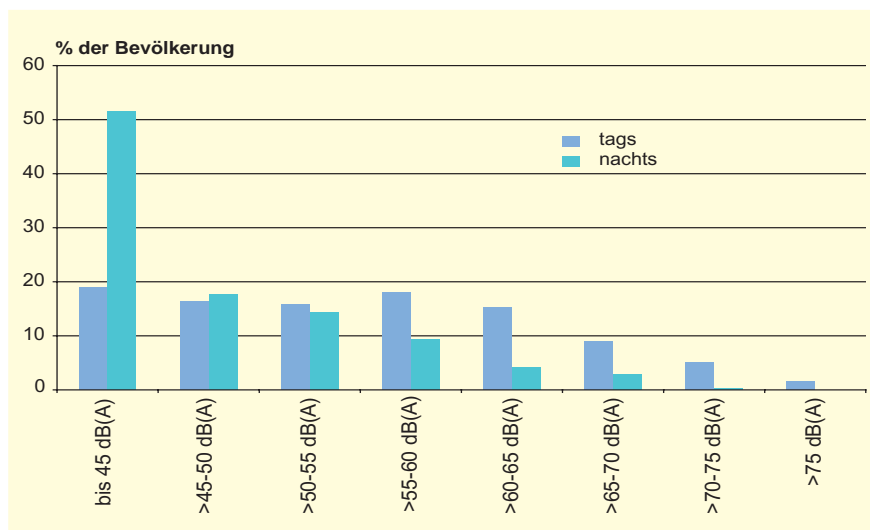


Abb. 4: Geräuschbelastung durch Straßenverkehr im Wohnbereich (Quelle: UBA 1999)

viele Menschen ein Problem: Etwa 31 % der Bevölkerung sind nachts mit Pegeln von über 50 dB(A) belastet (Abb. 4). Bei solchen Pegeln ist mit Schlafstörungen zu rechnen.

Die Aufteilung der durch den Straßenverkehr bedingten Lärmbelastung auf die Bürger nach Gemeindegrößen macht deutlich, dass in mittelgroßen und großen Städten der Anteil der durch Straßenverkehr Belästigten um einiges größer ist als in Gemeinden mit weniger als 20 000 Einwohnern. Nur bei den sehr hohen Belastungen, über 70 dB(A) tagsüber und über 60 dB(A) nachts, sind die Anteile der Betroffenen etwa gleich. Ein Ergebnis der repräsentativen Umfrage vom Sommer 1999 ist: In den Großstädten fühlen sich 66 % der Bevölkerung durch Straßenverkehr belästigt, etwa 17 % stark oder äußerst stark. In mittelgroßen Städten mit 20 000 - 100 000 Einwohnern lauten diese Zahlen 62 % bzw. 12 %, in Orten mit weniger als 20 000 Einwohnern 57 % bzw. 10 % (Abb. 5).

2.2 Grenzwerte

Für die Kfz-Lärmemissionen gelten bestimmte EU-weit gültige Grenzwerte, die im Laufe der Zeit verschärft worden sind (Abb. 6, 7). Diese haben vornehmlich eine Absenkung des Antriebsgeräuschs, nicht jedoch der Reifen-/Fahrbahngeräusche bewirkt. Aber schon bei den im Stadtverkehr auftretenden Geschwindigkeiten kann das Reifen-/Fahrbahngeräusch

bei Pkw die dominante Geräuschquelle sein. Die „EU-Reifen-Richtlinie“ (Richtlinie 2001/43/EG) legt neuerdings Grenzwerte für das Abrollgeräusch fest, die von Neureifen ab 2003 einzuhalten sind (Tab. 1). Bis ins Jahr 2011 sind stufenweise Geräuschgrenzwerte festzulegen. Dadurch sollen die lautesten Pkw- und Lkw-Reifen vom Markt genommen werden. Zum Vergleich wurden auch die Kriterien für die Erteilung des Umweltzeichens „Blauer Engel“ beigefügt.

Für einen lärmarmen und kraftstoffsparenden Reifen wurde 1997 erstmals das Umweltzeichen „Blauer Engel“ vergeben. Nach einer Untersuchung im Auftrag des Umweltbundesamtes hielten Ende 1999 von 48 getesteten Reifentypen (14 Reifen-

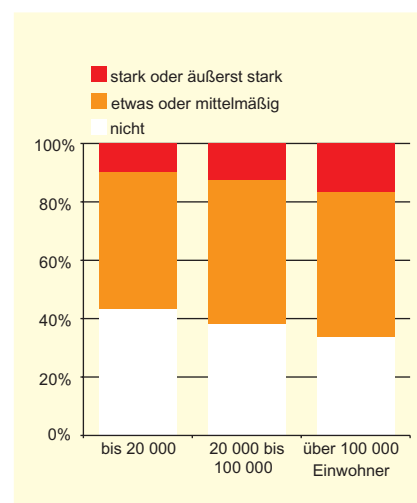


Abb. 5: Subjektiv empfundene Belästigung durch Straßenverkehr im Wohnbereich (Quelle: LfU; Stand 1999)

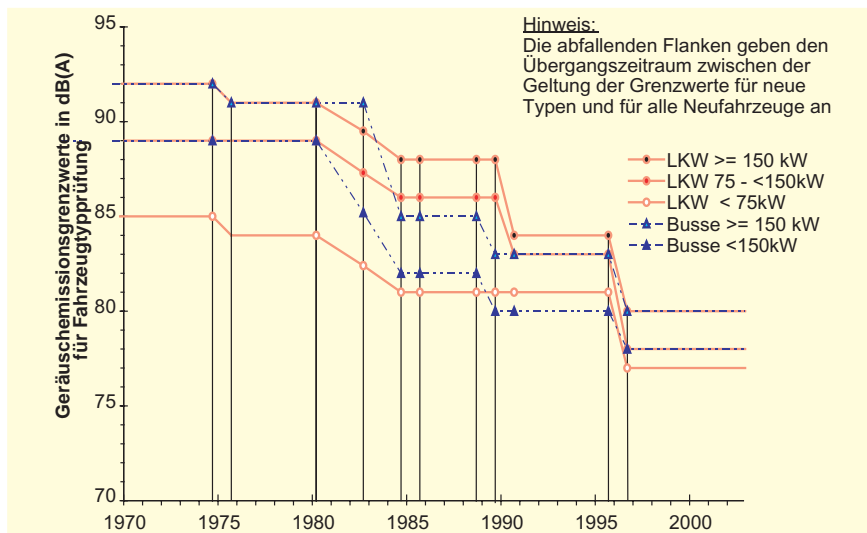


Abb. 6: Entwicklung der Geräuschemissionsgrenzwerte in dB(A) nach der StVZO für Busse und Lkw (Quelle: UBA; Stand 2002)

Reifenbreite [mm]	Grenzwert [dB(A)]	gültig bis	Kriterium für "Blauen Engel" [dB(A)]
145	72	30.6.2007	
> 145 165	73	30.6.2007	
> 165 185	74	30.6.2007	72
> 185 215	75	30.6.2008	72
> 215	76	30.6.2009	

Tab. 1: Grenzwerte von Schallpegeln bei Pkw-Reifen nach EU-Reifen-Richtlinie (1. Stufe) (Quelle: UBA; Stand 2002)

Jahr	Pkw		Lkw > 150 kW	
	Grenzwert seit 9/1989	Grenzwert seit 10/1995	Grenzwert seit 9/1989	Grenzwert seit 10/1995
	77 dB(A)	74 dB(A)	84 dB(A)	80 dB(A)
1987	78%	27%	12%	0%
1989	91%	33%	8%	0%
1991	97%	37%	84%	14%
1993	98%	42%	100%	37%
1996	100%	81%	100%	55%
1999	100%	92%	100%	70%
2000	100%	92%	100%	86%
2001	100%	93%	100%	86%
2002	100%	95%	100%	85%

Tab. 2: Entwicklung der Einhalterate der geltenden Lärmemissionsgrenzwerte von Pkw und Lkw (Quelle: UBA; Stand 2003)

herstellern) 9 einzelne Reifentypen den Umweltkriterien für den „Blauen Engel“ stand. Die Reifenhersteller haben somit Reifen im Programm, welche die Kriterien des Umweltengels erfüllen.

Die 1970 festgesetzten zulässigen Grenzwerte der Schallpegel für das Vorbeifahrgeräusch wurden stufenweise abgesenkt, und zwar bei Lkw

und Bussen (≥ 150 kW) von 92 auf 80 dB(A), bei Bussen (< 150 kW) von 89 auf 78 dB(A), bei Pkw von 84 auf 74 dB(A). Die derzeit geltenden Grenzwerte sind seit 1.10.1995 für neu entwickelte Kfz und seit 1.10.1996 für alle neuen Kfz – auch aus älterer Entwicklung – maßgebend.

Bei den Kraftfahrzeugen sind die zulässigen Grenzwerte nicht in gleichem

Umfang verschärft worden. Seit 1993 gilt der Grenzwert für neu entwickelte Kraftfahrzeuge bis 80 cm^3 mit 75 dB(A), bis 175 cm^3 mit 77 dB(A) und Motorräder mit mehr als 175 cm^3 mit 80 dB(A). Damit haben größere Kraftfahrzeuge denselben Grenzwert wie die stärksten Lkw und die großen Busse. Mit Wirkung von Juni 1999 wurden neue Grenzwerte mittels EU-Richtlinie für neu entwickelte Kleinkraftfahrzeuge eingeführt: bis 25 km/h Höchstgeschwindigkeit wurde der Grenzwert auf 66 dB(A) und über 25 km/h auf 71 dB(A) festgelegt.

In Deutschland bekommen nur solche Kraftfahrzeuge eine behördliche Betriebserlaubnis, deren Lärmemissionen (in 7,5 m seitlichem Abstand bei Vollgasbeschleunigung) die Grenzwerte einhalten. Die zuletzt erfolgte Herabsetzung der Grenzwerte wird im Laufe der Jahre eine Verbesserung in den Ortschaften bringen. So wurden die Grenzwerte für Kleintransporter und Kleinbusse zwar um 2 dB(A) verschärft, jedoch ist im innerörtlichen Verteilerverkehr immer noch eine beträchtliche Zahl relativ alter Transportfahrzeuge im Einsatz.

Den geltenden Grenzwert von 74 dB(A) für neu zugelassene Pkw hielten 95 % aller im Verkehr befindlichen Pkw-Typen ein. Den Fortschritt in diesem Bereich zeigt Tab. 2. Ein deutlicher Erfolg fortschreitender Lärminderungstechnik ist auch bei den schweren Lkw (Leistungsklasse ≥ 150 kW) zu verzeichnen. Den seit 1.10.1995 geltenden Grenzwert von 80 dB(A) für neu entwickelte Lkw halten 85 % der registrierten Lkw-Typen (Leistungsklasse ≥ 150 kW) ein. Sie dürfen nach der Straßenverkehrszulassungsordnung eine Plakette führen, die sie als geräuscharm ausweist.

Bei diesen Ergebnissen ist zu beachten, dass die tatsächlichen Lärmemissionen im praktischen Fahrbetrieb stark von der Fahrweise abhängen. Das Fahrverhalten – niedrig- oder hochtouriges Fahren – kann Unterschiede in den Emissionen von über 10 dB(A) mit sich bringen, das bedeutet eine Verdoppelung oder Halbierung der subjektiv empfundenen Lärmbelästigung.

Allgemein gültige Grenzwerte für vom Straßenverkehr verursachte Lärmimmissionen gibt es nicht. Seit 21.6.1990 ist jedoch die Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV) in Kraft; diese schreibt bei neuen Verkehrsstrecken und solchen, die im Zuge von Umbau- oder Ausbaumaßnahmen wesentlich geändert werden, verbindliche Grenzwerte vor (Tab. 3, linker Teil). Demnach ist durch planerische oder technische Maßnahmen am Verkehrsweg sicherzustellen, dass die in der Verordnung festgesetzten Grenzwerte nicht überschritten werden. Soweit dies mit angemessenem Aufwand nicht realisierbar ist, hat der Anlieger im Allgemeinen Anspruch auf Entschädigung für von ihm selbst durchzuführende Schutzmaßnahmen (z.B. Schallschutzfenster).

Da die Verordnung nur für Neubau und wesentliche Änderung von Verkehrswegen gilt, gibt es bei Überschreitung dieser Grenzwerte an bestehenden Straßen bisher keine Rechtsgrundlage, die eine Lärmsanierung für solche Verkehrswege vorschreibt. Seit 1978 ist Lärmsanierung an bestehenden Bundesfernstraßen möglich. Voraussetzung war bis Ende 1985, dass der Beurteilungspegel einen Immissionsgrenzwert von 75 dB(A) am Tage oder von 65 dB(A) in der Nacht überschritt. Für Wohn- und Mischgebiete gelten seit 1986 deutlich herabgesetzte Immissionsgrenzwerte für die Lärmsanierung an Bundesfernstraßen (Tab. 3, rechter Teil).

2.3 Maßnahmen

Bei den Maßnahmen zum Schutz vor Straßenverkehrslärm wird zwischen aktiven und passiven Maßnahmen unterschieden. Zu den möglichen Maßnahmen gehören:

- Lärminderung an den Fahrzeugen (Motor, Auspuff, Reifen usw.)
- Lärmindernder Belag
- Geschwindigkeitsbeschränkungen
- Fahrverbote
- den Lärm berücksichtigende Trassenführung
- Lärmschutzwälle und -wände
- Einschnitt- oder Troglagen
- Teil- oder Vollabdeckungen (Tunnel)

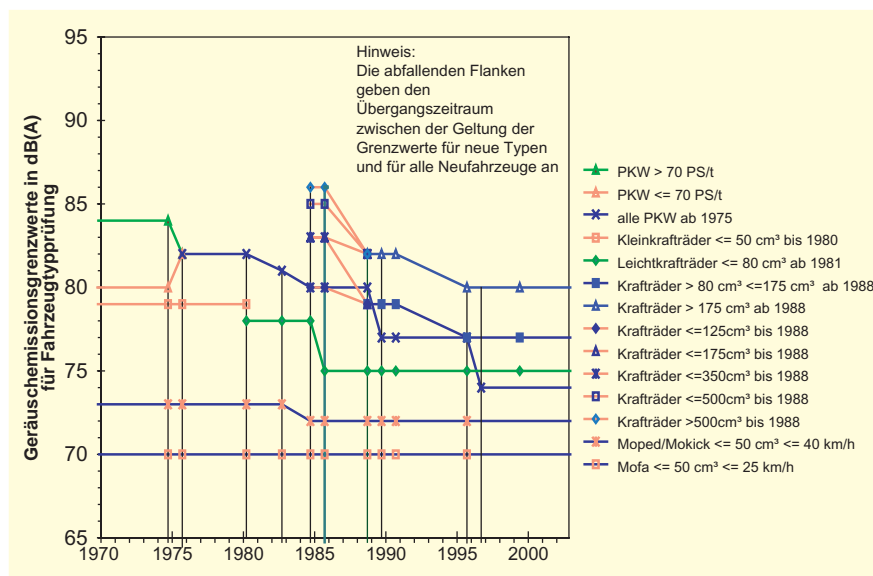


Abb. 7: Entwicklung der Geräuschemissionsgrenzwerte in dB(A) nach der StVZO für Pkw und Krafträder (Quelle: UBA; Stand 2002)

- Lärmschutzfenster (passiv)
- Verstärkungen von Haustüren und Dächern (passiv)

Für verkehrsrechtliche Maßnahmen, also auch für Geschwindigkeitsbeschränkungen, gelten die „Vorläufigen Richtlinien für straßenverkehrsrechtliche Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor Lärm“ (Lärmschutz-Richtlinien-StV) vom 6.11.1981. Danach kommen Maßnahmen in Betracht, wenn der vom Straßenverkehr herrührende Mittelungspegel die Sanierungspegel (Tab. 3, rechter Teil) überschreitet. Der Mittelungspegel soll unter den Sanierungspegel abgesenkt, es soll mindestens jedoch eine Pegelminderung von 3 dB(A) bewirkt werden. Da wirksame Geschwindigkeitsbeschränkungen die Geräusche der Fahrzeuge bei der Vorbeifahrt besonders stark vermindern, werden solche Maßnahmen subjektiv positi-

ver bewertet, als es im Mittelungspegel zum Ausdruck kommt.

In Baden-Württemberg wurden Lärmschutzmaßnahmen an Bundesfernstraßen statistisch erfasst.

An aktiven Lärmschutzmaßnahmen wurden dabei bis 2001 fast 44 km Lärmschutzwälle, über 12 km Steilwände und gut 128 km Lärmschutzwände errichtet (Abb. 8). Damit sind im Land etwa 3 % des Gesamtnetzes von Bundesfernstraßen (= etwa 5500 km) mit Lärmschutzwällen oder -wänden ausgestattet. Flächendeckende Daten für Landes- und Gemeindestraßen liegen insoweit nicht vor. An passiven Lärmschutzmaßnahmen in Form von Lärmschutzfenstern wurden bis 2001 etwa 145 400 m² Lärmschutzfenster eingesetzt (Abb. 9).

Die Investitionen des Bundes für diese Lärmschutzmaßnahmen beliefen

	Immissionsgrenzwerte nach 16. BImSchV in dB(A)		Sanierungspegel für bestehende Bundesfernstraßen in dB(A)	
	tags	nachts	tags	nachts
Krankenhäuser, Schulen, Heime	57	47	70	60
Reine und allgemeine Wohngebiete	59	49	70	60
Kern-, Dorf- und Mischgebiete	64	54	72	62
Gewerbegebiete	69	59	75	65

Tab. 3: Immissionsgrenzwerte für Neubau und wesentliche Änderung von Straßen- und Schienenwegen bzw. Sanierungspegel für bestehende Bundesstraßen (Stand 2002)

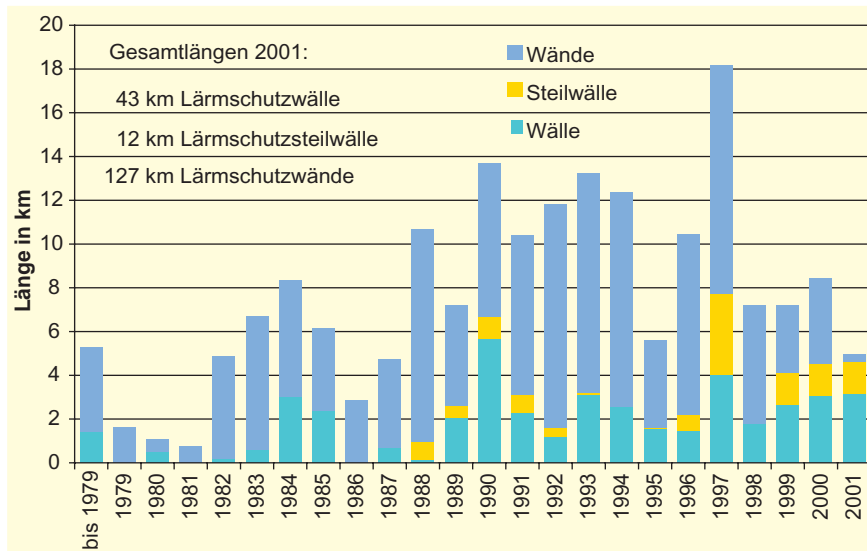


Abb. 8: Neu errichtete Lärmschutzwände und -wälle an Bundesfernstraßen in Baden-Württemberg (Quelle: BMVBW; Stand 2002)

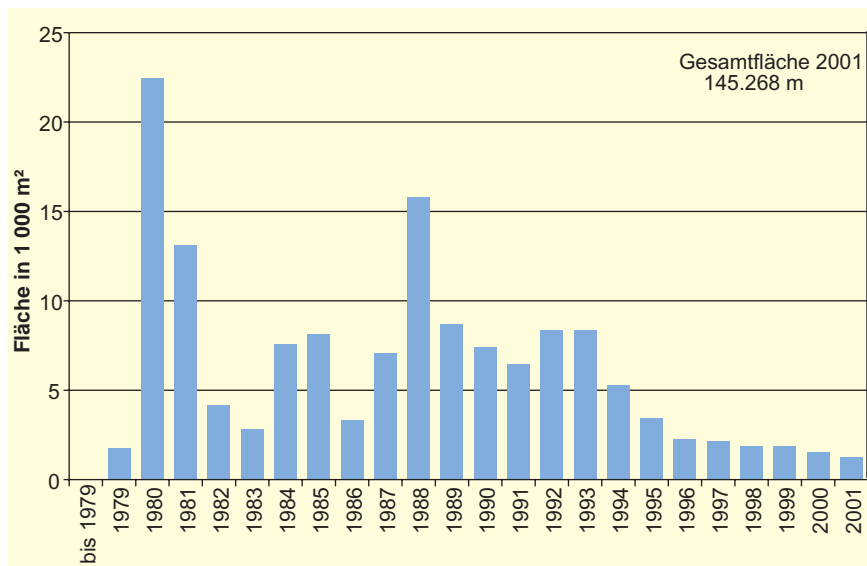


Abb. 9: Neu eingebaute Lärmschutzfenster an Bundesfernstraßen in Baden-Württemberg (Quelle: BMVBW; Stand 2002)

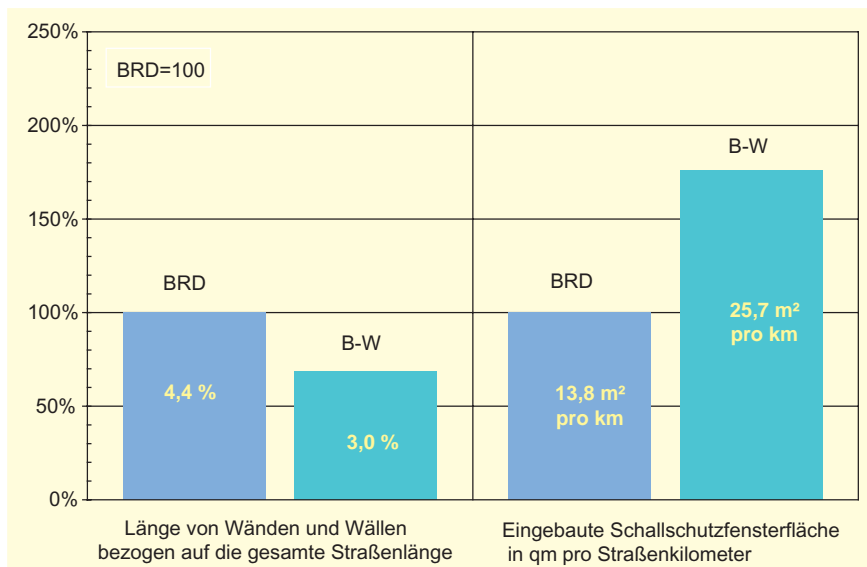


Abb. 10: Lärmschutzmaßnahmen an Bundesfernstraßen in Deutschland und in Baden-Württemberg (Quellen: BMVBW, UVM BW; Stand 2002)

sich für Baden-Württemberg bis 2001 auf 249 Mio. Euro für Vorsorge und 78 Mio. Euro für Sanierung.

Ein Vergleich macht deutlich, dass Baden-Württemberg mehr Gewicht auf passiven Lärmschutz legt als andere Bundesländer: Das Land besitzt bezogen auf die Straßenlänge fast doppelt so viele Lärmschutzfenster an Bundesfernstraßen wie die anderen Länder (Abb.10).

3. Schienenverkehrslärm

Nach der repräsentativen Umfrage von Mitte 1999 (siehe unter „1. Lärm als Belastung“) fühlen sich 13 % der Einwohner in Baden-Württemberg durch den Schienenverkehrslärm belästigt, knapp 2 % sogar stark oder äußerst stark. Dabei konzentrieren sich die Belästigungen, im Unterschied zu allen anderen Lärmquellenarten, eindeutig auf die Nachtzeit.

Nach der vom Umweltbundesamt (UBA) für 1997 ermittelten Lärmstatistik für den Schienenverkehr werden tagsüber fast 35 % der Bevölkerung mit Pegeln über 50 dB(A) belastet (Abb. 11). Nachts sinkt dieser Anteil auf rund 21 %. Bereits bei solchen Pegeln ist mit Schlafstörungen zu rechnen. Der Schienenverkehr ist daher neben dem Straßenverkehr die zweite wichtige Nachtgeräuschquelle. Da sich die Geräuschemissionen des Schienenverkehrs, das Verkehrsaufkommen und die Schallschutzmaßnahmen seit 1997 nur wenig verändert haben, sind die genannten Werte noch weitgehend gültig.

Typische Lärmemissionswerte für die derzeit von der Deutschen Bahn AG eingesetzten Zugarten sind in Abb. 12 dargestellt. Zur besseren Vergleichbarkeit werden auch die auf einheitliche Zuglänge und Fahrgeschwindigkeit normierten Werte angegeben.

Die jeweiligen Geräuschemissionen von Schienenfahrzeugen hängen auch vom tatsächlichen Zustand des Gleises, insbesondere vom Grad der Verriffelungen der Schienenlaufflächen, ab. So kann das Schleifen stark

verriffelter Gleise die Geräuschpegel bei scheibengebremsten Personenzügen um bis zu 10 dB(A) absenken. Selbst bei den geräuschvollen, klotzgebremsten Güterzügen lassen sich auf diese Weise Verbesserungen von mehr als 5 dB(A) erzielen.

Die Untersuchungen des UBA in Kooperation mit der LfU haben gezeigt, dass sich an Hauptfahrstrecken durch zunehmende Schienenverriffelungen die Geräuschemissionen bei scheibengebremsten Personenzügen um durchschnittlich 0,7 dB(A) pro Jahr, bei Güterzügen um jährlich etwa 0,3 dB(A) erhöhen. Grundsätzlich hat die Deutsche Bahn AG in Aussicht gestellt, an Hauptfahrstrecken den Zustand der Schienenoberfläche mit besonderen Schallmesszügen zu überwachen und gegebenenfalls verriffelte Schienen zu schleifen. Seit geraumer Zeit gesteht das Eisenbahnbundesamt der Deutschen Bahn AG im Rahmen der Planung von Aus- und Neubaustrecken auch den Einsatz des so genannten „besonders überwachten Gleises“ (BüG) als Lärminderungsmaßnahme zu. Dabei kann die Bahn beim Einsatz des BüG im Genehmigungsverfahren einen Pegelabschlag von 3 dB(A) in Anspruch nehmen, wenn sie sich im Gegenzug zur besonderen Überwachung der Geräuschemissionen und der besonderen Gleispflege verpflichtet.

Allgemein verbindliche Emissionsgrenzwerte für Schienenfahrzeuge oder Immissionsgrenzwerte für Lärmbelastungen durch den Schienenverkehr gibt es nicht. Für Neu- und Ausbaustrecken der Deutschen Bahn AG gilt jedoch, wie für den Straßenverkehr, die 1990 in Kraft getretene Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV). Demnach sind beim Bau oder bei der wesentlichen Änderung von Schienenwegen die Immissionsgrenzwerte dieser Verordnung maßgebend (Tab. 3). Schienenlärm wird im Allgemeinen, vor allem aber zur Nachtzeit, weniger störend empfunden als Straßenverkehrslärm; dies zeigen sozialwissenschaftliche Studien. Bei der Ermittlung des Beurteilungspegels ist daher ein Abschlag in Höhe von 5 dB(A) gegenüber Straßenverkehrslärm, ein „Schienen-

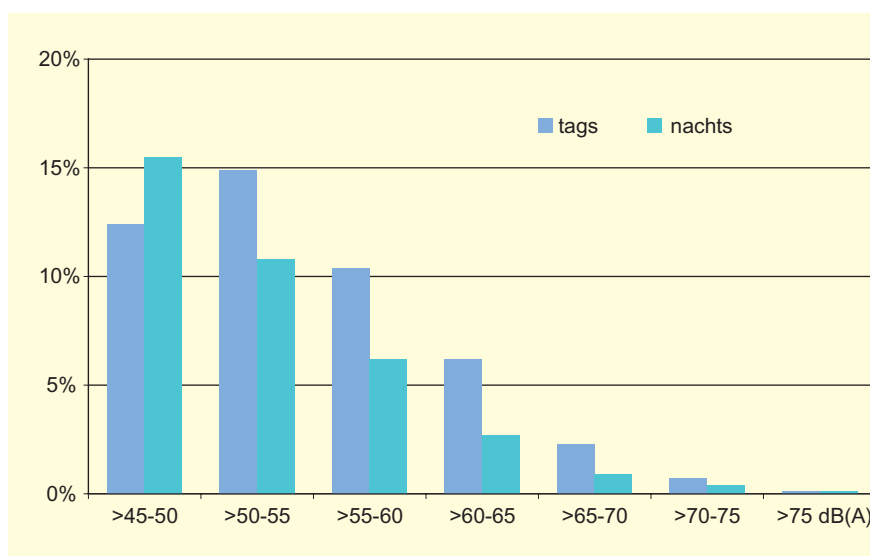


Abb. 11: Geräuschbelastung durch Schienenverkehr im Wohnbereich in Deutschland (Quelle: UBA; Stand 1997)

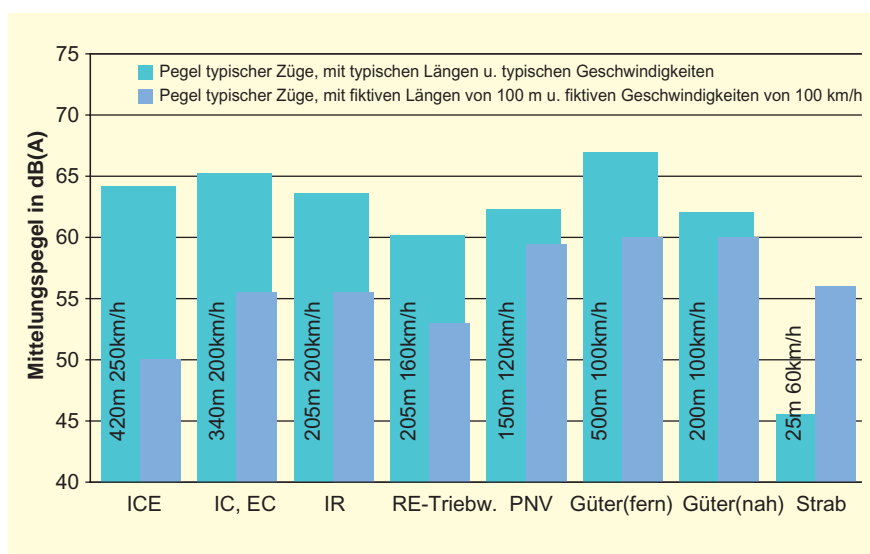


Abb. 12: Mittelungspegel (25 m Abstand und 3,5 m Höhe bei 1 Zug pro Stunde) für Zugarten der Deutschen Bahn AG (Quellen: DB AG, LfU; Stand 2002)

bonus“, vorgesehen. Bei der Planung neuer Strecken ist zunächst eine möglichst umweltschonende Linieneinführung zu wählen. Überschreitet der Beurteilungspegel trotzdem die Grenzwerte der 16. BImSchV, sind zu deren Einhaltung aktive Lärmschutzmaßnahmen und – soweit dies nicht möglich oder nicht verhältnismäßig ist – passive Lärmschutzmaßnahmen vorzusehen.

Die Belastung zur Nachtzeit wird in erster Linie vom Güterzugverkehr hervorgerufen. Die Deutsche Bahn AG ist bestrebt, mehr Güterverkehr auf die Schiene zu bringen, und rechnet mittel- und langfristig mit steigender Tendenz der Transportzahlen. Während z.B. auf der Strecke

Karlsruhe – Basel derzeit insgesamt etwa 50 Güterzüge pro Nacht verkehren, liegen den Prognosen des Planfeststellungsverfahrens der Neu- und Ausbaustrecke pro Nacht insgesamt etwa 150 Vorbeifahrten von Güterzügen zu Grunde.

Die Deutsche Bahn AG sieht sich nicht in der Lage, aus eigenen Mitteln den Lärmschutz an stark belasteten bestehenden Bahnstrecken zu verbessern. Eine gesetzliche Verpflichtung zu Lärminderungsmaßnahmen besteht nicht. Jedoch hat die Bundesregierung 1999 ein Programm zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen des Bundes beschlossen. Danach erhält die DB AG jährlich 51 Mio. Euro zur Verbesse-

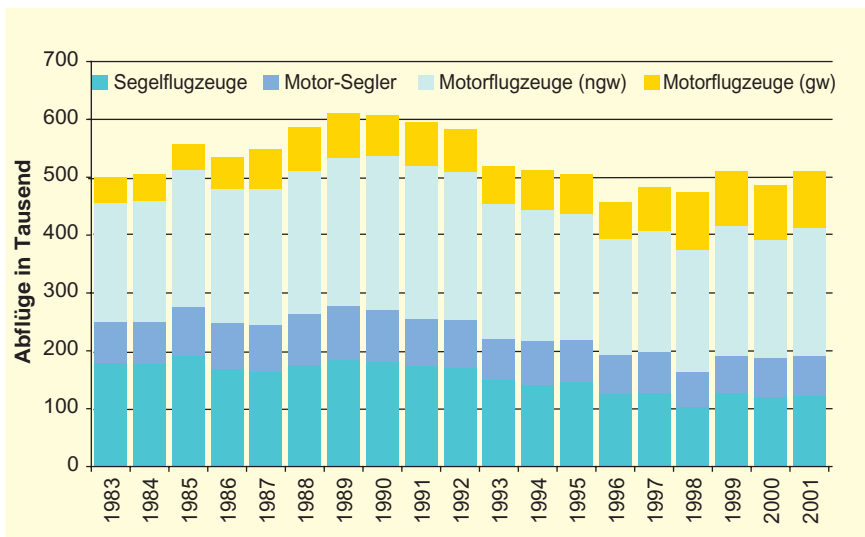


Abb. 13 Flugverkehr (Abflüge) auf zivilen Flugplätzen (ohne Flughafen Stuttgart) (Quelle: Statistisches Bundesamt; Stand 2001)

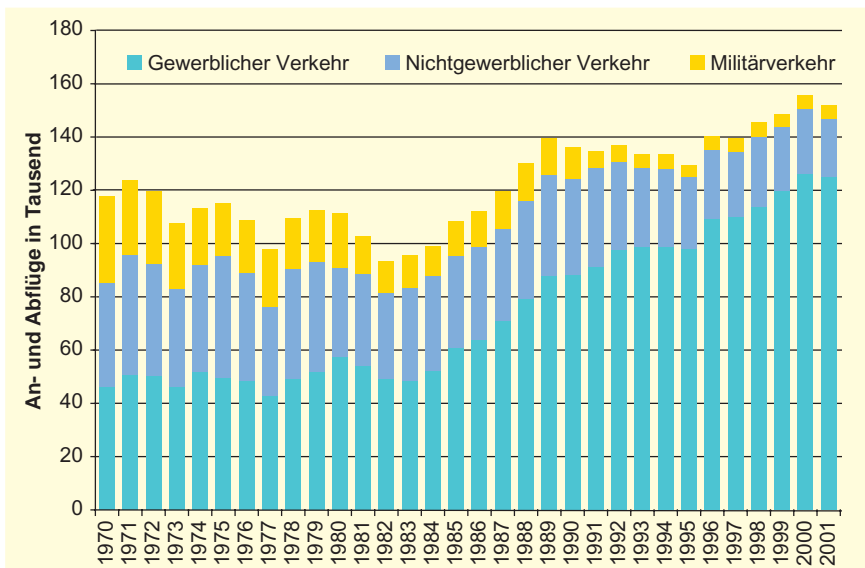


Abb. 14 Flugbewegungen (An- und Abflüge) am Flughafen Stuttgart (Quelle: Fluglärm-schutzbeauftragter; Stand 2001)

zung der Lärmsituation an besonders betroffenen Schienenstrecken. In einer ersten Prioritätenliste wurden 108 im gesamten Bundesgebiet (6 in Baden-Württemberg) gelegene, vordringliche Härtefälle benannt. In der zweiten Fortschreibung der Prioritätenliste (Stand 2002) sind 105 in Baden-Württemberg gelegene Sanierungsabschnitte mit einer Gesamtlänge von 148 km enthalten. Nach Erhebungen der DB AG wären, um den Sanierungsgrenzwert von 60 dB(A) nachts einzuhalten, im Land etwa 160 km Lärmschutzwände (Höhe 2 m über Schiene) und etwa 136 600 m² Lärmschutzfenster an insgesamt 40 000 betroffenen Wohneinheiten erforderlich.

4. Fluglärm

Baden-Württemberg besitzt mit dem internationalen Flughafen Stuttgart und den Regionalflughäfen Friedrichshafen und Karlsruhe/Baden-Baden drei Verkehrsflughäfen mit überregionaler Bedeutung. Daneben werden 151 weitere zivil genutzte Flugplätze betrieben. Diese Flugplätze, recht gleichmäßig im Land verteilt, sind (Stand Mai 2003):

- 19 Verkehrslandeplätze für den allgemeinen Verkehr (benutzt von Flugzeugen unter 5,7 t, Hubschraubern, Motorseglern, Segelflugzeugen und Ultraleichtflugzeugen, in wenigen Fällen auch von Flugzeugen über 5,7 t Startgewicht) und 1

Verkehrslandeplatz für Hubschrauber; die Verkehrslandeplätze unterliegen einer Betriebspflicht.

- 37 Sonderlandeplätze für besondere Zwecke ohne Betriebspflicht (benutzt von Flugzeugen unter 5,7 t, Motorseglern, Segelflugzeugen und Ultraleichtflugzeugen)
- 41 Hubschrauber-Sonderlandeplätze (benutzt von Hubschraubern im Luftrettungsdienst an Krankenhäusern und im Werkverkehr von Industrieunternehmen)
- 67 Segelflugplätze (benutzt von Motorseglern, Segelflugzeugen, Ultraleichtflugzeugen und in geringem Maße von Motorflugzeugen unter 2,0 t zum Schleppen von Segelflugzeugen)
- 7 Ultraleicht-Sonderlandeplätze (benutzt von Ultraleichtflugzeugen).

In erster Linie bestimmen die Lärmemissionen der einzelnen Flugzeuge und der Abstand zum Flugplatz und zur Flugroute die Höhe der Lärmeinwirkungen in der Nachbarschaft von Flugplätzen. Der Grad der Belästigung hängt zudem von der Dauer und Häufigkeit bzw. vom Zeitpunkt des Auftretens der Fluggeräusche ab. Die Befragung vom Sommer 1999 ergab, dass sich 40 % der Bevölkerung Baden-Württembergs durch Fluglärm belästigt fühlen; 7 % gaben an, stark oder äußerst stark belästigt zu werden.

Um den Fluglärm aktiv zu begrenzen, sind für neu zum Verkehr zuzulassende Flugzeuge Lärmgrenzwerte eingeführt. In Deutschland gelten für Strahlflugzeuge, Propellerflugzeuge über 9 000 kg und für Hubschrauber die Grenzwerte der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation (ICAO). Bei propellergetriebenen Kleinflugzeugen sind drei Grenzwerte zu unterscheiden: internationale Grenzwerte der ICAO (International Civil Aviation Organisation), anspruchsvollere nationale Grenzwerte nach den „Lärmschutzanforderungen für Luftfahrzeuge“ (LSL) und nationale Grenzwerte für „Erhöhten Schallschutz“, die noch unterhalb der LSL-Werte liegen. Damit gelten in Deutschland für neu

zum Verkehr zugelassene Kleinflugzeuge strengere Anforderungen an den Lärmschutz als international üblich. Die Geräuschemissionen vieler verhältnismäßig alter Kleinflugzeuge sind aber noch relativ hoch.

Nach der Landeplatz-Lärmschutz-Verordnung vom 5.1.1999 sind an Landeplätzen mit im Jahr mindestens 15 000 Flugbewegungen An- und Abflüge von propellergetriebenen Flugzeugen und Motorseglern bis zu 9 000 kg zu folgenden Zeiten untersagt:

- montags bis freitags vor 7.00 Uhr, zwischen 13.00 und 15.00 Uhr und nach Sonnenuntergang,
- samstags, sonntags und an Feiertagen vor 9.00 Uhr und nach 13.00 Uhr.

Ausgenommen hiervon sind u.a. Motorflugzeuge und Motorsegler mit erhöhtem Schallschutz – als Anreiz, lärmarme Propellerflugzeuge zu beschaffen und laute Maschinen lärm-mindernd umzurüsten.

An einigen Flugplätzen sind die Lärmprobleme zum Teil auch Folge von zu geringen Abständen zwischen Wohnbebauung und Flugplatz oder Flugwegen. An den Flughäfen Friedrichshafen und Karlsruhe/Baden-Baden dürfen nur Flugzeuge landen, welche die Lärmvorschriften gemäß ICAO (International Civil Aviation Organization), Annex 16, Band I, Teil II, Kapitel III, erfüllen. Am Flughafen Karlsruhe/Baden-Baden haben die alten Fluglärmschutzbereiche, die für den militärisch genutzten Flugplatz galten, weiterhin Bestandskraft. In Friedrichshafen wurden Ende 1999 drei Fluglärmmessstellen eingerichtet.

Der Flugverkehr auf allen Zivilflugplätzen und Segelfluggeländen des Landes (ohne Flughafen Stuttgart) stieg von etwa 500 000 Starts 1983 auf über 600 000 zu Beginn der neunziger Jahre (Abb. 13). Anschließend sanken die Zahlen der Abflüge wieder. Seit 1995 liegen die jährlichen Abflugzahlen wieder bei 500 000. Der Anteil der gewerblichen Flüge am gesamten Flugaufkommen (ohne Flughafen Stuttgart) stieg von 1983

etwa 9 % auf 1999 rund 20 %.

Am Flughafen Stuttgart lag bis Mitte der achtziger Jahre das gewerbliche Flugaufkommen eines Jahres stets unter 60 000 Flugbewegungen (An- und Abflüge). In den Folgejahren – abgesehen von 1995, dem Jahr mit baubedingtem, eingeschränktem Flugbetrieb – erhöhte sich die Auslastung durch den gewerblichen Flugverkehr beständig. Ab 2000 wurden jährlich mehr als 120 000 gewerbliche Flugbewegungen registriert. Demgegenüber war das nichtgewerbliche Flugaufkommen seit den neunziger Jahren leicht rückläufig. Der militärische Flugverkehr verlor in den vergangenen 30 Jahren mengenmäßig an Bedeutung. Die Gesamtzahl der Flugbewegungen lag 1970 bis 1987 unter 120 000 pro Jahr. Anschließend stieg die Zahl der jährlichen Flugbewegungen am Flughafen Stuttgart tendenziell an und erreichte 2000 einen Höchstwert von über 155 000 (Abb. 14).

Unter Fluglärmgesichtspunkten ist der Verkehr mit strahlgetriebenen Flugzeugen von besonderer Bedeutung. Abweichend von der Entwicklung des Gesamtverkehrs hat sich die Zahl der Starts und Landungen von Jets in den vergangenen 20 Jahren fast verdreifacht. Auf Grund besonderer zeitlicher Flugbeschränkungen für geräuschvolle Düsenflugzeuge und infolge lärmabhängiger Start- und

Landegebühren waren die Fluggesellschaften gezwungen, auf Maschinen mit weniger geräuschvollen Triebwerken umzustellen.

Seit 1999 erfüllen mehr als 99 % aller am Flughafen Stuttgart eingesetzten Jets die Lärmvorschriften gemäß ICAO Annex 16, Band 1, Teil II, Kapitel III (Abb. 15). Diese Lärmvorschriften sind seit April 2002 weltweit allgemein verbindlich. Dass am Flughafen Stuttgart bereits ab 1999 fast ausschließlich die leiseren Jets eingesetzt wurden, war Folge einer luftrechtlichen Genehmigung des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, wonach die lauterer Flugzeuge ab dem 1.5.1997 zum Schutz der Bevölkerung nur noch ansatzweise eingesetzt werden durften.

Acht Dauermessstellen in der Umgebung des Flughafens erfassen die vom Flugverkehr ausgehenden Geräuscheinwirkungen. Die zeitliche Entwicklung des äquivalenten Dauerschallpegels nach dem Fluglärmgesetz (Jahresmittlungspegel) zeigt Abb. 16. Trotz gestiegenem Flugaufkommen sind an allen Messstellen die ermittelten Dauerschallpegel gesunken. Dabei fielen im Westen des Flugplatzes die Pegel etwas stärker ab als im Osten, und in Flugplatznähe waren die Pegelreduktionen etwas höher als weiter entfernt.

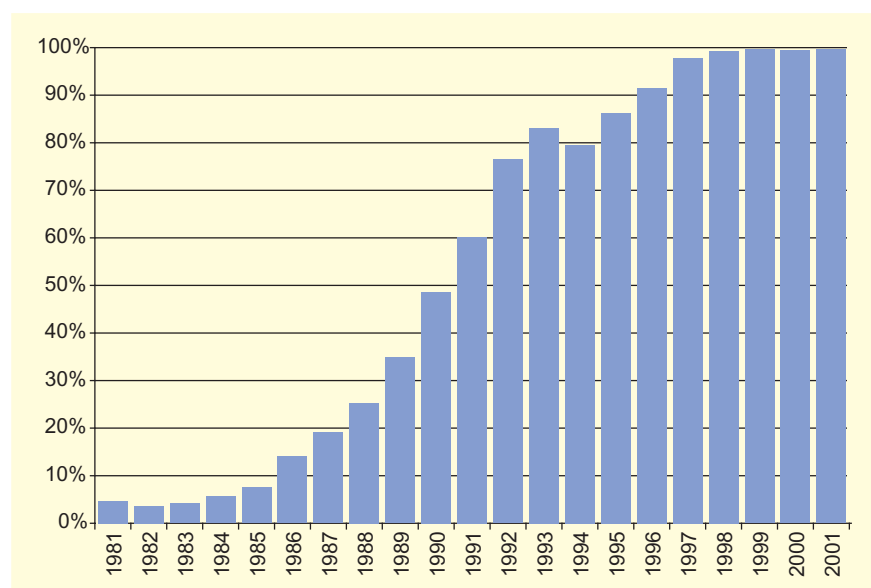


Abb. 15: Prozentualer Anteil der Kapitel-III-Jets am Gesamtaufkommen der strahltriebwerkegetriebenen Flugzeuge am Flughafen Stuttgart (Quelle: Fluglärmschutzbeauftragter; Stand 2001)

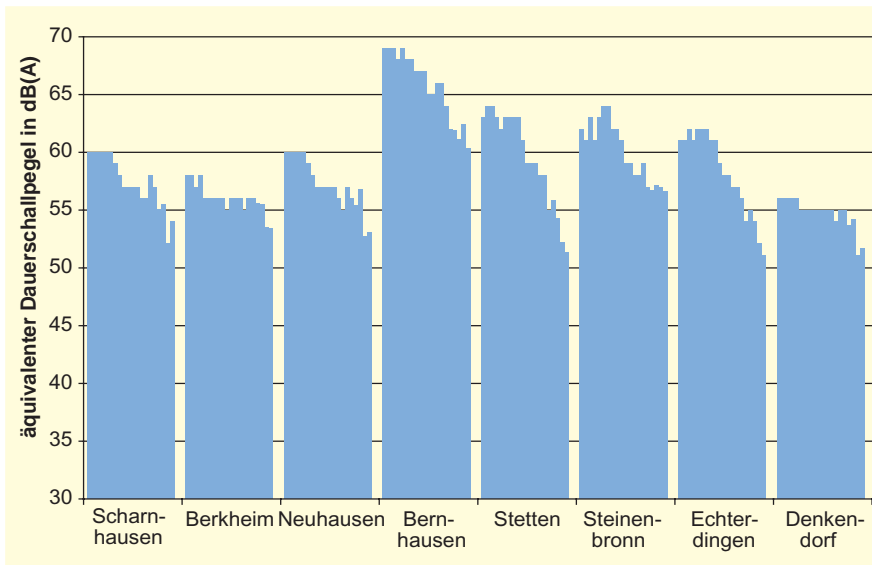


Abb. 16: Äquivalenter Dauerschallpegel an den Fluglärmmessstationen des Flughafens Stuttgart 1982-2001 (Quelle: Fluglärmenschutzbeauftragter; Stand 2001)

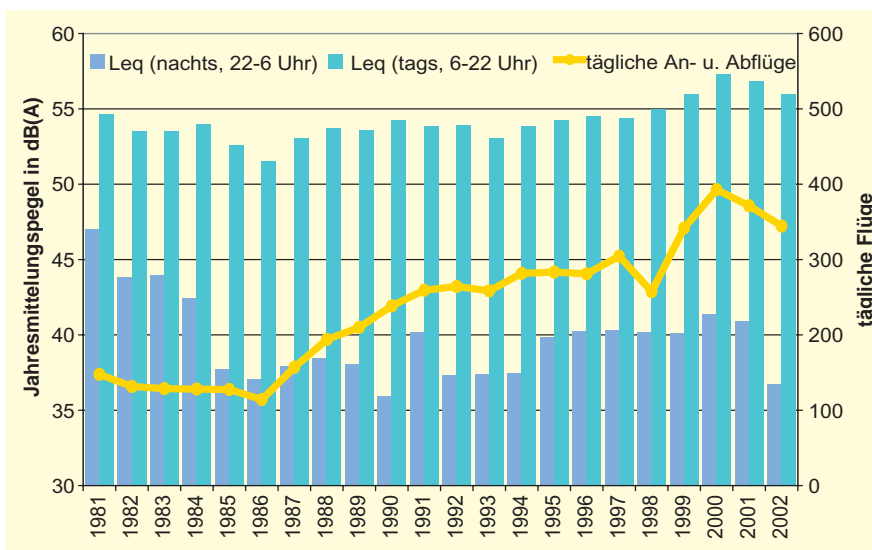


Abb. 17: Jahresmittelungspegel (Leq = energieäquivalenter Mittelungspegel) und Mittelungswert der täglichen Flugzahlen an der Fluglärmmessstation Hohentengen (Quellen: LfU, Flughafen Zürich; Stand 2002)

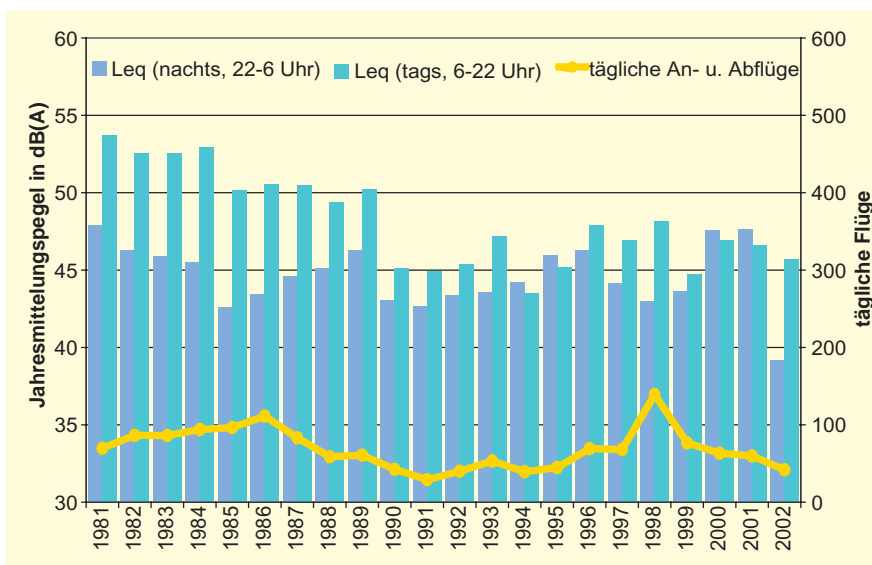


Abb. 18: Jahresmittelungspegel und Mittelungswert der täglichen Flugzahlen an der Fluglärmmessstation Hohentengen-Herdern (Quellen: LfU, Flughafen Zürich; Stand 2002)

Zum Schutz der Bevölkerung vor Fluglärm hatte der Flughafen Stuttgart in den neunziger Jahren im Rahmen des planfestgestellten Ausbaus ein umfangreiches Schallschutzprogramm durchgeführt. Heute beteiligt sich die Flughafen Stuttgart GmbH an der Lärminderungsplanung Filder (siehe auch Abschnitt 7). In deren Umsetzung sollen vor allem die Betroffenen von Nachtflugbewegungen in den Genuss weiteren Schallschutzes kommen. Für etwa 4500 Wohnungen stehen bei einem Gesamtinvestitionsrahmen von rund 7 Mio. Euro Zuschüsse von insgesamt 4,5 Mio. Euro zur Verfügung.

Der weitaus größte Teil aller Landeanflüge und einige Abflüge des Flughafens Zürich-Kloten in der Schweiz finden über deutschem Hoheitsgebiet im Süden Baden-Württembergs statt. Von den Geräuscheinwirkungen dieser Flugrouten sind u.a. die etwa 15 km vom Flughafen entfernte Gemeinde Hohentengen und ihr Ortsteil Herdern im Landkreis Waldshut betroffen. Im Auftrag des Landes Baden-Württemberg wird in beiden Gemeindegebieten der Fluglärm gemessen (Abb. 17, 18).

Die Deutsch-Schweizer Vereinbarung von 1984 („Regelung für An- und Abflüge zum/vom Flughafen Zürich über deutsches Hoheitsgebiet“) löste Verbesserungen aus, die sich auf die Lärmbelastung in Hohentengen nur vorübergehend auswirkten. Infolge erhöhten Flugaufkommens stiegen nach 1986 die Jahresmittelungspegel der Geräuschbelastungen am Tag wieder an und lagen Ende der neunziger Jahre über den Pegelwerten vor 1994. Auch bei den jährlichen Fluggeräuscheinwirkungen in der Nacht wurde an der Messstation Hohentengen bis 2000 ein Wiederanstieg beobachtet, allerdings ohne die Nachtwerte zu Beginn der achtziger Jahre zu erreichen. In Hohentengen-Herdern wurde mit Inkraftsetzung der Deutsch-Schweizer Regelung der Fluglärmittelungspegel am Tag andauernd vermindert. Aus der Entwicklung der Jahresmittelungspegel der nächtlichen Fluggeräuscheinwirkungen an der Messstation Hohentengen-Herdern lässt sich jedoch kein

eindeutiger Trend ablesen; tendenziell blieben die Einwirkungen seit 1981 etwa gleich hoch.

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen kündigte zum 31.5.2001 die erwähnte Vereinbarung mit der Schweiz. Hintergrund dieses Schrittes war die übermäßige Nutzung des deutschen Luftraums, die infolge der schweizerischen Planungen zum Ausbau des Flughafens noch weiter zunehmen sollte. Die Regierungen der Bundesrepublik Deutschland und der Schweizer Eidgenossenschaft verständigten sich 2001 über den Abschluss eines Staatsvertrags „über die Durchführung der Flugkontrolle durch die Schweizer Eidgenossenschaft über deutschem Hoheitsgebiet und die Auswirkungen des Betriebes des Flughafens Zürich auf das Hoheitsgebiet der Bundesrepublik Deutschland“. Der Vertrag sollte Süddeutschland von der Lärm-Belastung durch den Flughafen Zürich entlasten. Er wurde jedoch 2003 vom Schweizer Ständerat abgelehnt. Das Bundesverkehrsministerium setzte deshalb einseitige Verfügungen in Kraft, welche die Überflüge stärker beschneiden, als es im Staatsvertrag vorgesehen war.

4.1 Militärischer Fluglärm

Bis Ende der achtziger Jahre fühlte sich ein Teil der Bevölkerung in Deutschland durch militärische Flüge belästigt. Seit 1990 haben der militärische Flugbetrieb über dem Hoheitsgebiet Deutschlands und damit auch die Beeinträchtigung der vom militärischen Tieffluglärm betroffenen Bevölkerung deutlich abgenommen. Dies wurde durch Maßnahmen erreicht wie:

- Zeitliche Beschränkungen des militärischen Flugbetriebs
- Anhebung der grundsätzlichen Mindestflughöhe für strahlgetriebene Kampfflugzeuge von 150 m auf 300 m über Grund. Für Flugbewegungen, die auch weiterhin streckenweise nur in einer Mindestflughöhe von 150 m über Grund zulässig sind, ist ein besonderer Tiefflugauftrag erforderlich.

Einwirkungsbereich	Immissionsrichtwert	
	tags 6.00-22.00 Uhr	nachts 22.00-6.00 Uhr
1. Immissionsorte außerhalb von Gebäuden		
in Industriegebieten	70 dB(A)	70 dB(A)
in Gewerbegebieten	65 dB(A)	50 dB(A)
in Kerngebieten, Dorfgebieten und Mischgebieten	60 dB(A)	45 dB(A)
in allgemeinen Wohngebieten und Kleinsiedlungsgebieten	55 dB(A)	40 dB(A)
in reinen Wohngebieten	50 dB(A)	35 dB(A)
in Kurgebieten, für Krankenhäuser und Pflegeanstalten	45 dB(A)	35 dB(A)
Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen:		
maximal zulässige Überschreitung des Immissionsrichtwertes um	30 dB(A)	20 dB(A)
Zuschläge für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit:		
An Werktagen von 6.00-7.00 und 20.00-22.00 Uhr sowie an Sonn- und Feiertagen von 6.00-9.00, 13.00-15.00 und 20.00-22.00 Uhr wird bei der Ermittlung des Beurteilungspegels ein Zuschlag von 6 dB(A) notwendig. (Dies gilt nicht in Industrie- und Gewerbegebieten.)		
2. Immissionsorte innerhalb von Gebäuden		
Betriebsfremde schutzbedürftige Räume nach DIN 4109 unabhängig von der Lage des Gebäudes in einem der unter 1. genannten Gebäude	35 dB(A)	25 dB(A)
Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen:		
maximal zulässige Überschreitung des Immissionsrichtwertes um	10 dB(A)	10 dB(A)

Tab. 4: Immissionsrichtwerte in der Umgebung von stationären Anlagen nach der TA Lärm

- Drastische Einschränkungen des Flugbetriebs in Übungsgebieten mit Mindestflughöhen von 75 m („Low Flying Area“)
- Deutliche Reduzierung der Anzahl militärischer Tiefflüge durch Verringerung der fliegenden Verbände der Bundeswehr
- Abzug eines Großteils der in Deutschland stationierten alliierten Luftstreitkräfte
- Verlagerung eines Teils der fliegerischen Ausbildung und von Übungen in das Ausland
- Verringerung der Flugdichte durch Einbeziehung des Gebiets der neuen Bundesländer und Nutzung der Lufträume über der Nord- und Ostsee
- Konsequente Überwachung der Einhaltung flugbetrieblicher Bestimmungen durch das Tiefflug-Überwachungssystem SKYGUARD

Die Zahl der von Alliierten und der Bundeswehr im Tiefflug über Deutschland absolvierten Flugstunden verringerte sich von etwa 42 000 (1990) auf etwa 14 000 (1995) deutlich. Bis 2001 sank diese Zahl nochmals um 10 %. Für Deutschland verteilen sich insgesamt die Flugbewegungen sehr unterschiedlich. Eine detailliert aufbereitete Datenbasis liegt jedoch nicht vor, spezifische Angaben zur militärischen Flugbelastung für Baden-Württemberg sind daher nicht möglich.

Nach Schließung der militärischen Jet-Flugplätze Hartheim-Bremgarten (Kreis Breisgau-Hochschwarzwald), Lahr (Ortenaukreis) und Söllingen (Kreis Rastatt) sind im Land nur noch militärische Hubschrauber der USA in Heidelberg und Stuttgart sowie der Bundeswehr in Niederstetten und Laupheim stationiert. Das zum Teil in Baden-Württemberg liegende Tieffluggebiet mit 75 m Mindestflughöhe (Low Flying Area) wird gegenwärtig nicht genutzt.

Allgemeines Betriebsverbot in Wohngebieten

- an Sonn- und Feiertagen

- an Werktagen von 20.00 bis 7.00 Uhr

zusätzliches Betriebsverbot für Freischneider, Grastrimmer, Laubbläser und Laubsammler

- an Werktagen von 7.00 bis 9.00 Uhr, 13.00-15.00 Uhr und 17.00-20.00 Uhr,

sofern die Geräte nicht die Anforderungen für das gemeinschaftliche Umweltzeichen erfüllen und entsprechend gekennzeichnet sind.

Tab. 5: Betriebsbeschränkungen für lärmintensive Geräte und Maschinen in Wohngebieten im Freien nach der 32. BImSchV

Zwischen 7 und 13 % aller beim Luftwaffenamt eingegangenen Beschwerden über militärischen Fluglärm kamen 1997 bis 2002 aus Baden-Württemberg. Sie bezogen sich fast ausschließlich auf Tagtiefflüge. Nach Angaben des Luftwaffenamtes zählt Baden-Württemberg nicht zu den durch militärischen Flugbetrieb überdurchschnittlich betroffenen Bundesländern.

5. Industrie- und Gewerbelärm

Der Begriff Industrie- und Gewerbelärm umfasst den Lärm, der sowohl von großen Industrieanlagen als auch von kleinen Handwerksbetrieben ausgeht. Die subjektiv empfundene Belästigung der Bevölkerung durch Industrie- und Gewerbelärm ist nicht weiter angewachsen: In Baden-Württemberg fühlten sich 1999 etwa 15 % der Bevölkerung durch Industrielärm belästigt, davon aber nur 2 % stark oder äußerst stark. Eine Umfrage des Allensbach Instituts 2002 ergab, dass bei 9 % der Bevölkerung in Deutschland im Wohnumfeld gelegentlich Lärm durch Industrie, Gewerbe oder Gaststätten auftritt. Gegenüber einer vergleichbaren Umfrage 1960, mit 11 % entsprechend Betroffenen, trat hier eine leichte Verbesserung auf.

Im Allgemeinen bewegt sich der Stand der Lärmbekämpfungs- und Schallschutztechnik bei stationären Anlagen in Gewerbe und Industrie auf hohem Niveau. Nur dadurch gelang es, bei einer stetigen Zunahme der Produktivität und hoher Siedlungsdichte, wodurch oftmals

geringe Abstände zwischen Wohn- und Gewerbebereichen auftreten, ein moderates Belästigungsniveau zu halten. Auch der innovative Wandel in der technischen Arbeitswelt und teilweise das bewusste Bemühen von Industrie und Gewerbe treiben den Stand der Technik voran. Der Stand der Technik ist für eine große Anzahl von Maschinentypen und Anlagen mittlerweile detailliert beschrieben.

Beurteilungsgrundlage für Industrie- und Gewerbelärm ist die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) in der Fassung von 1998. Die Verwaltungsvorschrift schreibt verbindliche gebietsbezogene Immissionsrichtwerte vor (Tab. 4). Für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit sind Zuschläge festgelegt. Besonders kritische Geräuschspitzen werden in ihrer maximal zulässigen Höhe während der Tages- und der Nachtzeit begrenzt. Die TA Lärm behandelt genehmigungsbedürftige und nicht genehmigungsbedürftige Industrie- und Gewerbeanlagen weitgehend gleich. Für Notsituationen, seltene Ereignisse, tieffrequente Geräusche und Verkehrsgeräusche sind besondere Regelungen vorgesehen.

Die Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung (32. BImSchV) von 2002 legt u. a. örtliche und zeitliche Betriebsbeschränkungen für insgesamt 57 besonders lärmintensive Maschinen und Geräte im Freien fest (Tab. 5). Darunter fallen z. B. Laubbläser, Rasenmäher und eine Reihe von Baumaschinen. Für das Inverkehrbringen bestimmter Geräte und Maschinen schreibt die Verordnung maximal zulässige Schalleistungspegel vor, die

in einer 2. Stufe (ab 2006) nochmals verschärft werden (s. EU-Richtlinie 2000/14 EG). Die hier niedergelegten Schalleistungspegel liegen in der Regel um 2 bis 6 dB(A) über den strenger Anforderungen an „lärmarme“ Maschinen nach dem Umweltzeichen „Blauer Engel“.

6. Lärm bei Wohnen, Sport und Freizeit

Etwa 36 % der Bevölkerung in Baden-Württemberg fühlen sich durch Lärm von Nachbarn im Wohnbereich belästigt, etwas mehr als 4 % stark oder äußerst stark. Die Lärmquelle „Nachbar“ steht damit in Bezug auf die subjektiv empfundene Belästigung an dritter Stelle (Abb. 2). Dies liegt auch an der häufig ungünstigen Geräuschübertragung innerhalb von Wohnhäusern. Die DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ stellt lediglich Mindestanforderungen an Bauelemente und Bauausführungen. Diese Standardanforderungen sind aus der Sicht des Schallschutzes jedoch meist unbefriedigend. Eine Möglichkeit, den gewünschten Schallschutz bei Neubauten zu ermitteln und vertraglich klar zu regeln, bietet die VDI-Richtlinie 4100 „Schallschutz von Wohnungen – Kriterien für Planung und Beurteilung“ vom September 1994.

Infolge von immer mehr Freizeit verursachen immer mehr Menschen Lärm in Zeiten, in denen andere Ruhe zur Erholung suchen. Beim Sportlärm führte die Diskussion zu einer Sensibilisierung. Seit Beginn der 90er Jahre ist der Belästigungsgrad durch Sportlärm – wohl durch verstärkte gegenseitige Rücksichtnahme – rückläufig. Auch die Sportanlagenlärmschutzverordnung (18. BImSchV) von 1991 trug durch ihre klare Regelung dazu bei. In Baden-Württemberg betrug 1999 der Anteil der Belästigten etwa 9 %, knapp 1 % fühlte sich stark oder äußerst stark durch Sportlärm belästigt.

Rasenmähen wurde früher oft als störend empfunden. Eine Besserung brachte die Rasenmäherverordnung (8. BImSchV). Sie wurde 2002 durch die Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung (32. BImSchV) ersetzt.

schutzverordnung (32. BImSchV) in Verbindung mit der europäischen Richtlinie 2000/14/EG „Zur Verwendung im Freien vorgesehener Geräte und Maschinen“ ersetzt. Der zulässige Schallleistungspegel neuer Rasenmäher wird gegenüber der bisher geltenden deutschen Verordnung 2006 um weitere 2 dB(A) gesenkt werden. Alle anderen Freizeitgeräusche werden in der Regel nach der Freizeitlärm-Richtlinie von 1995 beurteilt. Sie ist ein Teil der im Übrigen zurückgezogenen Musterverwaltungsvorschrift zur Ermittlung, Beurteilung und Verminderung von Geräuschmissionen.

7. Lärminderungsplanung Filder

Nach § 47a des Bundes-Immissionsschutzgesetzes sind Lärminderungspläne dann zu erstellen, „wenn in Wohngebieten und anderen schutzwürdigen Gebieten nicht nur vorübergehend schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche hervorgerufen werden oder zu erwarten sind und die Beseitigung oder Verminderung ein abgestimmtes Vorgehen gegen verschiedenartige Geräuschquellen erfordert“. Für die Erarbeitung dieser Pläne sind die Kommunen zuständig. Die Erfahrung hat allerdings gezeigt, dass viele Probleme, insbesondere beim Straßenverkehr, nicht an den Gemeindegrenzen halt machen und sich durch Lärminderungsplanung auf kommunaler Ebene alleine nicht lösen lassen.

In einem Modellprojekt des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg wurde deshalb erstmals die Lärmbelastung einer ganzen Region untersucht, um daraus kommunale, und auch kommunale Grenzen übergreifende, Lärminderungsmaßnahmen abzuleiten. Die im November 2000 in Auftrag gegebene umfangreiche Untersuchung wurde zur Hälfte vom Flughafen Stuttgart und zu je einem Viertel vom Ministerium für Umwelt und Verkehr und von den beteiligten Kommunen finanziert. Mit den südlichen Teilen von Stuttgart, Denkendorf, Esslingen-Berkheim, Filderstadt,

Leinfelden-Echterdingen, Neuhausen, Ostfildern und Steinenbronn ist eine Fläche von 188 km² mit 225 000 Einwohnern einbezogen. Dieses Gebiet ist insbesondere durch die Autobahn A 8, die Bundesstraße B 27 und den Flughafen Stuttgart stark mit Lärm belastet.

Die durch Straßen-, Schienen- und Flugverkehr sowie von Industrie-/ Gewerbe- und Freizeitanlagen verursachte Gesamtlärmbelastung, wie sie die Bürger der Region erfahren, wurde dabei im Detail ermittelt. In einem weiteren Schritt berücksichtigte man künftige Planungen und Entwicklungen im Untersuchungsgebiet und deren Auswirkungen auf die Entwicklung der Lärmbelastung. Parallel dazu wurden die Berechnungen der aktuellen Situation durch 60 Messungen an ausgewählten akustischen Brennpunkten überprüft. Im letzten Schritt des Projekts erarbeiteten die Fachleute schließlich Vorschläge für Minderungsmaßnahmen unter Kosten-/Nutzen-Aspekten.

Die Anfang 2002 abgeschlossenen Untersuchungen ergaben, dass durch das großflächige Zusammenwirken von Flug- und Verkehrslärm in dem sehr dicht besiedelten Gebiet eine Sondersituation besteht, die sich ohne Umsetzung von Minderungsmaßnahmen durch die weitere bauliche Verdichtung und Verkehrszunahme noch weiter verschärfen würde.

Doch trotz der hohen Lärmbelastung sind, so die Untersuchung, nach geltendem Recht weder der Bund, das Land, die Gemeinden noch der Flughafen Stuttgart zu zusätzlichen Schallschutzmaßnahmen verpflichtet. Um dennoch die Situation zu verbessern, wurden Geschwindigkeitsbeschränkungen auf der A 8 und der B 27 angeordnet. Ferner werden in den nächsten fünf Jahren auf freiwilliger Basis Lärminderungsmaßnahmen finanziert oder bezuschusst. Das Land wird hierfür insgesamt 7,5 Mio. Euro bereitstellen. Damit kann bei einer Regelförderrate von 30 % ein Investitionsvolumen von 25 Mio. Euro finanziert werden. Die Flughafen Stuttgart GmbH (FSG) ist bereit, zusätzlich bis zu 3 Mio. Euro für pas-

sive Maßnahmen zur Fluglärminderung zu bezahlen. Auch die jeweiligen Kommunen werden sich an der Finanzierung der Lärminderungsmaßnahmen auf ihrem Gemeindegebiet mit in der Regel mindestens 10 % der Maßnahmensumme beteiligen. Damit sollen die nachfolgenden Maßnahmen und Programme zur Lärminderung finanziert werden:

1. Aktive Schallschutzmaßnahmen an Straßen

An der A 8 werden im Bereich der Gemeinde Denkendorf das Sulzbachviadukt 4 m hohe und die Talbrücke Denkendorf 3,5 m hohe Lärmschutzwände erhalten.

2. Lärmschutzfenster für hochbelastete Innerortsstraßen

In allen Fildergemeinden gibt es Straßenabschnitte, bei denen die Lärmsanierungswerte für Straßenlärm von 70 dB(A) bei Tag und 60 dB(A) bei Nacht in Wohngebieten bzw. 72/62 dB(A) in Mischgebieten überschritten werden. Dabei handelt es sich um 1404 Gebäude mit etwa 4000 Wohnungen. Soweit diese Wohnungen noch keine Schallschutzfenster der Klasse 3 haben und in der Vergangenheit keine Förderung von entsprechenden Lärmschutzmaßnahmen erhalten haben, soll bei diesen Wohnungen der Einbau von Lärmschutzfenstern in Wohnräumen und zusätzlich in Schlafräumen auch von schallgedämpften Lüftern gefördert werden. Sofern die Fördermittel des Landes in Höhe von 7,5 Mio. Euro reichen, sollen in einem ergänzenden Programm mit gleicher Förderung in Mischgebieten auch Gebäude, die im Lärmbereich zwischen 70 und 72 dB(A) tags und zwischen 60 und 62 dB(A) nachts liegen, gefördert werden. Dabei handelt es sich um rund 550 Gebäude mit etwa 1500 Wohnungen.

3. Bauliche Schallschutzmaßnahmen zum Schutz vor Fluglärm

Alle Wohnungen im Nahbereich der An- und Abflugroute sollten einen ausreichenden Schutz vor allem gegen nächtlichen Fluglärm aufweisen.

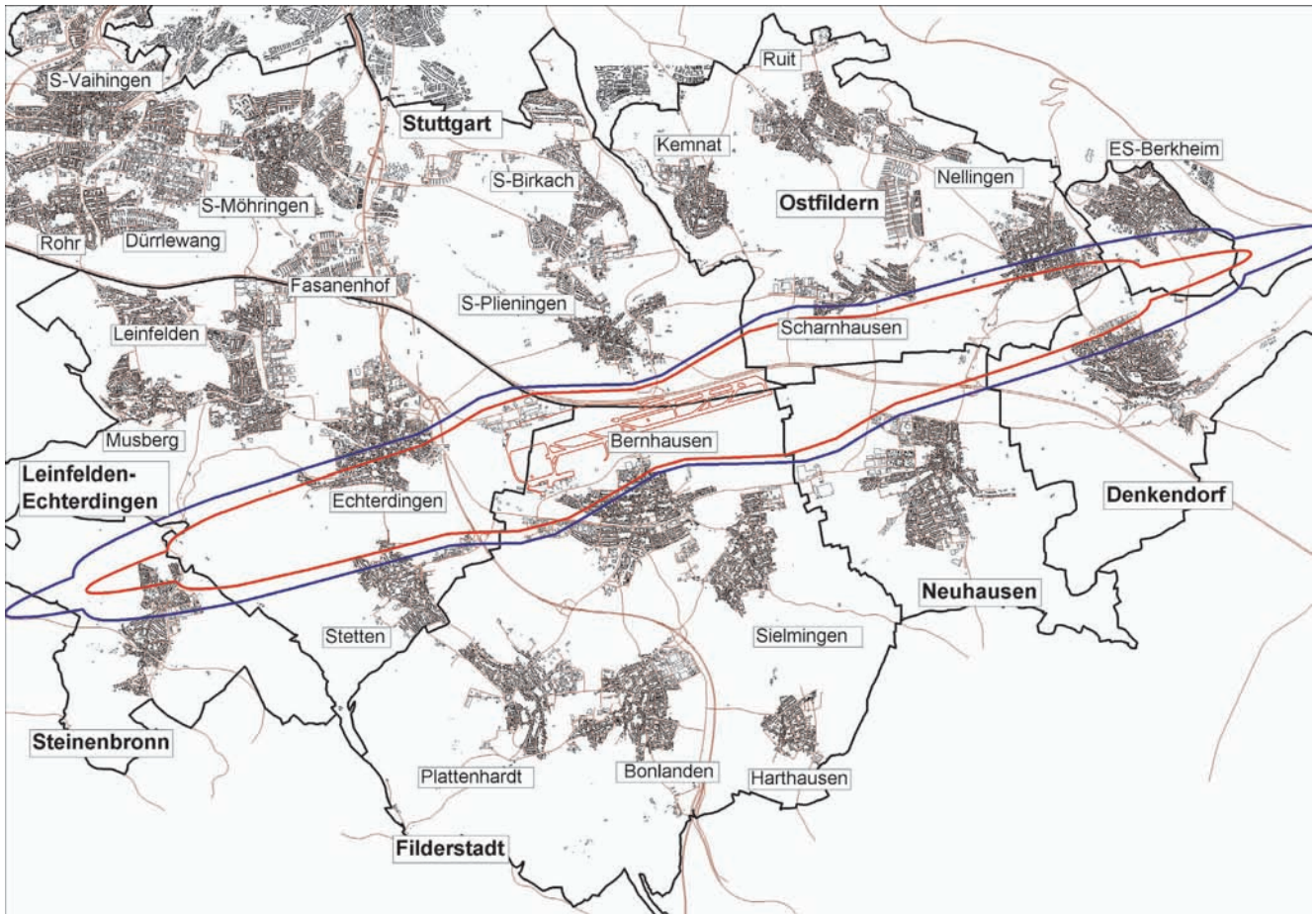


Abb. 19: Fluglärmkontur – rot: 77 dB(A), blau: 75 dB(A)

In Schlafräumen von Wohnungen in diesem Bereich werden deshalb Schallschutzfenster der Klasse 2 und lärmgedämmte Lüfter gefördert, sofern für diese Räume in der Vergangenheit noch keine Förderung gewährt wurde und die Fenster noch keinen erhöhten Schallschutz aufweisen. Das Programm Lärmschutzfenster gegen Fluglärm ist zweistufig aufgebaut (Abb. 19). In dem inneren Bereich mit hoher Fluglärmbelastung von ≥ 77 dB(A) beträgt die Förderrate 100 %. Die Kosten trägt hier ausschließlich der Flughafen. Im äußeren Bereich 75-77 dB(A) wird anteilig gefördert (Land: 30 %, Flughafen: 10 %, Gemeinden: 10 % und Wohnungseigentümer: 50 %).

4. Lkw-Führungskonzept für die Region Filder

Die Filderregion weist eine landesweit deutlich über dem Durchschnitt liegende Lkw-Belastung mit steigender Tendenz auf. Ohne Maßnahmen führt dies ständig zu steigenden

Lärmbelastungen. Ein Lkw-Führungskonzept soll helfen, die Abwicklung des Lkw-Verkehrs im gesamten Straßennetz der Region Fildern neu zu ordnen. Der Lkw-Verkehr soll gezielt auf Straßen verlagert werden, die für den Lkw-Verkehr am besten geeignet sind. Das bedeutet eine Verkehrsverlagerung weg vom untergeordneten Straßennetz, insbesondere den Ortsdurchfahrten, und hin auf das übergeordnete Netz.

Im Internet ist das Projekt ausführlich dargestellt unter www.laermkarten.de.

8. Anhang

8.1 Quellen- und Literaturhinweise

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Lärmbekämpfung – Ruheschutz. Analysen, Tendenzen, Projekte in Baden-Württemberg. Broschüre in der Reihe

LfU-Berichte. Karlsruhe 1995 (derzeit in Neubearbeitung)

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Auftraggeber): Sozialwissenschaftliche Erhebung zur Lärmbelastung der Bevölkerung in Baden-Württemberg. Forschungsprojekt. Karlsruhe 1999

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Lärm und seine dauerhafte Minderung durch kommunale Planung. Planungsleitfaden für Städte und Gemeinden in Baden-Württemberg. Karlsruhe 2000

8.2 Informationsmöglichkeiten

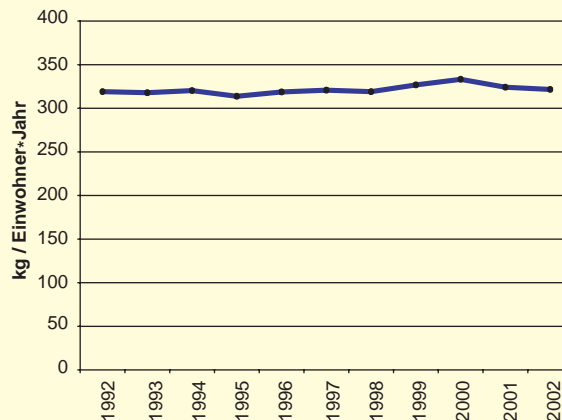
Die Lärmumfrage des Umweltbundesamtes ist mit dem jeweils aktuellen Stand der Auswertung abrufbar unter www.umweltbundesamt.de/laermumfrage

www.laermkarten.de

ABFALL

1. Gesamtaufkommen an Abfällen in Baden-Württemberg	111
2. Kommunales Abfallaufkommen	112
3. Sonderabfall	113
4. Entsorgung von Abfällen	114
5. Restabfälle	115
6. Entsorgungsanlagen	115
7. Mitverbrennung von Abfällen	115
8. Anhang	116

Im Jahr 2002 lag die durchschnittlich produzierte Menge an Abfällen (ohne Holzabfälle und Metallrückstände aus weiteren Müllverarbeitungsprozessen) aus Haushalten bei 322 kg pro Einwohner und Jahr. Die Werte stagnieren seit 1992 auf gleichbleibendem Niveau.



vgl. Kapitel „Umweltindikatoren“

1. Gesamtaufkommen an Abfällen in Baden-Württemberg

Voraussetzung für die Planung von Abfallvermeidungsstrategien und Abfallentsorgungsanlagen ist die genaue Kenntnis des Aufkommens von Abfällen aus Haushalten, Gewerbe und Industrie. Dies erfordert eine regelmäßige Bestandsaufnahme der Abfallsituation und die Analyse der Mengenentwicklung einzelner Abfallarten.

Das gesamte Abfallaufkommen in Baden-Württemberg betrug im Jahr 2002 gut 45 Mio. t, wobei der größte Anteil von rund 34 Mio. t aus Bauabfällen (Bodenaushub, Bauschutt,

Straßenaufbruch) besteht. Das waren rund 9 % weniger als im Vorjahr und eine Fortsetzung des seit 1999 andauernden rückläufigen Trends (Abb.1).

Der Anteil Baden-Württembergs am bundesweiten Abfallaufkommen lag im Jahr 2001 bei rund 12 %. Besonders Gewicht für die Entwicklung des Abfallaufkommens haben die Bauabfälle, die allein knapp drei Viertel des Gesamtaufkommens ausmachen. Die Bauabfälle bestehen überwiegend aus nicht verunreinigtem Bodenaushub sowie zu deutlich geringeren Mengen aus Bauschutt und Straßenaufbruch (Abb.2). Die Bauabfälle sollen durch eine möglichst hohe Wiederverwertungsquote zur Schonung natürlicher Ressourcen beitragen.

Zählt man die bei der Rekultivierung von übertägigen Abbaustätten sowie die bei öffentlichen Baumaßnahmen genutzten Mengen zusammen, so ergibt sich eine Verwertungsquote von knapp 90 %.

Für die Umweltpolitik und die Öffentlichkeit sind die Abfallmengen, die über die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (öRE) entsorgt werden (kommunales Abfallaufkommen) und die als besonders überwachungsbedürftige Abfälle (Sonderabfälle) anfallen, von besonderem Interesse. In den folgenden Kapiteln 2 und 3 werden daher diese Abfallmengen detailliert beschrieben.

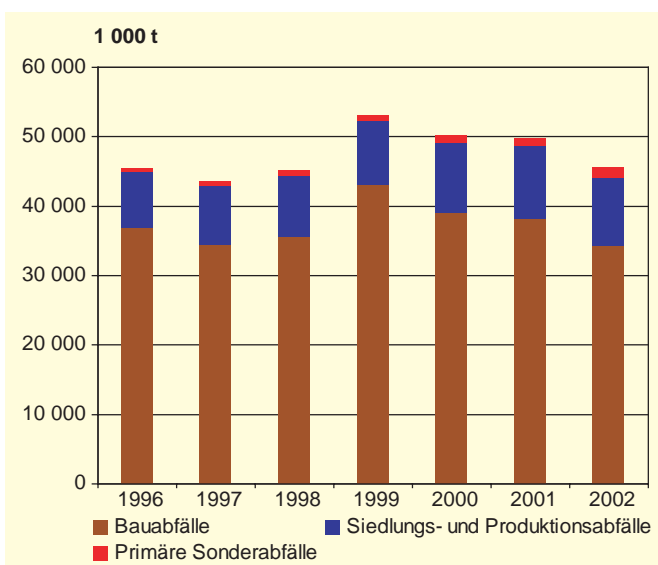


Abb. 1: Gesamtaufkommen an Abfällen in Baden-Württemberg 1996-2002 (Quelle: StaLa, 2003)

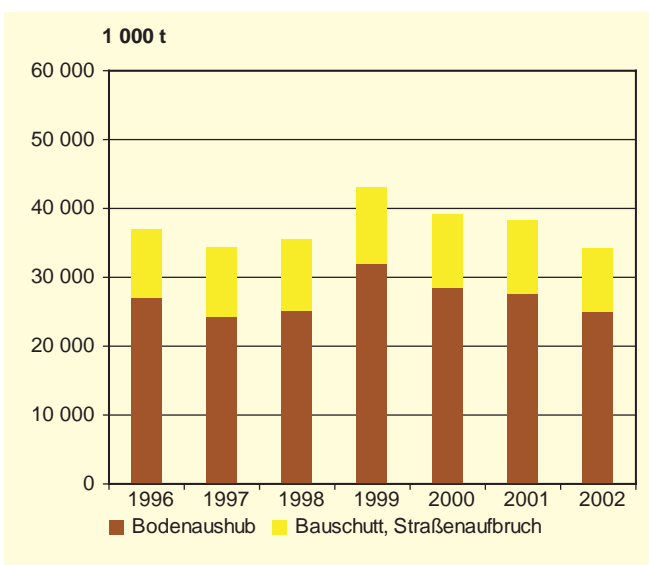


Abb. 2: Bauabfälle in Baden-Württemberg 1996-2002 (Quelle: StaLa, 2003)

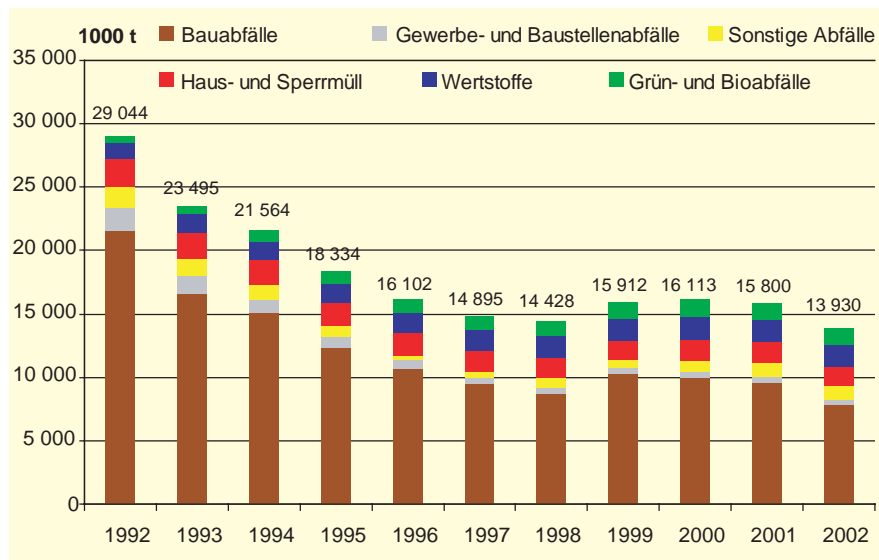


Abb. 3: Mengenentwicklung des kommunalen Abfallaufkommens in Baden-Württemberg 1992-2002 (Quelle: StaLa, Abfallbilanz 2002)

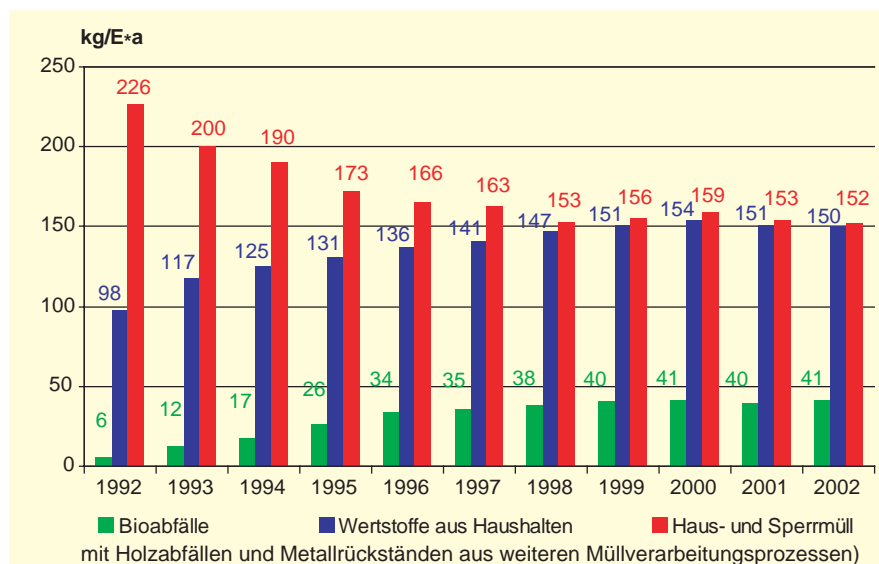


Abb. 4: Mengenentwicklung von Haus- und Sperrmüll, Bioabfällen und Wertstoffen in Baden-Württemberg je Einwohner 1992-2002 (Quelle: StaLa, Abfallbilanz 2002)

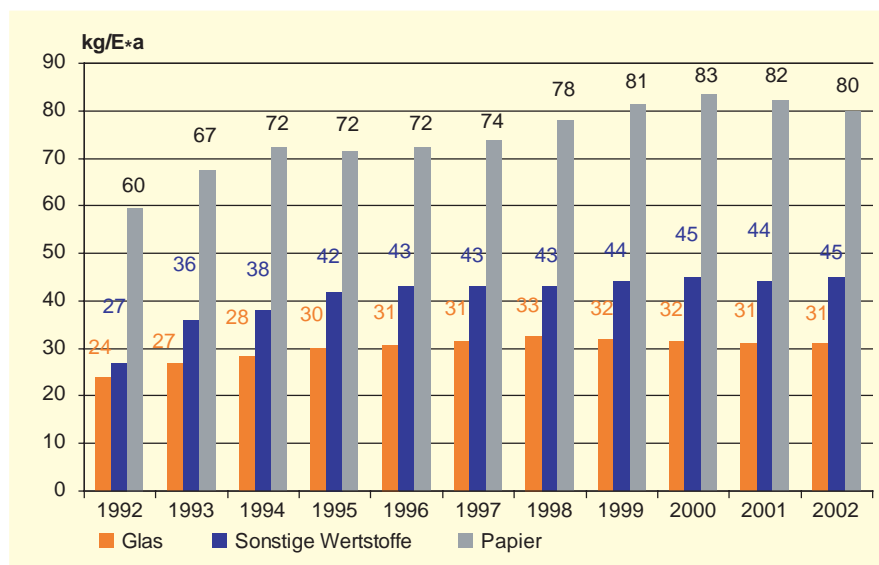


Abb. 5: Mengenentwicklung von Wertstoffen in Baden-Württemberg je Einwohner 1992-2002 (Quelle: StaLa, Abfallbilanz 2002)

2. Kommunales Abfallaufkommen

Als Datengrundlage für die folgenden Abbildungen dienen die Abfallbilanzen der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern (örE) und die Mengenstromnachweise des Dualen Systems Deutschland (DSD).

Gesetzliche Grundlagen für die Erstellung von Abfallbilanzen sind das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) sowie das Landesabfallgesetz (LAbfG).

Die über die örE entsorgte Abfallmenge (kommunales Abfallaufkommen) hat sich in den vergangenen 10 Jahren mehr als halbiert und betrug 2002 nur noch 13,9 Mio. t. Den größten Anteil haben die Bauabfälle, die von über 21 Mio. t im Jahr 1992 auf 7,8 Mio. t im Jahr 2002 zurückgegangen sind. Der Haus- und Sperrmüll hat von 2,3 Mio. t im Jahr 1992 auf 1,6 Mio. t im Jahr 2002 abgenommen. Die Grün- und Bioabfälle sowie die Wertstoffe haben seit 1992 stetig zugenommen (Abb.3).

Das Abfallaufkommen ist nicht nur abhängig von den rechtlichen Rahmenbedingungen, dem Wirtschaftswachstum und innovativen Abfallvermeidungskonzepten, sondern auch von der Bevölkerungsentwicklung. Für einen Vergleich ist es sinnvoll, für bestimmte Abfallarten, wie z.B. Haus- und Sperrmüll, Wertstoffe aus Haushalten oder Bioabfälle, die Abfallmengen in Kilogramm pro Einwohner und Jahr (kg/E*a) anzugeben (Abb. 4).

Die Pro-Kopf-Menge an Haus- und Sperrmüll hat von 226 kg im Jahr 1992 auf 152 kg im Jahr 2002 abgenommen und liegt damit deutlich unter dem Bundesdurchschnitt von 220 kg/E*a (Stand 2000). Durch die zunehmende Getrennsammlung von Wertstoffen und Bioabfällen ist dagegen bei diesen Abfallarten eine Zunahme pro Einwohner zu verzeichnen. Die Summe der Abfallarten (Haus- und Sperrmüll, Bioabfälle, Wertstoffe aus Haushalten) blieb über ein Jahrzehnt in etwa konstant (Abb. 4).

In den vergangenen 10 Jahren lässt sich insbesondere eine Zunahme der erfassten Wertstoffmenge pro Einwohner bei Papier und sonstigen Wertstoffen, wie zum Beispiel Kunststoffe, Metalle, Textilien, Flüssigkartons, Verbunde und Holz, beobachten (Abb. 5).

3. Sonderabfall

Sonderabfälle unterliegen einer strengen Überwachungspflicht, weshalb sie auch als besonders überwachungsbedürftige Abfälle bezeichnet werden. Die Abfallentsorgung wird durch das Führen von Nachweisen und Nachweisbüchern sowie die Einbehaltung und Aufbewahrung von Belegen überwacht (§§ 42 bis 47 KrW-/AbfG). Die näheren Anforderungen an dieses Nachweisverfahren bestimmt die Nachweisverordnung (NachwV). Die Durchführung der Entsorgung wird durch den Begleitscheinsatz nachgewiesen. Mit dessen Hilfe wird die Übergabe der Abfälle in der Entsorgungskette vom Erzeuger über den Beförderer an den Entsorger quittiert und gegenüber den zuständigen Behörden belegt (Begleitscheinverfahren). Durch das Begleitscheinverfahren kann somit die Entsorgung von Sonderabfällen differenziert nach Herkunft (Abfallerzeuger), Entsorgung (Abfallentsorger), Abfallart und Menge erfasst werden.

Die dargestellten Daten zur Sonderabfallentsorgung beruhen auf der Auswertung von Begleitscheinen, die der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg von den zuständigen Behörden zugesandt wurden. Seit 2000 wertet die Sonderabfallagentur Baden-Württemberg GmbH (SAA) die Begleitscheine aus. Daten über den Abfallimport und -export erhebt die SAA im Rahmen des Notifizierungsverfahrens gemäß der EG-Abfallverbringungs-Verordnung (EG-AbfallIV).

Die im Land erzeugten Sonderabfälle („primäre Sonderabfälle“) haben sich seit 1994 mehr als verdreifacht. Die Importe aus dem Ausland haben ständig abgenommen und sind mengenmäßig nicht relevant (Abb. 6).

Ein Großteil der primären Sonderabfallmenge besteht aus verunreinigten Böden und verunreinigtem Bauschutt. Deren Anteil an der primären Sonderabfallmenge lag 1994 bis 2002 ungefähr zwischen 15 und 50 % (Abb. 7). Diese Mengen sind stark abhängig von Baumaßnahmen, Schadensfällen und der Altlastensanierung.

Die übrigen Sonderabfälle umfassen ungefähr 200 verschiedene Abfallarten, die in unterschiedlichen Mengen von unter einer Tonne bis zu mehr als 70 000 t pro Jahr anfallen. Die Mehrzahl entsteht bei Betriebs- und Produktionsprozessen. Deshalb werden

Sonderabfall

Als Sonderabfälle werden Abfälle bezeichnet, die nach ihrer Art, Beschaffenheit oder Menge in besonderem Maße gesundheits-, luft- oder wassergefährdend, explosibel oder brennbar sind oder Erreger übertragbarer Krankheiten enthalten oder hervorbringen können (§ 41 Abs. 1 KrW-/AbfG).

sie auch als Sonderabfälle aus Industrie und Gewerbe bezeichnet.

Die Mengenentwicklung der primären Sonderabfälle wird von einer Reihe von Faktoren beeinflusst. Sie ist vom Einsatz innovativer Vermeidungs- und Entsorgungsstrategien, von der wirtschaftlichen Entwicklung und von Änderungen im Abfallrecht abhängig.

Seit Einführung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG) und der Nachweisverordnung (NachwV) unterliegen sowohl Abfälle zur Beseitigung als auch Abfälle zur Verwertung der Nachweispflicht über Begleitscheine. Dies führt zwangsläufig zu einer Zunahme der erfassten Mengen. Auch die Einstufung der Abfälle, die als besonders überwachungsbedürftig gelten, hat sich mehrfach (zuletzt zum 1.1.2002) geändert, so dass auch hierdurch Mengenschwankungen verursacht werden. So ist der starke Anstieg des primären Sonderabfalls von 2001 auf 2002 vor allem auf die am 1. Januar 2002 in Kraft getretene Abfallver-

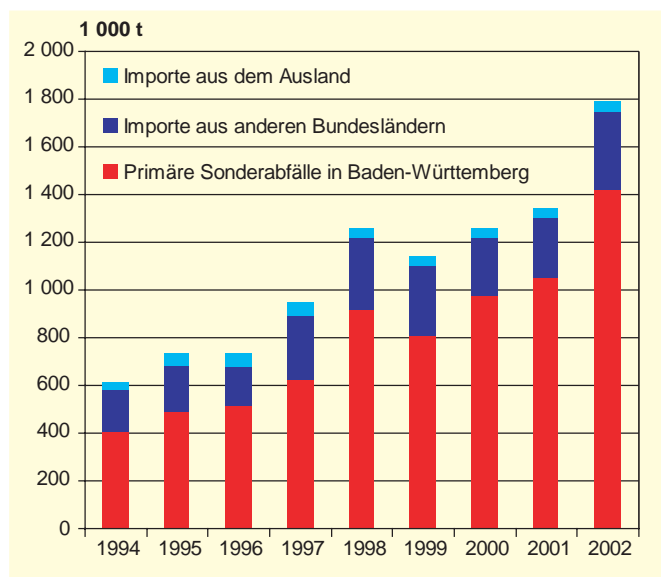


Abb. 6: Mengenentwicklung der Sonderabfälle in Baden-Württemberg 1994-2002 (Quelle: LfU, SAA GmbH)

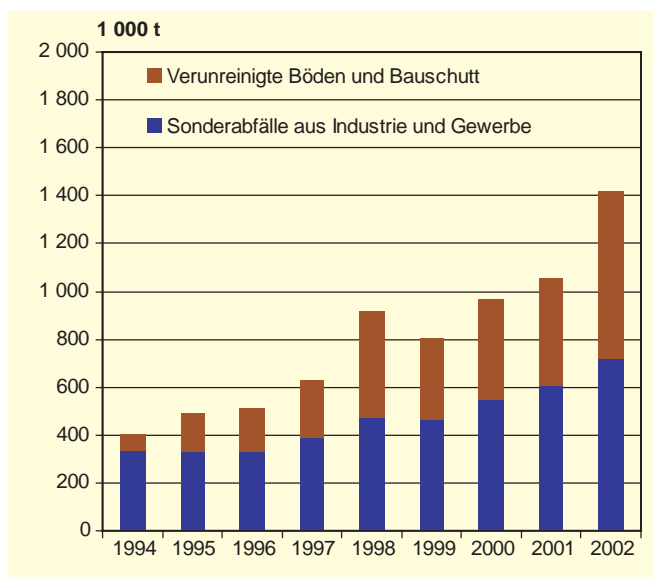


Abb. 7: Mengenentwicklung des primären Sonderabfalls 1994-2002 (Quelle: LfU, SAA GmbH)

zeichnis-Verordnung zurückzuführen. Durch die Verordnung wurden einige Abfallarten, die bisher nicht besonders überwachungsbedürftig waren, nun als besonders überwachungsbedürftig eingestuft und zählen damit zu den Sonderabfällen.

Außerdem sind infolge kostengünstigerer externer Entsorgungsmöglichkeiten innerbetriebliche Behandlungsanlagen zunehmend unrentabel

geworden. Betriebe, die bisher ihre erzeugten Abfälle selbst aufbereiteten, stellten vermehrt auf externe Entsorgung um, was zu einem Anstieg der durch Begleitscheine erfassten Sonderabfallmengen führte.

4. Entsorgung von Abfällen

Aus dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) sowie dem Landesabfallgesetz (LABfG) leiten

sich für die Abfallerzeuger und -besitzer allgemeine Grundpflichten ab:

- Abfälle sind in erster Linie zu vermeiden.
- Nicht vermeidbare Abfälle sind schadlos zu verwerten (stoffliche oder energetische Verwertung).
- Nicht verwertbare Abfälle sind umweltverträglich zu beseitigen.

Vor der Verwertung oder Beseitigung müssen Abfälle in der Regel behandelt oder aufbereitet werden. Hierzu steht eine Vielzahl unterschiedlicher Techniken zur Verfügung. Im Einzelnen sind zu nennen:

- biologische Behandlung (Kompostieren, Rotten und Vergären)
- chemische und/oder physikalische Behandlung (z. B. Filtration, Destillation, Entwässerung, Fällung, Neutralisation)
- mechanische Aufarbeitung (z. B. Sortieren, Zerlegen, Sieben, Sichten, Zerkleinern)
- thermische Behandlung (Abfallverbrennung, Pyrolyse, Vergasung, Mitverbrennung z. B. in Zement- und Kohlekraftwerken).

Nicht verwertbare Abfälle müssen letztlich durch Ablagerung auf Deponien (oberirdische Deponie, Untertagedeponie) entsorgt werden.

Ein deutlicher Wandel in den Entsorgungswegen ist vor allem bei der Ablagerung von Abfällen auf Hausmülldeponien festzustellen. Seit 1992 ist die abgelagerte Abfallmenge auf Hausmülldeponien von 4,5 Mio. t auf 1,4 Mio. t zurückgegangen, was einer Abnahme von knapp 70 % entspricht. In demselben Zeitraum nahm die stoffliche Verwertung um mehr als 50 % von 1,3 Mio. t auf über 2 Mio. t zu. Eine ähnliche Entwicklung ist bei der biologischen Behandlung zu beobachten. Die Menge der biologisch behandelten Abfälle (insbesondere zu Kompost) hat sich von 600 000 t 1992 auf 1,39 Mio. t im Jahr 2002 mehr als verdoppelt (Abb. 8).

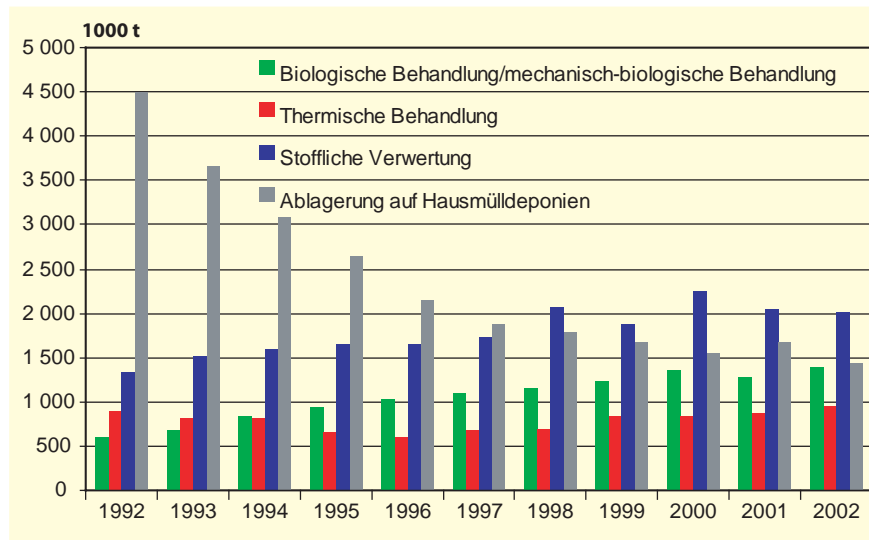
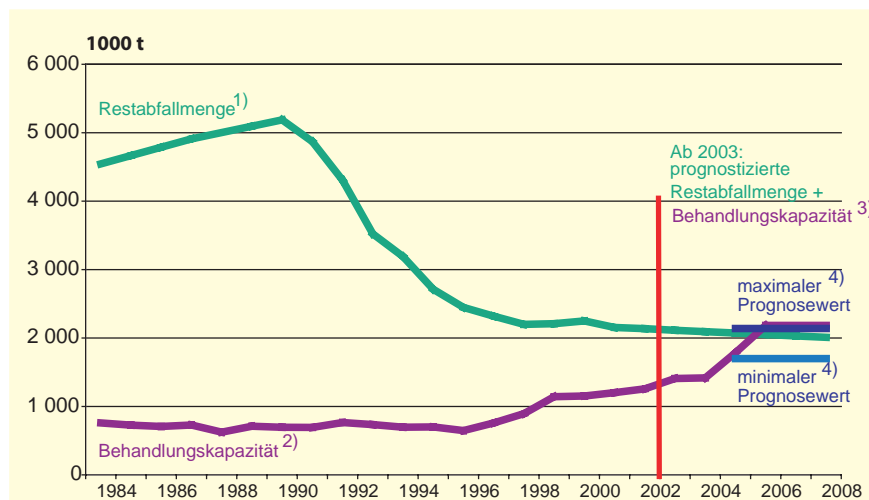


Abb. 8: Mengenentwicklung der den öRE überlassenen Abfälle (ohne Bauabfälle) nach Art der Entsorgung 1992-2002 (Quelle: StaLa, Abfallbilanz 2002)



- 1) Den öRE überlassene Restabfallmenge. Diese wird in Abstimmung mit den öRE näherungsweise der Summe aus Haus- und Sperrmüll, Gewerbe- und Baustellenabfällen sowie Rückständen aus Sortieranlagen gleichgesetzt.
- 2) Dargestellt ist die Summe aus tatsächlich thermisch behandelten Restabfallmengen und mechanisch-biologischen Behandlungskapazitäten.
- 3) Die prognostizierte Restabfallbehandlungskapazität umfasst vorhandene und geplante Anlagen. Der Anteil an thermischen Anlagen beträgt ca. 80 % und der an mechanisch-biologischen rd. 20 %.
- 4) Restabfallmengen-Prognosewerte aus dem Abfallwirtschaftsplan Baden-Württemberg, Teilplan Siedlungsabfälle von 1998 belaufen sich beim maximalen Prognosewert auf 2,14 Mio. Tonnen, beim minimalen Prognosewert auf 1,7 Mio. Tonnen.

Abb. 9: Mengenentwicklung der Restabfallmenge sowie der thermischen und mechanisch-biologischen Behandlungskapazität in Baden-Württemberg von 1984 bis 2002 und Prognose für 2005 / 2008 in 1000 t (Quelle: LfU, 2003)

5. Restabfälle

Abfälle, die nicht verwertet, sondern beseitigt werden, bezeichnet man als Restabfälle.

Ab 1. Juni 2005 dürfen nur noch weitestgehend mineralisierte Abfälle auf Deponien abgelagert werden. Rechtliche Grundlage hierfür sind die Deponieverordnung (DepV), die Abfallablagerungsverordnung (AbfAbIV) und die Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi). Für die Restabfallentsorgung werden in Baden-Württemberg ab 2005 voraussichtlich genügend Beseitigungskapazitäten zur Verfügung stehen. Nahezu alle Stadt- und Landkreise haben entsprechende Entsorgungslösungen beschlossen.

Die Abb. 9 stellt die Entwicklung der den öRE überlassenen Restabfallmenge seit 1984 sowie die minimalen und maximalen Abfallmengenprognosen für die kommenden Jahre bis 2008 dar. Die bisherige Mengenentwicklung gibt berechtigten Anlass zur Hoffnung, dass diese Vorausberechnung nicht korrigiert werden muss.

6. Entsorgungsanlagen

In Baden-Württemberg gibt es eine Vielzahl von Anlagen, in denen Abfälle verwertet oder beseitigt werden. Die Anlagen können grob in folgende Typen unterteilt werden:

- Biologische Behandlungsanlagen für Bio- und Grünabfälle
- Chemisch-physikalische Behandlungsanlagen
- Mechanische Sortier- und Zerlegeanlagen
- Mechanisch-biologische Behandlungsanlagen für Restabfälle
- Thermische Behandlungsanlagen

Mechanisch-biologische Behandlungsanlagen werden zur Aufarbeitung von Abfällen für die Deponien Hasenbühl (Landkreis Schwäbisch Hall), Kahlenberg (Ortenaukreis), Ochsenhausen-Reinstetten (Landkreis Biberach), Sansenhecken (Neckar-Odenwald-Kreis) und Altensteig-Walddorf (Landkreis Calw) eingesetzt.

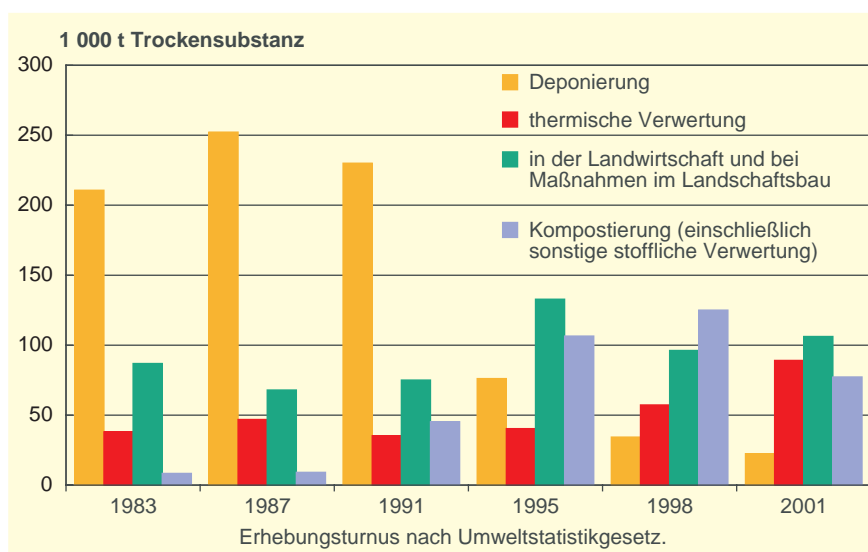


Abb. 10: Entsorgung kommunaler Klärschlämme in Baden-Württemberg 1983-2001 (Quelle: StaLa, 2002)

Thermische Behandlungsanlagen befinden sich in Böblingen, Göppingen, Karlsruhe, Mannheim, Stuttgart und Ulm. Die Anlage in Eschbach/Hartheim bei Freiburg ist im Bau.

Außerdem gibt es noch über 500 Deponien für Bauabfälle (Bauschutt, Bodenaushub, Straßenaufbruch), 48 Deponien für Abfälle aus Haushaltungen und Gewerbe (Hausmülldeponien), eine Untertagedeponie in Heilbronn und eine Sonderabfalldeponie in Billigheim (Neckar-Odenwald-Kreis).

Die in Baden-Württemberg im Jahr 2002 betriebenen 105 biologischen und 28 chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen sowie 119 Sortier- und Zerlegeanlagen sind über das ganze Land verteilt.

7. Mitverbrennung von Abfällen

Ab dem 1. Juni 2005 dürfen nur noch weitestgehend mineralisierte Abfälle auf Deponien abgelagert werden. Eine Ablagerung von unbehandeltem „Rohmüll“ ist dann endgültig verboten. Eine thermische oder mechanisch-biologische Behandlung des Restabfalls ist ab diesem Zeitpunkt zwingend vorgeschrieben. Außerdem ist es erklärter Wille der Landesregierung, dass Klärschlamm zukünftig nicht mehr in der Landwirtschaft oder im Landschaftsbau verwertet wird.

Aus ökologischen Gründen soll der im Land anfallende Klärschlamm zukünftig thermisch entsorgt werden. In Baden-Württemberg fielen in 1130 Kläranlagen im Jahr 2002 rund 290 000 t Klärschlamm (Trockenmasse) an. Davon wurden etwa 96 000 t thermisch entsorgt. Von den restlichen 194 000 t wurden noch rund 168 000 t in der Landwirtschaft oder im Landschaftsbau verwertet und knapp 19 000 t auf Deponien abgelagert. Die Deponierung von Klärschlamm ist analog zu Rohmüll ab Mitte 2005 untersagt. Aus Abb. 10 ist ersichtlich, dass in den vergangenen 20 Jahren die Deponierung von Klärschlamm ständig abgenommen hat. Demgegenüber ist bei der thermischen Verwertung und der Kompostierung ein steigender Trend zu verzeichnen.

Die Mitverbrennungskapazitäten für Abfälle in Anlagen sind für die Abfallwirtschaft und die Umweltpolitik von Interesse, weil hierbei fossile Brennstoffe, wie z. B. Steinkohle, eingespart werden können und damit ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet wird. Es ist daher auch unter ökologischen Aspekten sinnvoll, wenn Abfälle in modernen Anlagen mit hohem technischen Abgasreinigungsstandard mit verbrannt werden.

Die Mitverbrennung von Abfällen geschieht im Land vor allem in Zementwerken und in einem Kohlekraftwerk (Tab. 1).

Abfallarten	Genehmigte Kapazitäten (t/Jahr)	Mitverbrannte Abfälle (t/Jahr)	
		2000	2001
Altholz	118 300	51 442	38 256
Altöl	52 200	22 966	17 245
Altreifen	74 432	53 031	53 013
Altsande	175 700	62 114	48 110
BPG*	167 384	24 434	25 909
Klärschlamm	61 000	16 832	28 239
Kunststoffe	21 000	9 954	7 865
Tierische Fette und Mehle	219 100	-	32 193
Sonstige	379 750	8 799	11 022
Summe	1 268 866	249 572	261 852

*BPG = Brennstoffe aus Produktionsabfällen (z.B. aus Kunststoffen, Papier, Pappe)

Tab. 1: Mitverbrennung von Abfällen 2000 und 2001 (Quelle: LfU, 2002)

Aufgrund der Genehmigungssituation nach dem Immissionsschutzrecht könnten in Baden-Württemberg jährlich rund 1,2 Mio. t Abfälle mitverbrannt und so fossile Brennstoffe eingespart werden.

In der Praxis können diese zusätzlichen Mitverbrennungskapazitäten jedoch nicht ausgeschöpft werden:

- Die jährliche Zementproduktion und damit die Menge der eingesetzten Brennstoffe orientieren sich stark an der Wirtschaftslage (Baukonjunktur) und den jeweiligen Absatzmöglichkeiten für Zement und Zementprodukte. Außerdem sind einige Abfallarten nicht jederzeit in ausreichender Menge verfügbar.
- Die fossilen Energieträger lassen sich aus technischen Gründen nicht zu hundert Prozent durch heizwertreiche Abfälle ersetzen. Der maximal mögliche Mitverbrennungsanteil von Abfällen in der Zementindustrie schwankt je nach Anlagentyp zwischen 60 und 90 %.

Eine Abschätzung der realistischen Mitverbrennungskapazitäten von Abfällen in den Zementwerken Baden-Württembergs gelingt auf der Basis der jährlichen Zementproduktion im Land. In den Zementwerken in Baden-Württemberg wurden 2001 insgesamt 4,213 Mio. t Zement hergestellt (Quelle: StaLa). Der spezifische

Energiebedarf zur Herstellung einer Tonne Zement beträgt durchschnittlich 2 790 Mega-Joule (MJ). Für die Herstellung von 4,213 Mio. t Zement ist daher ein Energiebedarf von 11,75 Mio. GJ erforderlich. Wird für die in den Zementwerken mitverbrannten Abfälle ein mittlerer Heizwert von 20 MJ/kg zu Grunde gelegt, könnten theoretisch rund 590 000 t Abfall bei der Zementherstellung zum Einsatz kommen. Dies ist aus technischen Gründen nicht möglich. Bei einem Abfallanteil von 75 % an der Energieerzeugung könnten jährlich maximal 440 000 t Abfall bei der Zementherstellung in Baden-Württemberg eingesetzt werden.

8. Anhang

8.1 Abkürzungen

AbfAbIV: Abfallablagerungsverordnung

AVV: Abfallverzeichnisverordnung

DepV: Deponieverordnung

DSD: Duales System Deutschland

EG-AbfallVV: EG-Abfallverbringungsverordnung

G: Giga (10⁹)

J: Joule (Nm = Ws); 1 J = 0,2390 cal = 2,778x10⁻⁷ kWh

kg/Ea: Kilogramm pro Einwohner und Jahr

KrW-/AbfG: Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz

LABfG: Landesabfallgesetz

M: Mega (10⁶)

MBA: Mechanisch-biologische Behandlungsanlage

Mio.: Millionen

NachwV: Nachweisverordnung

Nm: Newton-Meter

örE: Öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger

SAA: Sonderabfallagentur Baden-Württemberg GmbH

StaLa: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg

TASi: Technische Anleitung Siedlungsabfall

Ws: Watt-Sekunde

8.2 Quellen- und Literaturhinweise

Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg: Abfallwirtschaftsplan Baden-Württemberg, Teilplan Siedlungsabfälle, Stuttgart 1998

Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg: Abfallbilanz 2002, Stuttgart 2003

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Mitverbrennung von Abfällen in Baden-Württemberg. Karlsruhe 2002

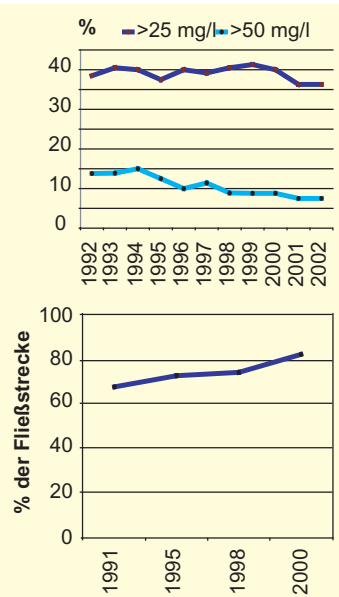
Statistisches Landesamt (StaLa) Baden-Württemberg, Stuttgart

8.3 Informationsmöglichkeiten

www.statistik.baden-wuerttemberg.de
www.uvm.baden-wuerttemberg.de/uvm
www.lfu.baden-wuerttemberg.de

WASSER UND ALTLASTEN

1. Allgemeines	117
2. Gewässerentwicklung und Wasserbau	117
3. Wasserversorgung	119
4. Grundwasser	121
5. Grundwasservorräte	139
6. Abwasser	141
7. Fließgewässer	144
8. Baggerseen	166
9. Bodensee	171
10. Altlasten	175
11. Hochwasservorhersage	177
12. Anhang	180



Indikatoren für das Grundwasser sind die Überschreitungshäufigkeiten bestimmter Schwellenwerte. An 7,5% der Grundwassermessstellen wird der Nitratgrenzwert der EU-Wasserrahmenrichtlinie von 50 mg/l überschritten, an 36 % der Messstellen Risikoschwellenwert von 25 mg/l.

Nach der EU Wasserrahmenrichtlinie soll bis zum Jahr 2015 für alle Fließgewässer die Gewässergüteklasse II oder besser erreicht sein. Derzeit sind es 82 %.

1. Allgemeines

Auf europäischer und nationaler Ebene sind sich die Grundsätze einer dauerhaften und umweltgerechten Entwicklung und eines vorbeugenden und umsichtigen Handelns in entsprechenden Gesetzen und Richtlinien verankert. So orientiert sich auch der Umgang mit Wasser und Gewässern an diesem Leitbild. Es gilt, durch eine nachhaltige Entwicklung und Bewirtschaftung sowie einen vorsorgenden Schutz die oberirdischen Gewässer (Fließgewässer und Seen) und das Grundwasser für zukünftige Generationen und deren Nutzungsansprüche zu bewahren. Dieser Anspruch ist im Rahmen der ökologischen und ökonomischen Notwendigkeiten und Möglichkeiten zu realisieren. Wesentliche Nutzungen sind z.B.

- Trink- und Brauchwassergewinnung,
- Schifffahrt und Transport,
- Freizeit und Erholung,
- Fischerei,
- Gewinnung elektrischer Energie,
- Ableitung der gereinigten Abwässer.

Mit der Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft in der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie, WRRL), die am 22.12.2000 in Kraft trat, werden erstmals europaweit einheitliche und damit vergleichbare, umfassende

und verbindliche Vorgaben für den Zustand aller Gewässer gemacht. Die WRRL sieht eine gesamtschauliche, flussgebietsbezogene Betrachtung, ein gewässertypenspezifisches Vorgehen und einen kombinierten Emissions-/Immissionsansatz vor. Bewirtschaftungspläne stellen den Gewässerzustand und die Maßnahmen zur Gewässerentwicklung dar. Die WRRL bietet durch ihren flächendeckenden und sachgerechten Bewertungsansatz die große Chance, die Herstellung der schon bisher angestrebten Qualität der Gewässer, die Verbesserung der Ökologie der Oberflächengewässer und den Schutz des Grundwassers zu erreichen. Damit sollen im Wesentlichen folgende Ziele erreicht werden:

- Ein guter ökologischer und chemischer Zustand der oberirdischen Gewässer einschließlich der Küstengewässer
- Flächendeckend ein guter chemischer und quantitativer Zustand des Grundwassers; bei zunehmender Verschmutzung ist eine Trendumkehr herbeizuführen
- Verschlechterungsverbot für Oberflächengewässer und Grundwasser
- Schrittweise Reduzierung der Verschmutzung der Oberflächengewässer durch prioritäre Stoffe

- Berücksichtigung des Verursacher- und des Kostendeckungsprinzips bei der Gestaltung der Wasserpreise einschließlich der Umwelt- und Ressourcenkosten
- Gewässerschutzmaßnahmen nach Kosteneffizienzkriterien.

Um die gesteckten Ziele zu erreichen, ist es unabdingbar, die Gewässersituation systematisch zu erfassen, zu dokumentieren und zu bewerten. Nur auf diesem Weg ist es möglich, gezielt

- Auswirkungen von Nutzungen zu erkennen,
- Schutz- und Sanierungsstrategien zu entwickeln und anzuwenden,
- die Wirksamkeit der Entwicklungs- und Schutzmaßnahmen zu beurteilen.

Dabei muss der Hochwasserschutz berücksichtigt bleiben. Gerade die Ereignisse im Jahr 2002 haben gezeigt, dass hier auch in Zukunft verstärkte Anstrengungen erforderlich sind.

2. Gewässerentwicklung und Wasserbau

Die Erhaltung naturnaher Gewässer und Auen sowie die Entwicklung naturfern ausgebauter Gewässer zu naturnahen Gewässern gehören zu den vorrangigsten Aufgaben der Wasserwirtschaft.

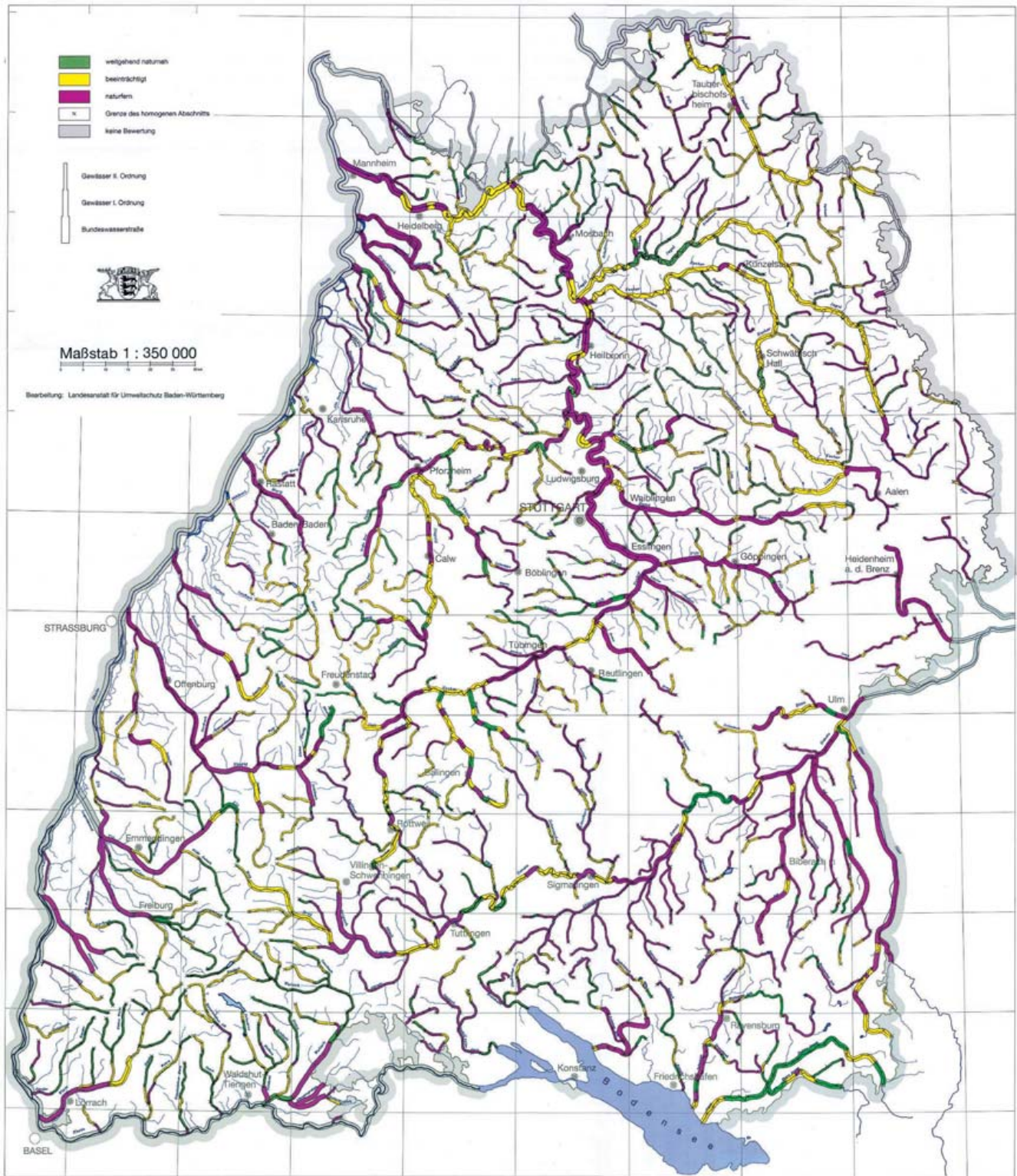


Abb. 1: Übersichtskarte des morphologischen Zustands der Fließgewässer in Baden-Württemberg (Quelle: LfU; Stand 1994)

Beim Ausbau und bei der Unterhaltung der Gewässer sind ökologische Gesichtspunkte früher nur wenig beachtet worden. Dies führte in Verbindung mit zunehmender Überbauung und intensiver Nutzung der Talauen zu Beeinträchtigungen des Naturhaushalts.

In der Übersichtskarte des morphologischen Zustands der Fließgewässer wurden die Fließgewässer des Landes mit Einzugsgebietsgrößen über 20 km² vor allem mittels Luftbild- und Karteninterpretation nach fünf ausgewählten Strukturparametern (Linieneinführung, Gehölzsaum, Gewässerstrandstreifen, Talbodennutzung und künstliche Wanderungshindernisse) bewertet. Danach sind nur etwa 21,7 % der bewerteten Fließgewässer noch weitgehend naturnah, 30,7 % sind beeinträchtigt und 47,6 % naturfern (Abb. 1, 2).

Vorrangige Ziele des Landes sind auf der Grundlage des Gesamtkonzepts Naturschutz und Landschaftspflege (1989) und der Wassergesetznovelle (1.1.1996):

- die Erhaltung noch vorhandener naturnaher Fließgewässer,
- die Erhaltung und Entwicklung der naturnahen Auen (als Rückzugsgebiete von besonderer Tier- und Pflanzenarten und natürliche Retentionsflächen),
- bei technisch ausgebauten Gewässern eine naturnahe Entwicklung und die Reaktivierung natürlicher Retentionsflächen,
- die Entwicklung naturnaher Gewässerrandstreifen an den Ufern fließender und stehender Gewässer, um auf diese Weise neue Lebensräume und Rückzugsareale für Tiere und Pflanzen zu erschließen. Für die Gewässer sind die Gewässerrandstreifen Entwicklungsraum und Pufferzonen gegen den Eintrag von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln.

Für die naturnahe Gewässerentwicklung ist das Instrument der Gewässerentwicklungsplanung geschaffen worden. Diese enthält:

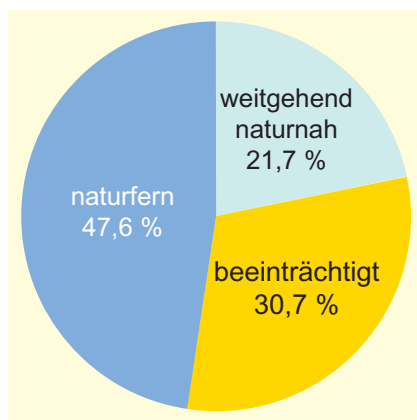


Abb. 2: Morphologischer Zustand der Fließgewässer in Baden-Württemberg – Anteile der Zustandsklassen (Quelle: LfU; Stand 1998)

- Gewässerentwicklungskonzepte für die überörtliche wasserwirtschaftliche Rahmenplanung
- Gewässerentwicklungspläne für die konkrete ökologische Verbesserung der Gewässer auf örtlicher Ebene.

Die naturnahe Gewässerentwicklung betrachtet das Gewässer in der Gesamtschau und bezieht strukturelle, biologische, chemische und hydrologische Gesichtspunkte gleichermaßen ein.

3. Wasserversorgung

Aufgrund des heterogenen geologischen Aufbaus des Landes sind die Wasservorkommen ungleichmäßig verteilt. Die größten liegen in den Randbereichen. Dies ist für das Grundwasser der Oberrheingraben mit dem Fördermaximum in der nördlichen Rheinebene. Trinkwasser aus Oberflächenwasser wird hauptsächlich aus dem Bodensee, der Donau bei Leipheim und der Talsperre Kleine Kinzig entnommen. Jährlich benötigen Wirtschaft, Gewerbe und Haushalte des Landes knapp 5,9 Mrd. m³ Wasser. Mit fast 4,6 Mrd. m³ Wasser (4 577 Mio. m³) – 78 % der Gesamtmenge – entnehmen die Energieversorgungsunternehmen den weitaus größten Teil (Abb. 4). Diese Entnahmen erfolgen nahezu ausschließlich aus Oberflächengewässern rund 70 % aus dem Rhein und zu annähernd 30 % aus dem Neckar. Von den Unternehmen der öffentlichen Wasserversorgung

wurden 2001 fast 690 Mio. m³ Wasser entnommen – ein Anteil von 12 % an der Gesamtgewinnung. Drei Viertel dieses Wassers waren Grund- und Quellwasser. Industrie und Gewerbe haben rund 510 Mio. m³ Wasser (annähernd 9 % der Gesamtmenge) zu mehr als zwei Dritteln aus Oberflächengewässern gefördert. Für die Landwirtschaft liegen bisher Informationen zum Jahr 1998 vor. Damals wurden 14,2 Mio. m³ (0,25 %) Wasser gefördert, die vorläufigen Zahlen für 2001 betragen rund 9,4 Mio. m³ (0,17 %). Zusätzlich zur Eigengewinnung werden zur Deckung des Wasserbedarfes kleinere Mengen von anderen Lieferanten in anderen Bundesländern und im Ausland bezogen. Seit Ende der 80er-Jahre ist insgesamt eine Tendenz zur geringeren Inanspruchnahme der Wasservorkommen und zur intensiveren Nutzung der entnommenen Wassermengen zu beobachten.

3.1 Wassergewinnung der Industrie

Der mit Abstand größte Wasserbedarf besteht in der Energieversorgung an Kühlwasser für Stromerzeugungsanlagen (Abb. 3). Nach der Nutzung wird das Kühlwasser überwiegend direkt wieder in angrenzende Oberflächengewässer eingeleitet, teilweise erfolgt vorher eine Rückkühlung. Lediglich 9 % des insgesamt entnommenen Wassers werden in der Wirtschaft als Produktionswasser eingesetzt. Besonders in diesem Bereich ging der Wasserbedarf in den vergangenen Jahren aufgrund der fortgesetzten Wassersparmaßnahmen (z.B. zunehmende Mehrfach- und Kreislaufnutzung, wassersparende Technologien) deutlich zurück.

3.2 Öffentliche Wasserversorgung

Im Rahmen der öffentlichen Wasserversorgung wurden 8 % der gesamten Wassermenge als Trinkwasser an Haushalte und Kleingewerbe abgegeben, weitere 2 % an öffentliche Einrichtungen. Sichergestellt wurde dies im Jahr 2001 von 1370 Wasserversorgungsunternehmen. Das gewachsene Verbundsystem ermöglicht den

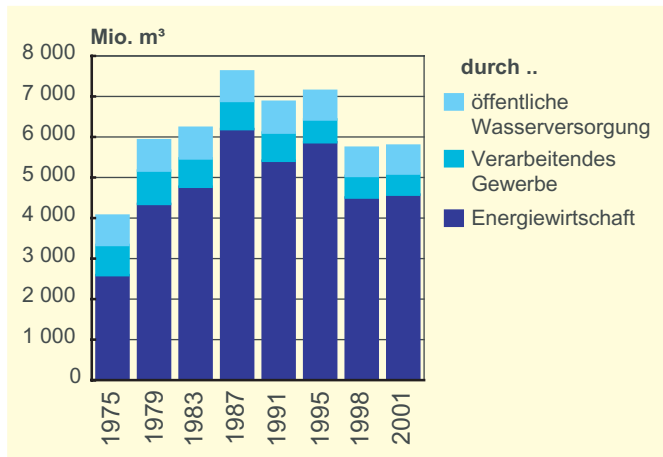


Abb. 3: Wasserversorgung in Baden-Württemberg (Quelle: StaLa, 2003)

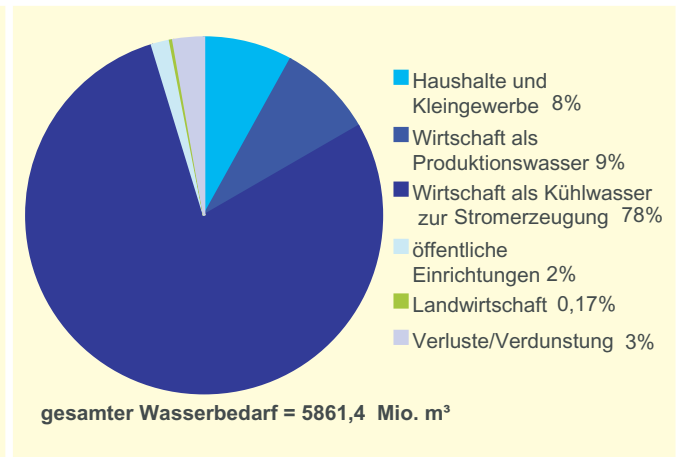


Abb. 4: Wasserbedarf nach Verwendungszweck 2001 (Quelle: StaLa, 2003)

überregionalen Ausgleich zwischen Wassermangel- und Wasserüberschussgebieten.

3.3 Wasserqualität

Aufgrund anthropogener Belastungen des Rohwassers wurden rund 85 % des von den öffentlichen Versorgungsunternehmen gewonnenen Wassers vor der Abgabe an Letztverbraucher durch ein- oder mehrstufige Verfahren sowie Verfahrenskombinationen aufbereitet oder zumindest mit weniger belasteten Wässern gemischt. Landespolitische Zielsetzung ist es, vorrangig ortsnahe Wasservorkommen zu nutzen und zu schützen. Dabei stehen auch Maßnahmen der rationellen Wassernutzung im Vordergrund. Informationen zur Trinkwasserqualität enthält das Kapitel „Lebensmittel“.

3.4 Wasserentnahme aus der Natur-Wasserabgabe an die Natur

Sowohl die Trinkwasserversorgung als auch die Abwasserbeseitigung im Land erfolgen auf hohem Standard. Die beträchtlichen Kosten, die dadurch entstehen, haben einen steten Anstieg der Preise für Trink- und Abwasser verursacht. Durchschnittlich kostet ein Kubikmeter Trinkwasser derzeit 1,65 Euro und damit 8 Cent mehr als im Jahr 2001. Für Abwasser werden durchschnittlich bereits 2,04 Euro berechnet, das sind ebenfalls 8 Cent mehr als vor zwei Jahren. Abb. 5 verdeutlicht die Entwicklung der Preise seit Ende der 70er-Jahre.

Auf der anderen Seite der Wasserentnahmen steht die Abgabe von Wasser und Abwasser an die Natur (Abb. 6). Insgesamt werden annähernd 6,9 Mrd. m³ abgegeben, darunter die über Abwassersammeleinrichtungen mit erfassten und damit zunächst

der Natur entzogenen Fremd- und Niederschlagswassermengen von zusammen 1,1 Mrd. m³ (16 %), die in die öffentlichen Kläranlagen gelangen. Rund 81 % des an die Natur abgegebenen Wassers bestehen aus Abwasser. Die restlichen 3 % setzen sich aus Wasserverlusten (Leistungsverluste, Verdunstung), Bewässerungswasser und ungenutzt abgeleitetem Wasser zusammen. Der Bereich Abwasser besteht zu 84 % aus Kühlwasser, knapp 11 % häuslichem und kleingewerblichem Abwasser, 4 % produktionsbedingte Abwässer sowie zu 1 % aus Abwasser, das durch überregionale und sektorale Verflechtungen anfällt.

3.4 Wasserschutzgebiete

Wasserschutzgebiete werden ausgewiesen, um die bestehende und künftige öffentliche Wasserversorgung zu sichern. In Baden-Württemberg wird deren Wasserbedarf zu 75 % aus

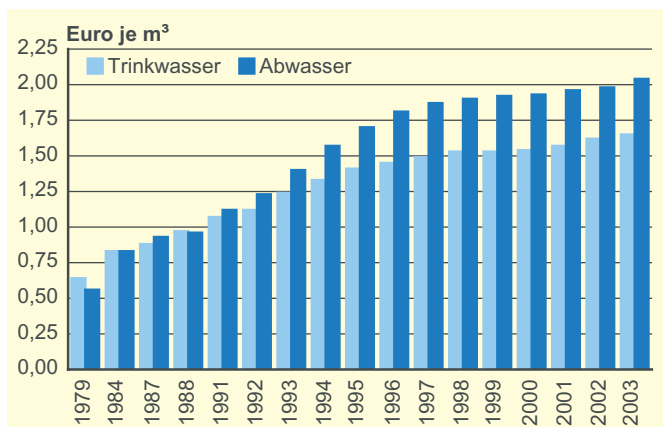


Abb. 5: Preise für Trink- und Abwasser in Baden-Württemberg 1979 bis 2003

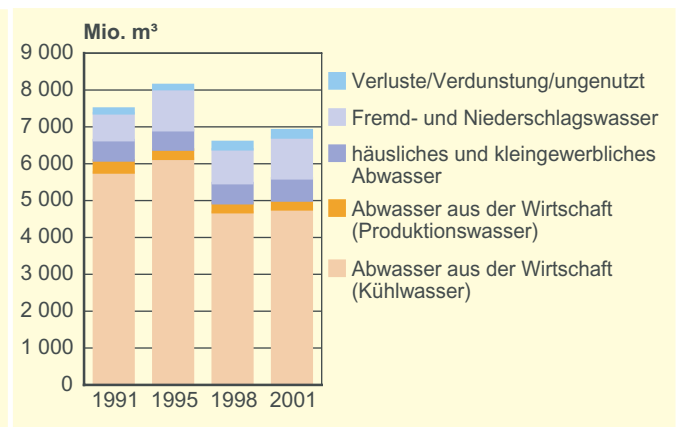


Abb. 6: Wasserabgabe an die Natur in Baden-Württemberg

Grund- und Quellwasser und nur zu 25 % aus Oberflächenwasser gedeckt.

Aufgrund der geologischen, hydrologischen und topografischen Verhältnisse werden Wasserschutzgebiete in verschiedene Schutzzonen unterteilt, in denen abgestufte Schutzbestimmungen gelten:

- den Fassungsbereich (I)
- die engere Schutzzone (II)
- die Schutzzone (III).

Die seit 1988 geltende Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) des Landes hat die Düngung, den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und die Wirtschaftsweise in Wasserschutzgebieten erheblich eingeschränkt. Ziel ist es, insbesondere die Belastung des Grundwassers mit Nitrat und Pflanzenschutzmitteln zu vermeiden. Für damit verbundene wirtschaftliche Nachteile erhalten die Grundstücksnutzer vom Land einen Ausgleich.

Am 28.2.2003 waren in Baden-Württemberg 2 552 Wasserschutzgebiete mit 8 493 km² festgesetzt (Abb. 7). Tab. 1 zeigt den Verfahrensstand der Festsetzung von Wasserschutzgebieten; die Prozentangaben beziehen sich dabei auf die Flächen der Regierungsbezirke und des Landes.

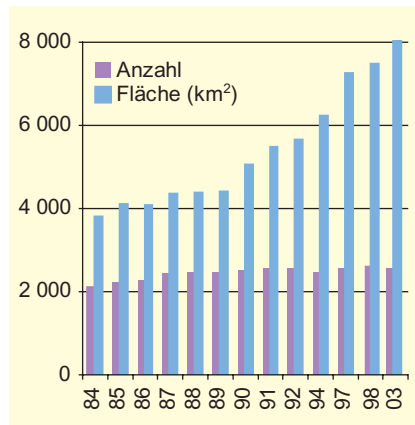


Abb. 7: Entwicklung der Wasserschutzgebiete in Baden-Württemberg (Quelle: UVM 2003)

4. Grundwasser

4.1 Grundwasserbeschaffungsmessnetz

In Baden-Württemberg gibt es ein Messnetz zur Erfassung der Grundwasserbeschaffenheit. Damit werden flächenhaft repräsentative Daten erhoben, erfasst, aufbereitet, ausgewertet und verfügbar gemacht, um

- die Situation und Entwicklung zu dokumentieren und regelmäßig in Berichten darzustellen,
- die Einflussfaktoren aufzuzeigen, also Auswirkungen von Nutzungen und des hydrologischen Geschehens auf das Grundwasser zu untersuchen und zu beurteilen,

- Verbesserungs- und Eingriffsmöglichkeiten zu beschreiben sowie Lenkungsmöglichkeiten zu nennen.

Ein repräsentatives Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz mit den zugehörigen Untersuchungsprogrammen und aktuellen Datendiensten ist zugleich ein Frühwarnsystem für großräumige natürlich und menschlich verursachte Veränderungen des Grundwassers, beispielsweise Versauerung, Klimafolgen, Belastungsveränderungen und Übernutzungen. Das Grundwassermessnetz besteht aus mehreren Komponenten:

- menschlich möglichst unbeeinflusste Basismessstellen (BMN),
- Rohwassermessstellen der öffentlichen Wassergewinnungsanlagen (RW),
- Vorfeldmessstellen im Zustrombereich von Rohwasserfassungen (VF),
- Emittentenmessstellen im Einflussbereich von Landwirtschaft (EL), Industrie (EI), Siedlung (ES) und sonstigen potenziellen Emittenten (SE),
- Quellen im Festgesteinsbereich zur Verknüpfung von qualitativen und quantitativen Gesichtspunkten.

Regierungsbezirk Fläche	1.1.85 Festgesetzt		1.6.90 Festgesetzt		1.7.94 Festgesetzt		1.7.97 Festgesetzt		12.11.98 Festgesetzt		28.3.2003 Festgesetzt	
	Anzahl Fläche in km ²	%	Anzahl Fläche in km ²	%	Anzahl Fläche in km ²	%	Anzahl Fläche in km ²	%	Anzahl Fläche in km ²	%	Anzahl Fläche in km ²	%
Stuttgart	865		1 007		992		960		940		863	
10 558 km ²	1 337	12,7	1 577	14,9	2 103	20,0	2 429	23,0	2 410	22,8	2 760	26,1
Karlsruhe	235		281		330		326		357		353	
6 920 km ²	993	14,3	1 347	19,5	1 542	22,3	1 563	22,6	1 640	23,7	1 884	27,2
Freiburg	744		929		972		948		1 014		982	
9 356 km ²	676	7,2	877	9,4	1 068	11,4	1 168	12,5	1 233	13,2	1 415	15,1
Tübingen	256		319		183		325		345		354	
8 917 km ²	786	8,8	1 237	13,9	1 540	17,3	2 093	23,5	2 193	24,6	2 434	27,3
Summe Land	2 100		2 536		2 477		2 559		2 620		2 552	
35 751 km ²	3 792	10,6	5 038	14,2	6 233	17,4	7 253	20,3	7 476	20,9	8 493	23,8

Tab. 1: Verfahrensstand der Festsetzung von Wasserschutzgebieten in Baden-Württemberg (Quelle: UVM; Stand 3/2003)

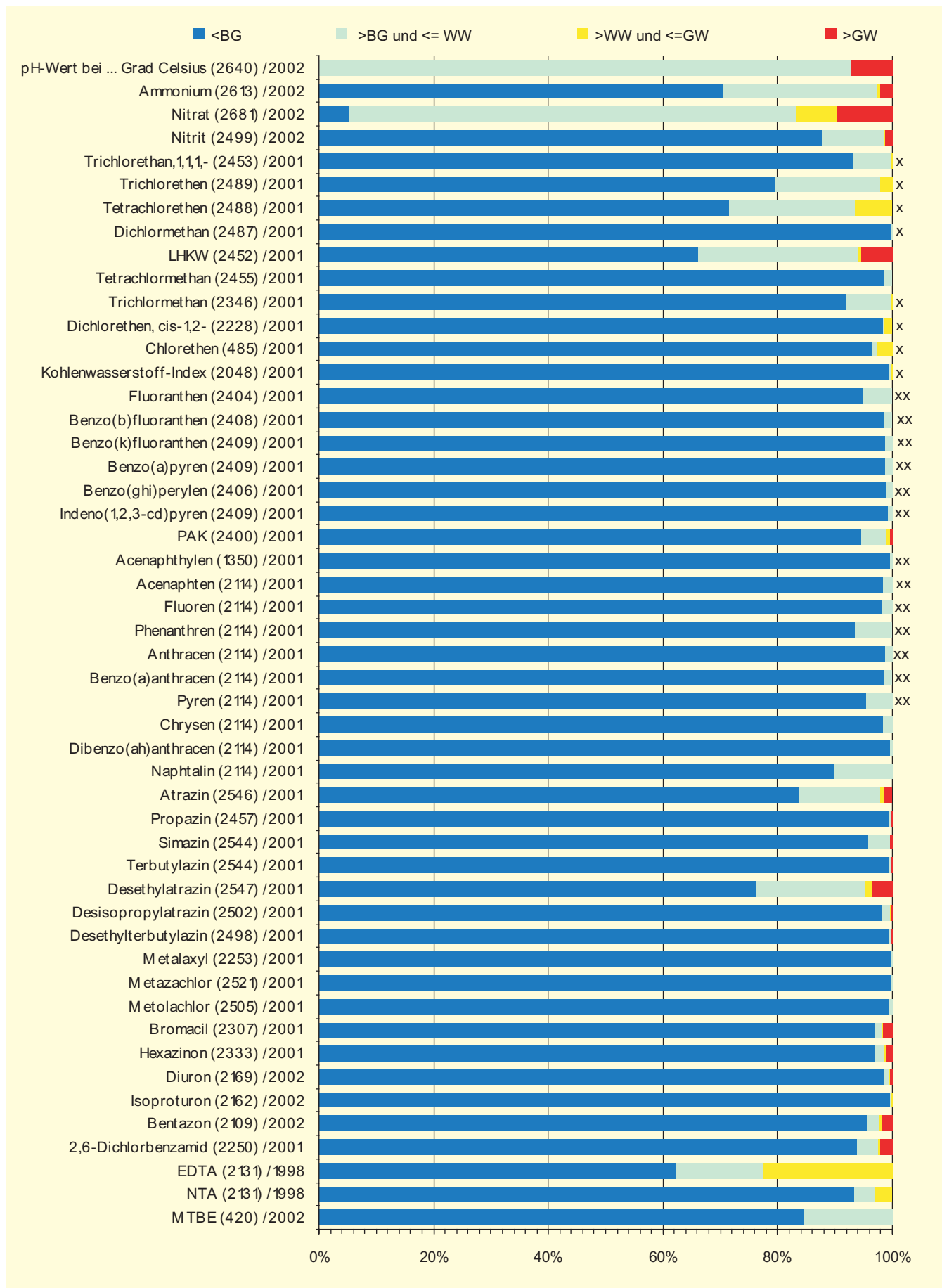


Abb. 8: Ergebnisse der Beprobungen 1998-2002: Verteilung der Messwerte. (BG = Bestimmungsgrenze, WW = Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms, GW = Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 1990; in Klammern: Anzahl der Messwerte, Untersuchungs-jahr. X = Kein Warn- oder kein Grenzwert festgelegt, XX = kein Warn- und kein Grenzwert festgelegt) (Quelle: LfU, 2003)

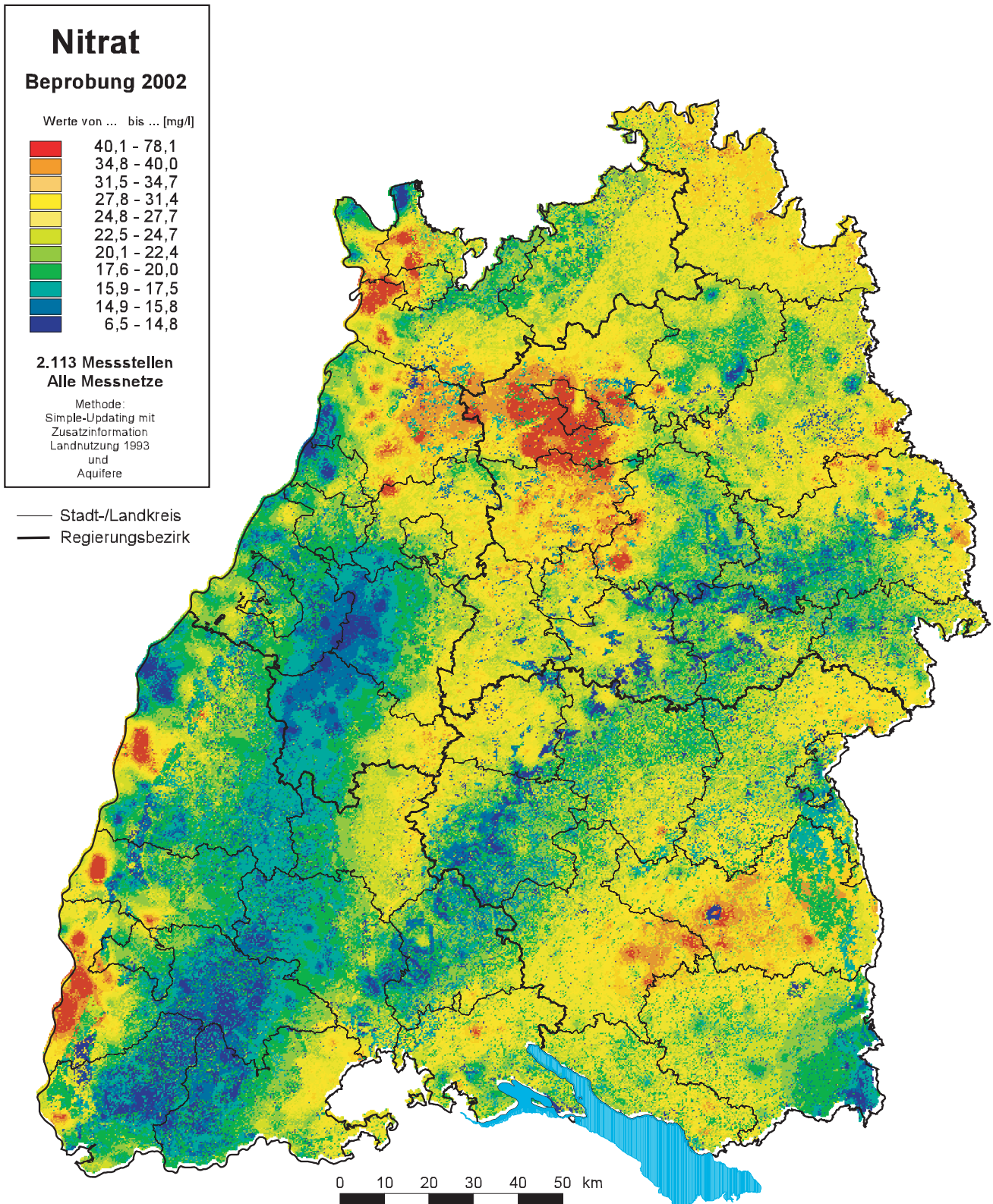


Abb. 9: Konzentrationsverteilung Nitrat 2002 – oberflächennahe Grundwässer (Quelle: LfU, 2003)

4.2 Grundwasserbeschaffenheit

Je nach Region hat jedes Grundwasser seine charakteristische Zusammensetzung, abhängig unter anderem von Bodenbedeckung, Untergrundverhältnissen und hydrologischen Einflüssen. Zusätzlich zu dieser „natürlichen“ Beschaffenheit ist das Grundwasser im dichtbesiedelten und hochindustrialisierten Baden-Württemberg auch unterschiedlich durch den Menschen beeinflusst.

Abb. 8 gibt einen Überblick über die Beprobungsergebnisse der Jahre 1998-2002. Da für Grundwasser keine gesetzlich geregelten Grenzwerte oder ähnliche Vorgaben existieren, werden als Orientierungshilfen für die Beurteilung der Konzentrationen die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung vom 5.12.1990 (TrinkwV 1990) und die durch das Grundwasserüberwachungsprogramm eingeführten Warnwerte herangezogen.

Bei den durch rote Balken auffälligen Stoffen liegen Grenzwertüberschreitungen vor, bei gelben Balken Warnwertüberschreitungen. Grüne Balken verdeutlichen die Nachweisbarkeit von Stoffen im Grundwasser, blaue Balken deren Nichtnachweisbarkeit. Folgende Problemfelder sind ersichtlich: Versauerung durch sauren Regen (pH-Wert), landwirtschaftliche, wein- und gartenbauliche Belastungen aus der Stickstoffdüngung (Nitrat, Nitrit, Ammonium) und aus Pflanzenschutzmittelanwendungen – letztere z.T. auch an und auf anderen Flächen wie z.B. Verkehrsflächen (z.B. Atrazin, Desethylatrazin, Bromacil, Hexazinon, Diuron, Bentazon, 2,6-Dichlorbenzamid), Belastungen mit Kohlenwasserstoffen aus Industrie, Gewerbe und Verkehr (LHKW, Kohlenwasserstoff-Index, PAK) und anderen synthetischen Stoffen (EDTA, NTA, MTBE).

4.2.1 Nitrat

In Baden-Württemberg wird fast die Hälfte der Landesfläche landwirtschaftlich genutzt. Der damit verbundene Einsatz an Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln (PSM) führt zu einem flächenhaften Eintrag dieser

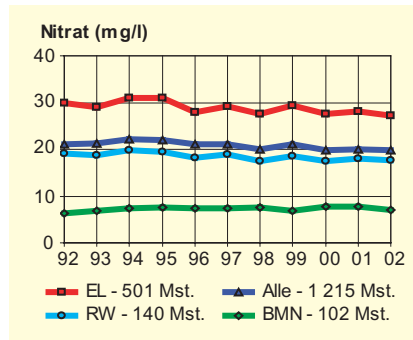


Abb. 10: Entwicklung der Medianwerte für Nitrat für durchgehend beprobte Messstellengruppen, EL: Emittentenmessnetz Landwirtschaft, Alle: Gesamtmessnetz, RW: Rohwassermessstellen, BMN: Basismessnetz, Beprobungszeitraum jeweils September bis November (Quelle: LfU, 2003)

Agrochemikalien in das Grundwasser. Deshalb wird zumindest Nitrat jedes Jahr landesweit an ca. 2 500 bis 2 800 Messstellen untersucht.

Die natürlicherweise niedrigen Nitratkonzentrationen sind in 2002 an mindestens 60 bis 70 % von 2 681 Messstellen überhöht. Der Warnwert von 40 mg/l wird an nahezu jeder sechsten Messstelle überschritten, der Grenzwert der Trinkwasserverordnung und der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (50 mg/l) an nahezu jeder zehnten Messstelle (Abb. 9). Bei dem für die öffentliche Wasserversorgung genutzten Rohwasser liegt der Nitratwert 2002 an jeder 27. Messstelle über dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung, an Messstellen im landwirtschaftlichen Einflussbereich jedoch an jeder vierten. Belastungsschwerpunkte sind insbesondere Bereiche mit Maisanbau und Sonderkulturen (Abb. 9).

Die mittelfristige Änderung der Nitratkonzentration wird anhand von Messstellen, an denen durchgehend von 1992 bis 2002 Messwerte gemessen wurde, ausgewertet (Abb. 9). Diese 1 215 Messstellen (Abb. 10: „Alle“) repräsentieren rund 45 % des Gesamtmessnetzes. Bei ihnen steigt der Medianwert von 21,0 mg/l in 1992 auf den höchsten Wert von 22,1 mg/l in 1994. Danach ist ein leicht fallender Gesamttrend festzustellen – trotz der Anstiege in 1999 und 2001. Jedoch hat sich der fallende Trend in den letzten drei Jahren etwas abgeschwächt. Ähnlich stellt sich das

Trendverhalten in Wasserschutzgebieten beim Rohwasser (RW) für die öffentliche Wasserversorgung dar, wie auch die Entwicklung der Anzahl der Grenzwertüberschreitungen im Gesamtmessnetz.

Nach der höchsten Grenzwertüberschreitungsrate 1994 mit 12,6 % aller Messstellen wurden von 1998 bis 2002 mit 10,9 bis 9,6 % die Minima erreicht. Die Belastung in 2002 mit 9,6 % Grenzwertüberschreitungen liegt auch unter dem Niveau von 1992 mit 10,8 %. Erfreulicherweise ergeben sich in 2002 gegenüber dem Vorjahr auch an den Emittentenmessstellen Landwirtschaft (Abb. 10: „EL“) leicht abnehmende Konzentrationen. Konzentrationsabnahmen in schon sehr stark belasteten Gebieten mit Nitrat Ausgangsgehalten von über 80 mg/l stehen Konzentrationszunahmen in mittel bis hoch belasteten Gebieten mit Nitrat Ausgangsgehalten von 35-50 mg/l gegenüber.

Die jährlichen Veränderungen dürfen nicht überinterpretiert werden, da auch die hydrologischen Verhältnisse in trockenen und nassen Jahren hierzu beitragen. Insgesamt muss die flächenhafte Situation weiterhin als „Stagnation auf einem hohen Niveau“ bewertet werden.

4.2.2 Pflanzenschutzmittel (PSM)

Die verschiedenen PSM-Wirkstoffe und ihre wesentlichen Abbauprodukte wurden von 1992 bis 2002 in regelmäßigen Abständen untersucht, meist landesweit an allen Messstellen (Abb. 8). Wegen der Vielzahl der zu analysierenden Wirkstoffe können nicht alle PSM in einem einzigen Jahr gemessen werden, so dass die landesweit repräsentativen Befunde aus verschiedenen Jahren stammen (Abb. 8).

Die langjährigen Ergebnisse der Untersuchungen auf verschiedene PSM-Wirkstoffe und deren Abbauprodukte sind in Abb. 8 in einer Rangliste mit Belastungskategorien dargestellt. Zugrunde liegen Befunde aus dem Zeitraum 1992-2002, differenziert nach Nichtnachweisbarkeit und Nachweisbarkeit mit Angabe der Häufigkeiten

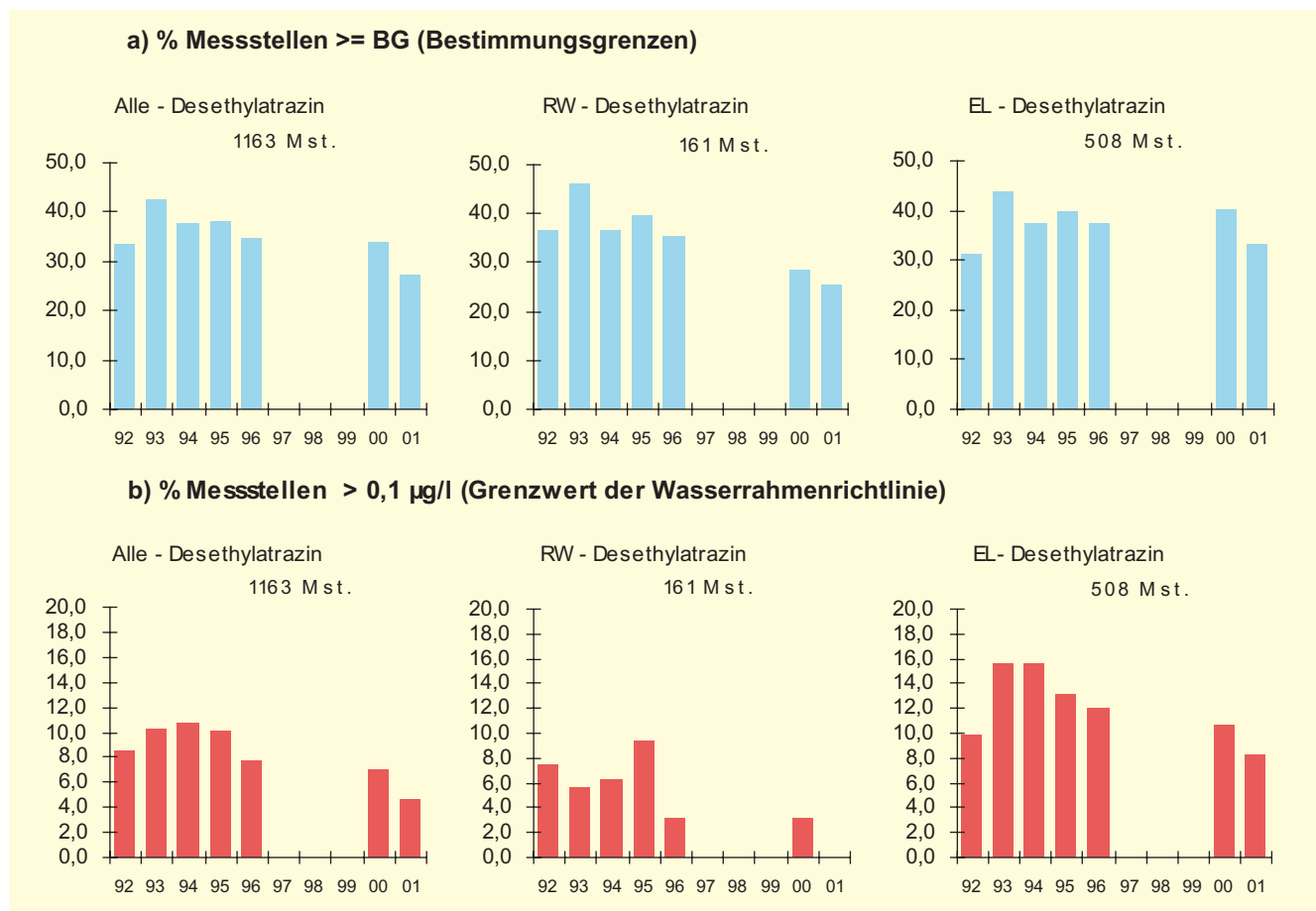


Abb. 11 Prozentuale Überschreitungshäufigkeiten der Desethylatrazin-Konzentrationen: a) der Bestimmungsgrenzen, b) der Konzentration von 0,1 µg/l (= Grenzwert nach der EU-Wasserrahmenrichtlinie); (Datengrundlage: konsistente Messstellengruppen 1992-1996 und 2000-2001, Alle: Gesamtmessnetz, RW: Rohwassermessnetz, EL: Emittentenmessnetz Landwirtschaft, Beprobungszeitraum jeweils September bis Oktober) (Quelle: LfU, 2003)

der Befunde größer dem Grenzwert der EU-Wasserrahmenrichtlinie.

Mit der größten Nachweisbarkeitsquote und den höchsten grenzwertüberschreitenden Konzentrationen ist in der höchsten Belastungskategorie immer noch das langlebige Atrazin-Abbauprodukt Desethylatrazin (DEA) zu finden (Abb. 11). Atrazin – in der zweithöchsten Kategorie angesiedelt – wurde früher als Totalherbizid hauptsächlich im Maisanbau eingesetzt. Jedoch ist die Belastung mit diesen beiden Stoffen stark rückläufig, wie auch bei Simazin. Seit 2000/2001 ist erfreulicherweise ein Wendepunkt eingetreten. Nach den Belastungsspitzen Anfang bis Mitte der 1990er-Jahre haben die DEA-Konzentrationen in 2000 und 2001 erstmals wieder das Niveau von 1992 erreicht bzw. erstmals unterschritten (Abb. 11). Dies ist als umweltpolitischer Erfolg des baden-württembergischen Atrazin-Anwendungsverbot in Wasserschutzgebieten (1988) und

bundesweiten Atrazin-Verbots (1991) zu werten. Jedoch war DEA in 2001 landesweit immer noch an jeder vierten Messstelle nachweisbar (Abb. 8, 12), worin sich die umweltrelevante Langlebigkeit der Agrochemikalie Atrazin widerspiegelt.

Die in der zweit- und dritthöchsten Belastungskategorie zu findenden auch langlebigen Totalherbizide Bromacil, Diuron und Hexazinon sind hauptsächlich im Einzugsgebiet nichtlandwirtschaftlicher Flächen wie Gleisanlagen, Betriebsflächen und Parkplätzen zu finden. Ihre Anwendung ist inzwischen allgemein oder teilweise nicht mehr zugelassen, beispielsweise auf Gleisanlagen. Die Nachweisquoten im Gesamtmessnetz bewegen sich zwischen 1,5 und 3,2 % (Abb. 8).

Die Beprobungsrunden 2000, 2001 und 2002 verweisen auf erneut existierende PSM-Probleme mit den nicht verbotenen Wirkstoffen

Bentazon bzw. Diclobenil, welche im Mais-, Gemüse-, Kartoffel- und Getreideanbau bzw. Weinanbau angewandt werden. Das Diclobenil-Abbauprodukt 2,6-Dichlorbenzamid ist seit 1997 die PSM-Substanz mit den landesweit zweithöchsten Grenzwertüberschreitungsquote und findet sich mittlerweile in der zweithöchsten Belastungskategorie, wie auch Bentazon mit der in 2002 dritthöchsten Grenzwertüberschreitungsquote aller in 2001 und 2002 landesweit untersuchten PSM (Abb. 13, 8). 2,6-Dichlorbenzamid bzw. Bentazon finden sich mittlerweile an jeder siebzehnten bzw. zwanzigsten Messstelle (Abb. 13, 14). 2,6-Dichlorbenzamid-Befunde werden dabei nicht nur in den für dieses Totalherbizid typischen Weinanbaugebieten registriert, sondern auch im Siedlungs- und Rohwasserbereich, da es früher auch zur Anwendung auf anderen Kulturfleichen und auch auf Nichtkulturland, wie z.B. Brachflächen und Verkehrsflächen, zugelassen war. Seit März 2001

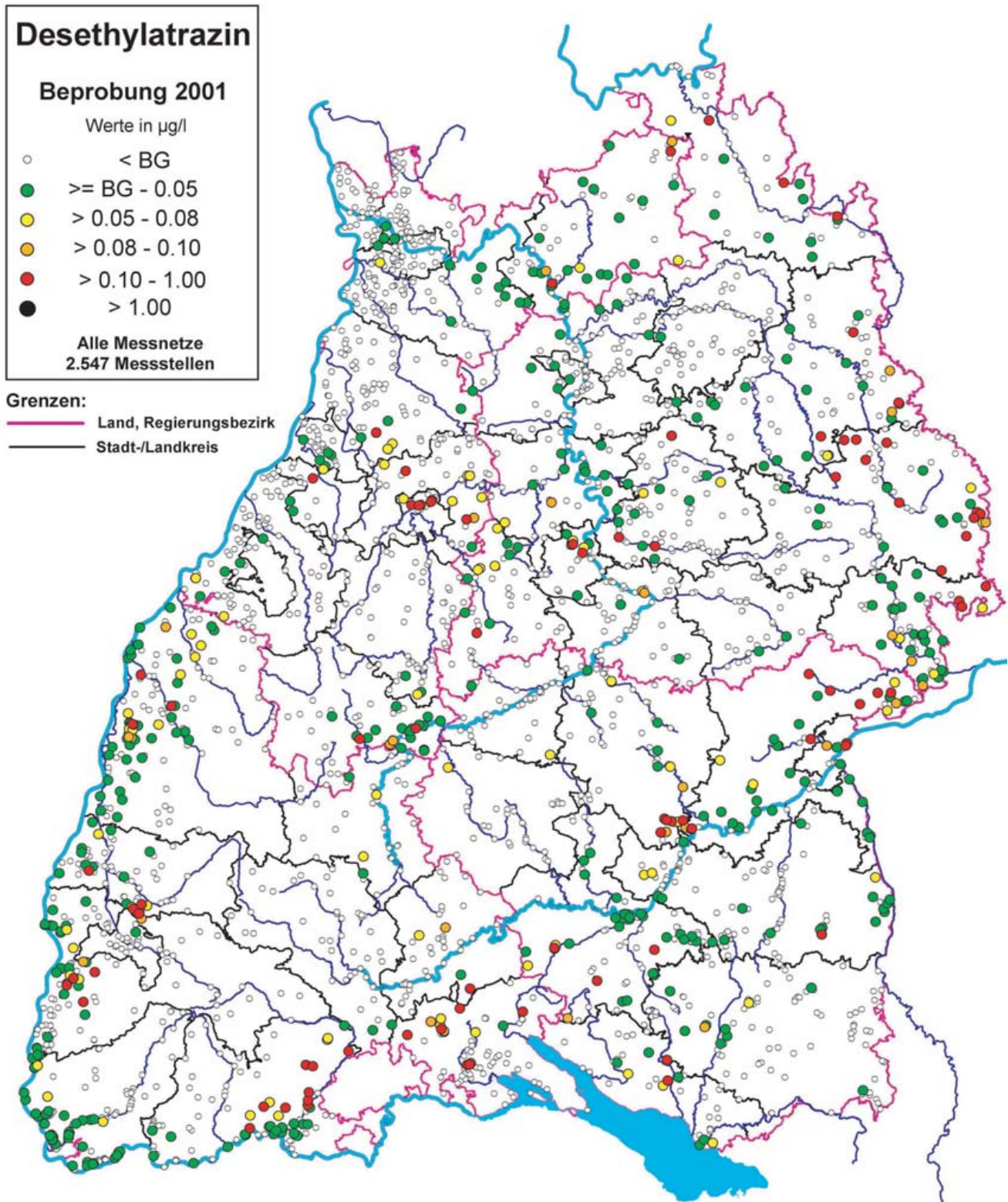


Abb. 12: Konzentrationsverteilung Desethylatrazin 2001 (Quelle: LfU, 2001)

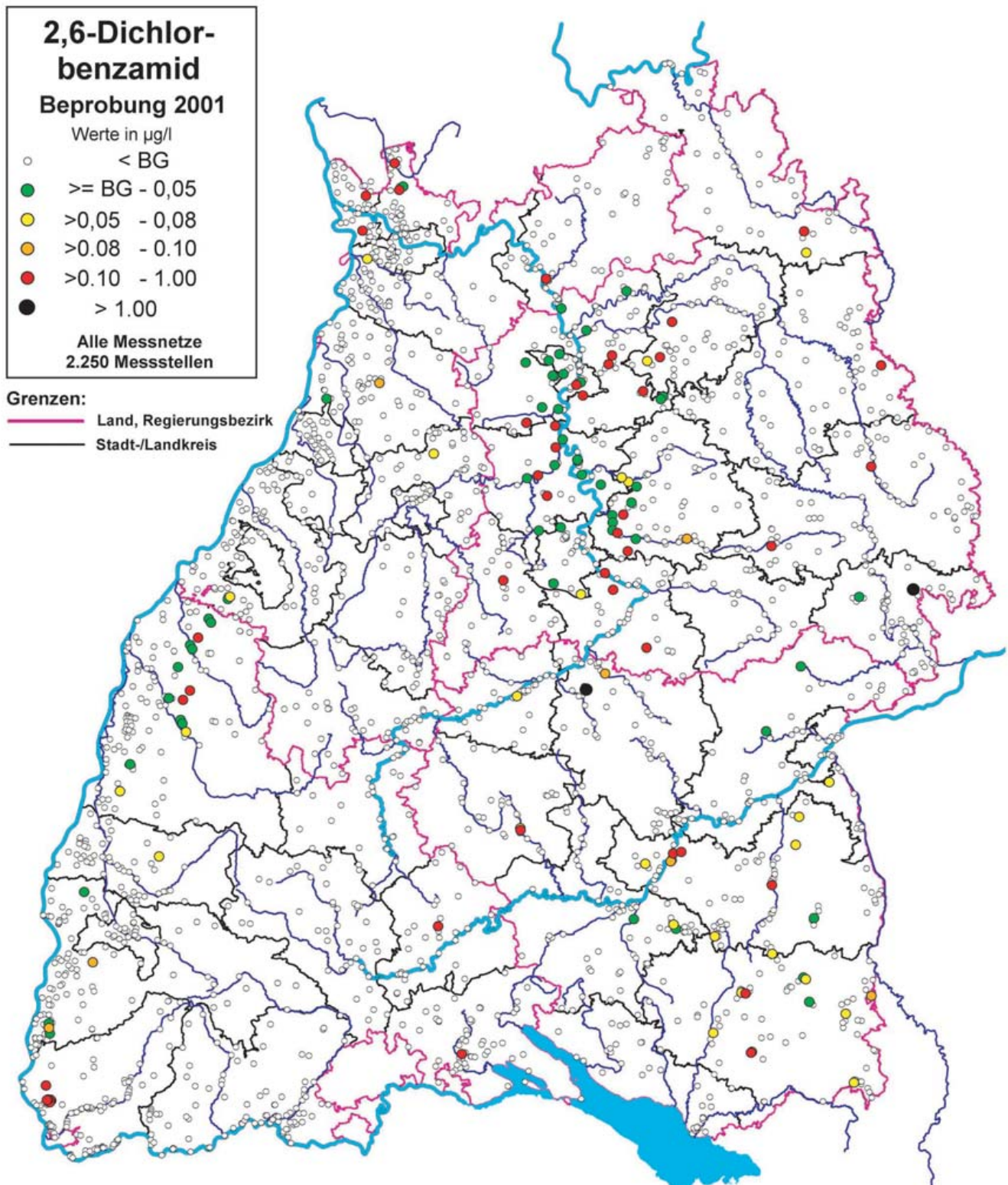


Abb. 13: Konzentrationsverteilung 2,6-Dichlorbenzamid 2001 (Quelle: LfU, 2002)

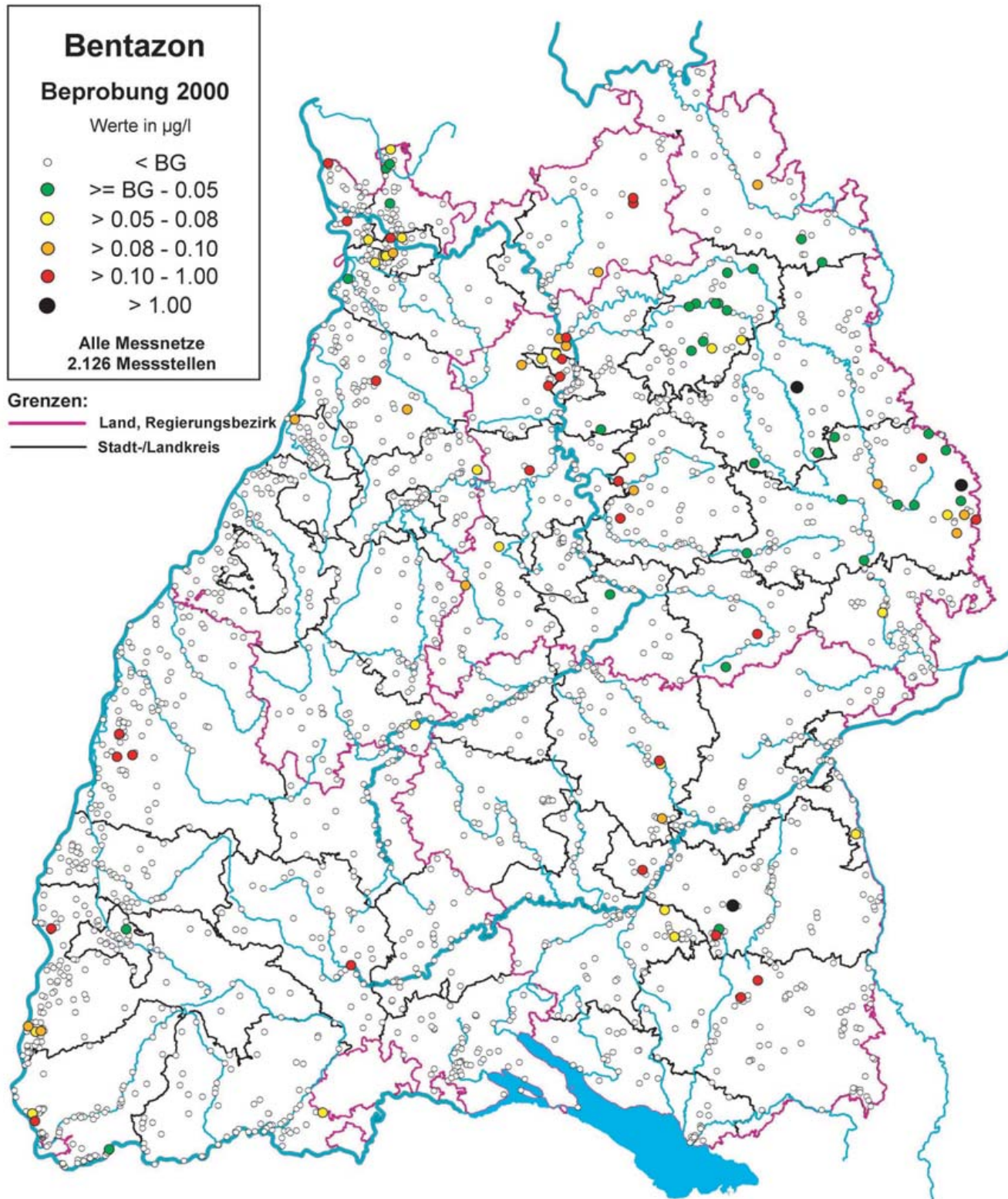


Abb. 14: Konzentrationsverteilung Bentazon 2000 (Quelle: LfU, 2002)

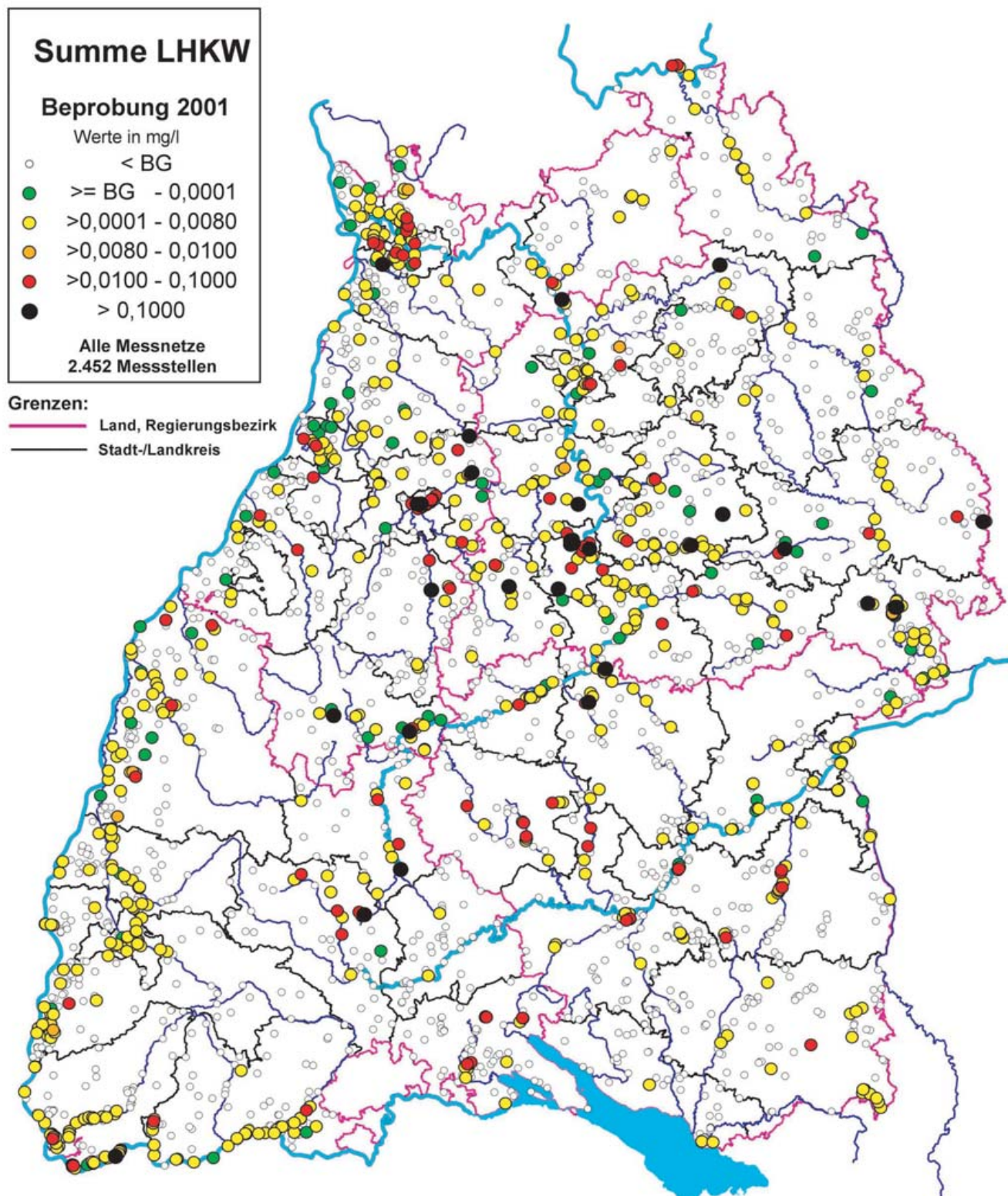


Abb. 15: Konzentrationsverteilung 2001: Summe Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW) nach TrinkwV 1990 (Quelle: LfU, 2002)

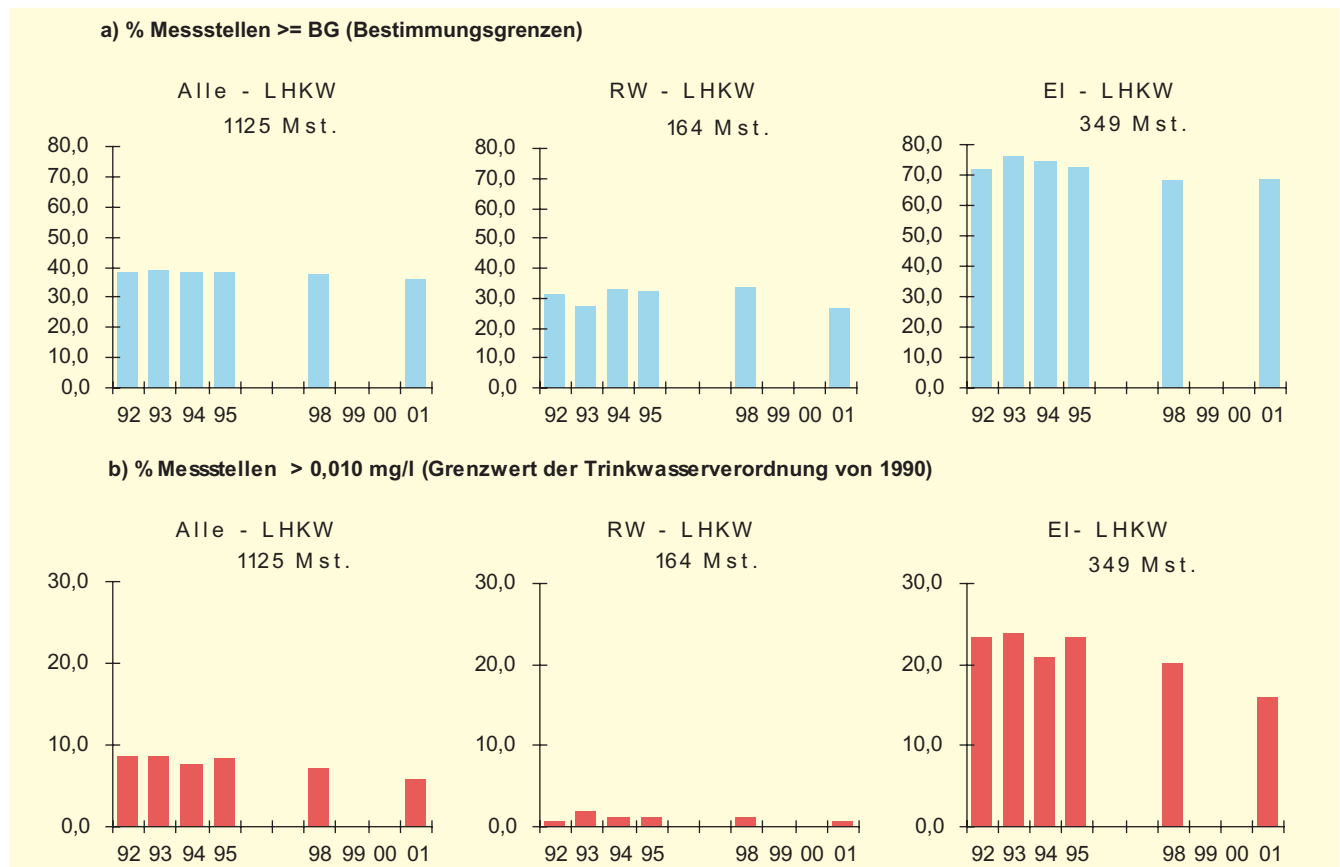


Abb. 16: Prozentuale Überschreitungshäufigkeiten der „Summe LHKW“ nach Trinkwasserverordnung 1990: a) der Bestimmungsgrenzen, b) der Konzentration von 0,010 mg/l (= Grenzwert nach Trinkwasserverordnung); (Datengrundlage: konsistente Messstellengruppen 1992-1995, 1998 und 2001, Alle: Gesamtmessnetz, RW: Rohwassermessnetz, EI: Emittentenmessnetz Industrie, Beprobungszeitraum jeweils September bis Oktober) (Quelle: LfU, 2002)

ruht die Zulassung des Ausgangswirkstoffs Dichlobenil. Diese wurde bis Ende 2004 verlängert.

Die hohen Nachweis- und Grenzwertüberschreitungsquoten von Bentazon und 2,6-Dichlorbenzamid sprechen dafür, die Möglichkeit eines generellen Anwendungsverbots für Bentazon und Diclobenil zu prüfen.

4.2.3 Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW), Chloroform und Vinylchlorid (VC)

Belastungen des Grundwassers mit Leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen (LHKW) treten hauptsächlich unterhalb von Industriestandorten und von Siedlungsgebieten mit Mischgewerbe auf. Die Verwendung dieser Substanzen als Entfettungsmittel in der metallverarbeitenden Industrie und als Reinigungsmittel hat zu beträchtlichen langlebigen, diffusen und lokalen Grundwasseraltlasten geführt. So wurde in der

letzten landesweiten LHKW-Beprobungsrunde 2001 nach wie vor an etwa einem Drittel aller Messstellen mindestens eines der vier LHKW der Summe LHKW nach TrinkwV 1990 gefunden (Abb. 8: LHKW, Abb. 15), an Messstellen im Bereich der Industrie an etwa zwei Dritteln und an einem Fünftel aller Rohwassermessstellen der öffentlichen Wasserversorgung.

Als Einzelstoff wird am häufigsten Tetrachlorethen (Per) gefunden (Abb. 8). Aufgrund der nachlassenden Belastung mit dem Pflanzenschutzmittelwirkstoff Atrazin und dessen Abbauprodukt Desethylatrazin rückt Per erstmals wieder in der Rangfolge vor diese Stoffe. Unter den naturfremden Stoffen weist nur der Komplexbildner EDTA landesweit eine noch höhere Nachweishäufigkeit auf. (Abb. 8, EDTA).

Der Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogrammes von 0,005 mg/l wurde 2001 bei Tetrachlorethen (Per) an 1,7 % der Roh-

wassermessstellen für die öffentliche Wasserversorgung und an 17,6 % der Messstellen in Industriebereichen überschritten. Bei allen Messstellen im Gesamtmessnetz lagen die Warn- und Grenzwertüberschreitungsquoten bei der „Summe LHKW“ 2001 zwischen 5 und 6 % (Abb. 8 LHKW), bei Messstellen im Industriebereich zwischen 16 und 17 % und bei den Rohwassermessstellen zwischen 1,0 und 1,5 %.

Die zeitliche Entwicklung der LHKW-Belastung zeigt Abb. 16. Da bei Spurenstoffen die Betrachtung eines mittleren Wertes keine Aussagekraft hat, wurden jahresweise die Überschreitungshäufigkeiten des Grenzwertes von 0,010 mg/l (Abb. 16 b) sowie der Bestimmungsgrenzen berechnet (Abb. 16 a). Es wurden nur die 1 125 Messstellen verwendet, von denen durchgängig Daten aus den Jahren 1992 bis 1995, aus 1998 und aus 2001 vorliegen.

Bei der „Summe LHKW n. TrinkwV“ liegt der Anteil „aller“ Messstellen mit Konzentrationswerten über der Bestimmungsgrenze zwischen 1992 bis 1995 auf gleichem Niveau von 38 bis 39 %, erst 2001 nimmt er leicht auf etwa 36 % ab (Abb. 16 a: „Alle“). Die Belastung bei den Emittentenmessstellen Industrie (EI) hingegen nahm von 1992-1995 zunächst von 71,6 % in 1992 auf 76,5 % in 1993 und auf 72,8 % in 1994 zu, danach folgt in 1998 und 2001 ein Abfallen auf etwa 68 %. Gründe für die Konzentrationsabnahmen liegen in der Verdünnung durch neugebildetes Grundwasser und auch in mittlerweile greifenden Sanierungsmaßnahmen.

In den LHKW-Hauptbelastungsbereichen mit grenzwertüberschreitenden Konzentrationen von über 0,010 mg/l (Abb. 16 b) sinkt gegenüber den Vorjahren das Belastungsniveau 2001 eindeutig und zwar sowohl im Gesamtmessnetz („Alle“), wie auch bei den Rohwassermessstellen für die öffentliche Wasserversorgung („RW“) und auch bei den Emittentenmessstellen Industrie („EI“).

Deutlich geringer als bei der Summe der LHKW ist die landesweite Belastung mit Chloroform (Trichlormethan) mit einer nur einstelligen Nachweisbarkeitsquote von etwa 8 % (Abb. 8: Trichlormethan, Abb. 17). Nur an drei Messstellen wurde der Warnwert überschritten.

Die Sonderuntersuchung auf das LHKW-Abbauprodukt Vinylchlorid (VC, Chlorethen) an etwa 500 Messstellen ergab eine Nachweisquote von etwa 4 % (Abb. 8: Chlorethen, Abb. 18). VC wurde unterhalb von Alt- ablagerungen, Deponien, Industrieanlagen und Schadensfällen gefunden, meist in hohen Konzentrationen.

4.2.4 Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Erstmals wurden 2001 Untersuchungen auf Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW) und einzelne Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) landesweit durchgeführt. Bei

den MKW, gemessen als Kohlenwasserstoff-Index, ergab sich mit einer Nachweisquote von 0,7 % eine nur geringe landesweite Belastungssituation (Abb. 8: Kohlenwasserstoff-Index, Abb. 19). Dagegen werden die sechs Einzel-PAK nach Trinkwasserverordnung 1990 mit einer hohen landesweiten Nachweisquote – bis zu 5 % – gefunden (Abb. 8: PAK, Abb. 20), hauptsächlich abstromig von Altablagerungen und ehemaligen Deponien. Damit ist die Nachweisquote zwar hoch, aber nicht zweistellig wie bei einigen Pflanzenschutzmitteln und den LHKW. Auch ist die Anzahl der Grenzwertüberschreitungen des Parameters „Summe der sechs PAK nach TrinkwV 1990“ mit weniger als 1 % geringer. Zur landesweiten Belastung trägt hauptsächlich der PAK-Einzelstoff Fluoranthren bei. Jedoch sind andere für die Trinkwasserverordnung nicht relevante PAK-Einzelstoffe, wie z.B. Naphthalin und Phenanthren häufiger zu finden als die sechs PAK-Einzelstoffe nach der Trinkwasserverordnung 1990 (Abb. 8, 21).

4.2.5 Methyl-tertiär-butyl-ether (MTBE)

Methyl-tertiär-butyl-ether (MTBE) ist ein Benzinzusatzstoff, der als Ersatz für umweltschädliche bleiorganische Antiklopffmittel in Deutschland seit Mitte der 80er-Jahre im Benzin enthalten ist. Gelangt MTBE ins Grund- und Trinkwasser so ist es in bereits geringen Konzentrationen geruchs- und geschmacksmäßig wahrnehmbar. Bei den von 1999 bis 2001 durchgeführten Sonderuntersuchungen an 72 ausgewählten, besonders gefährdeten Messstellen wurde MTBE an zwölf Messstellen nachgewiesen, an drei Messstellen mit deutlich erhöhten Konzentrationen bis zu 830 µg/l.

In 2002 wurde MTBE erstmals großräumig im Oberrheingraben und auf den angrenzenden Mittelgebirgslagen an 420 Messstellen untersucht (Abb. 22) und dort im Grundwasser mit der überraschend hohen Quote von 15 % nachgewiesen (Abb. 8: MTBE). Die gemessenen Konzentrationen lagen zwischen 0,05 und 18 µg/l. Die in 2002 gemessenen Spitzenkonzentrationen waren deutlich niedriger als in den

Pilotuntersuchungen der vorangegangenen Jahre. Nur zwei Analysen zeigen in 2002 Gehalte über dem Geruchsschwellenwert von 5 µg/l (Abb. 22). In fast allen Fällen konnte ein Zusammenhang mit ehemaligen oder vorhandenen Tankstellen und Tanklagern hergestellt werden. Positive Befunde gab es sowohl in städtischen Ballungszentren wie auch im ländlichen Raum. Hinweise für einen flächenhaften MTBE-Eintrag aus Kfz-Emissionen über den Luftpfad ins Grundwasser lassen sich aus den Ergebnissen nicht ableiten.

4.2.6 Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksame Substanzen

Seit einigen Jahren sind Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksame Substanzen in der öffentlichen Diskussion, nachdem in Fließgewässern, im Grundwasser und im Trinkwasser in mehreren Fällen Positivbefunde festgestellt wurden. In Kläranlagen können nicht alle dieser Stoffe eliminiert werden, so dass sie mit dem gereinigten Abwasser in die Flüsse gelangen. Bei den von 1998 bis 2000 durchgeführten Sonderuntersuchungen an 22 besonders gefährdeten Messstellen wurden Arzneimittel und das hormonell wirksame Bisphenol A an 19 Messstellen nachgewiesen. Ursachen sind Abwasserversickerungen aus undichten Kanälen und – stromabwärts von Kläranlagen – Grundwasserbeeinflussungen durch infiltrierendes Flusswasser.

4.2.7 Versauerung

Bei der letzten Beprobung in 2002 wurde der pH-Wert von 6,5 (unterer Grenzwert der Trinkwasserverordnung) an 7,4 % der Messstellen des gesamten Messnetzes unterschritten (Abb. 8: pH-Wert). Nahezu alle diese Messstellen liegen im Schwarzwald und Odenwald (Buntsandstein, Kristallin, Rotliegendes) bzw. in den Gebirgsrandbereichen (Täler, Versickerungsbereiche der Schwarzwaldflüsse in der Oberrheinebene, Anmoorbereiche, Freiburger Bucht), wo schwach gepufferte Wässer anzutreffen sind (Abb. 23).

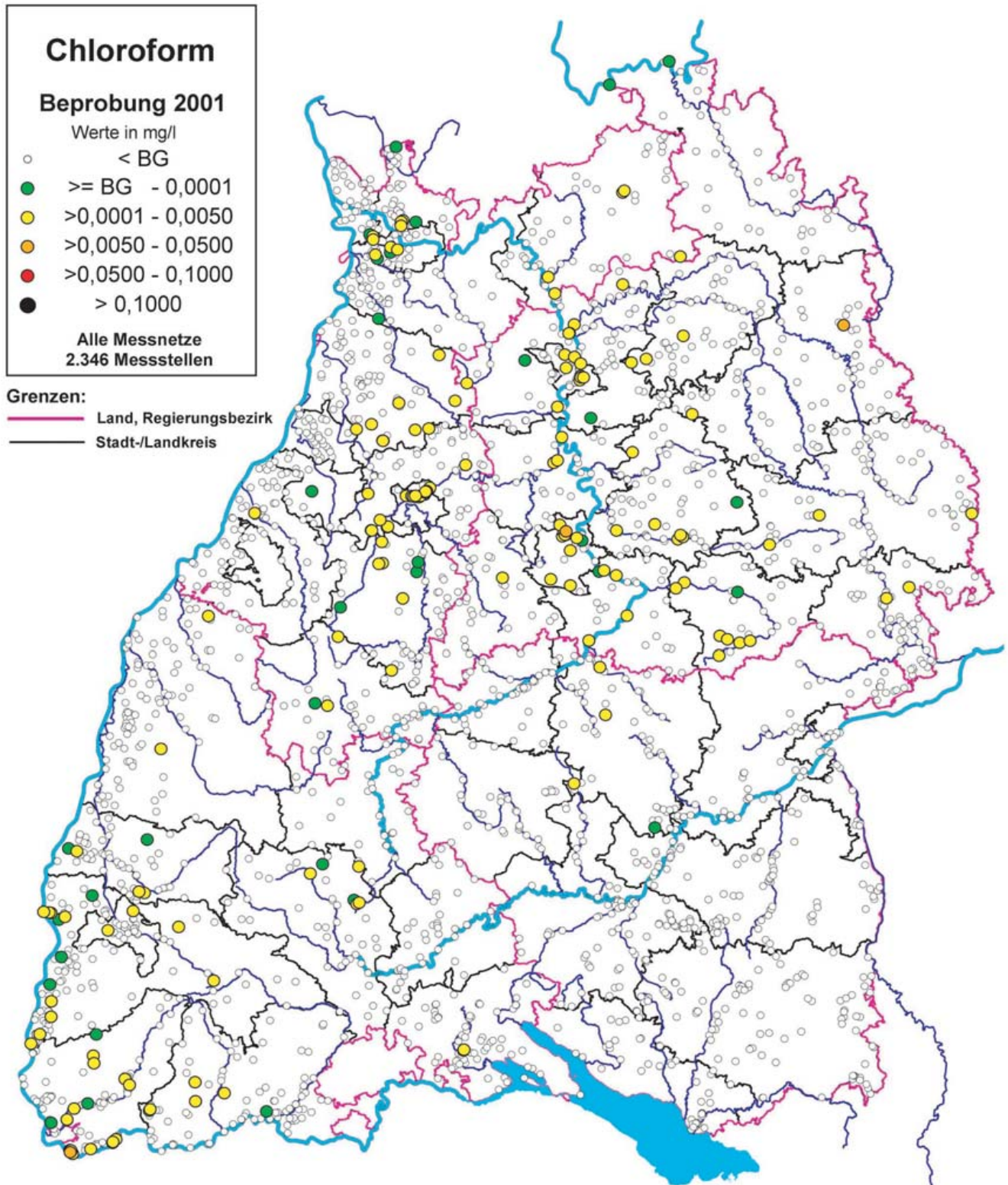


Abb. 17: Konzentrationsverteilung Chloroform (Trichlormethan) 2001 (Quelle: LfU, 2002)

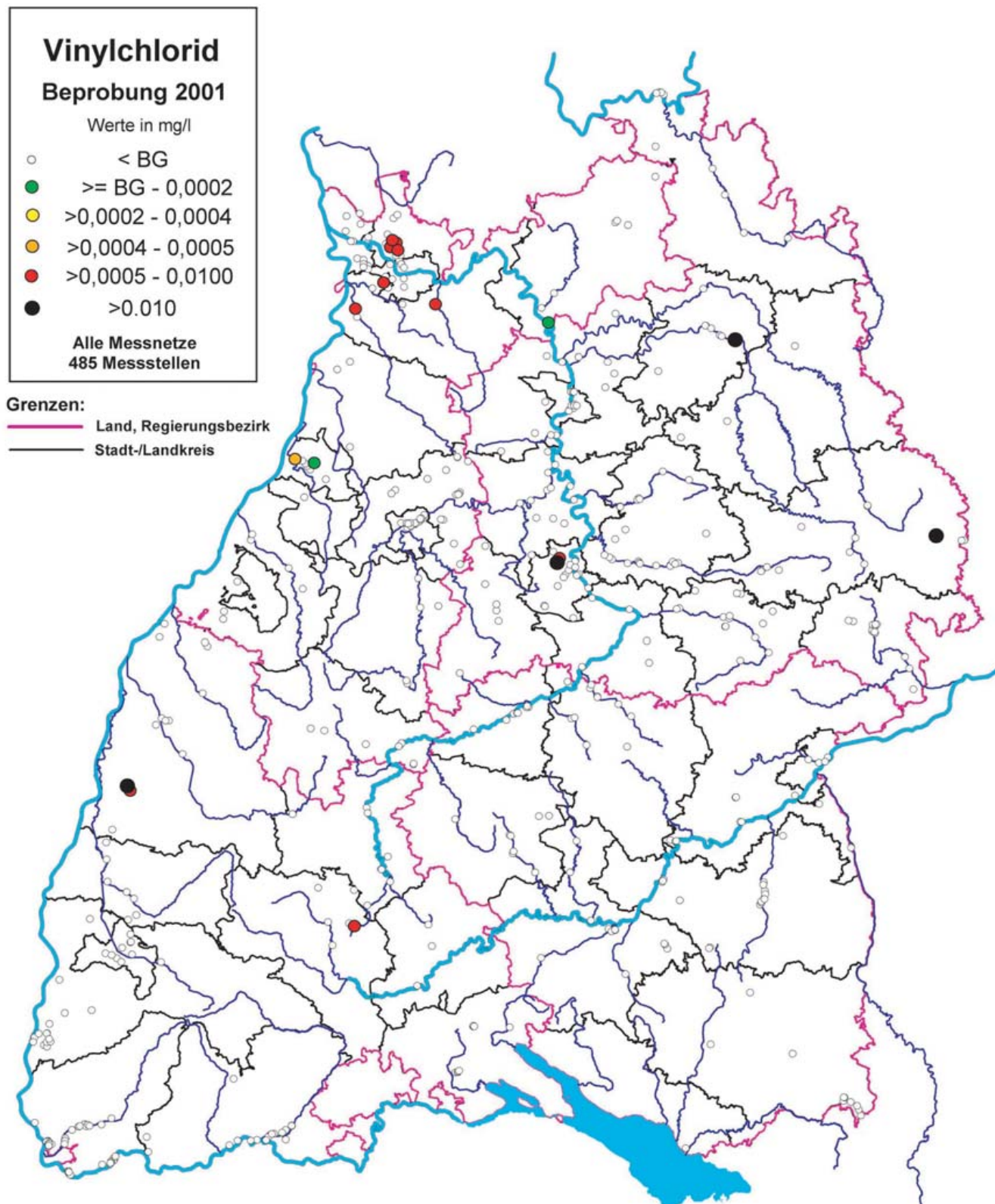


Abb. 18: Konzentrationsverteilung Vinylchlorid (VC, Chlorethen) 2001 (Quelle: LfU, 2002)

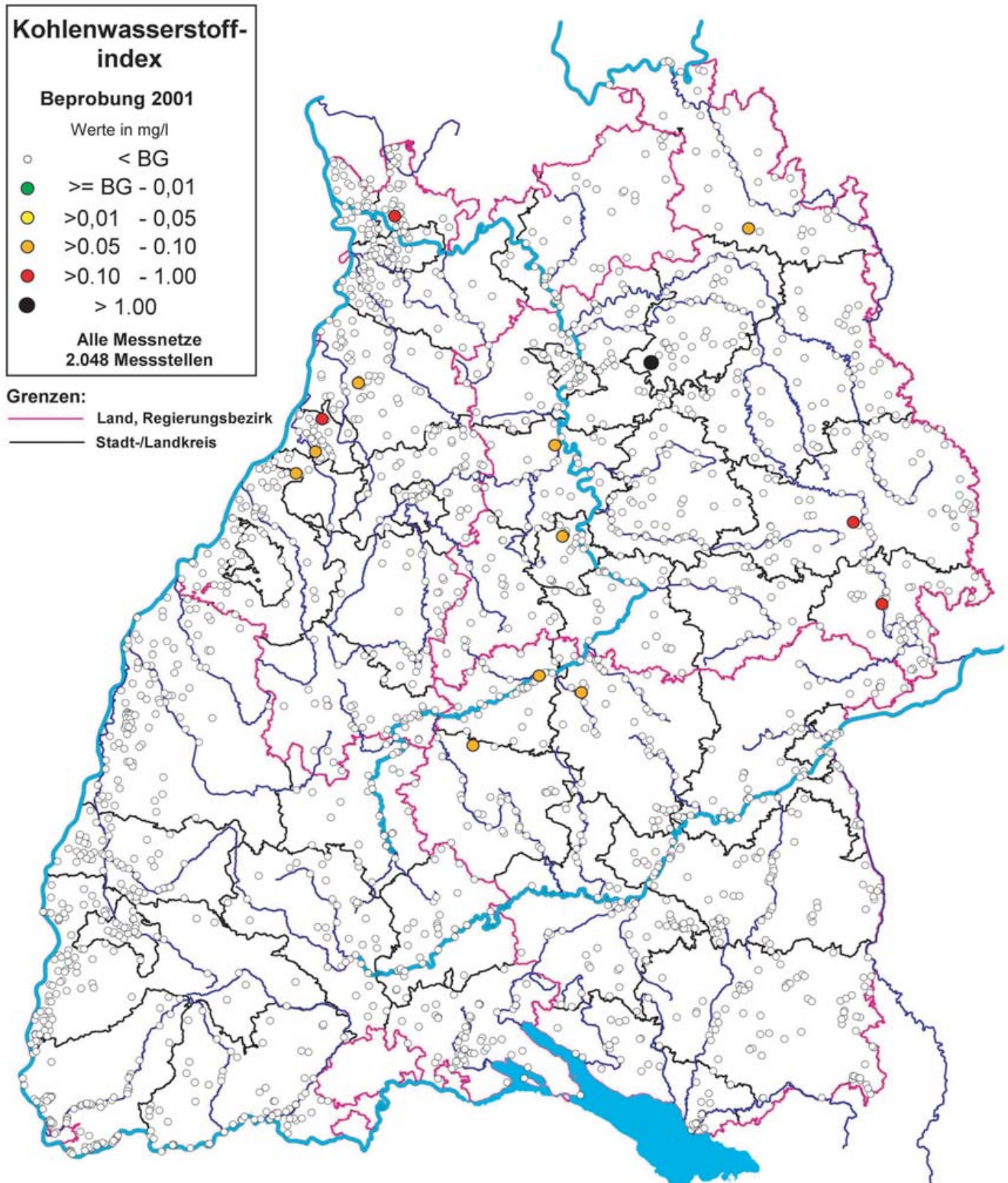


Abb. 19: Konzentrationsverteilung Mineralölkohlenwasserstoffe, gemessen als Kohlenwasserstoffindex 2001 (Quelle: LfU, 2002)

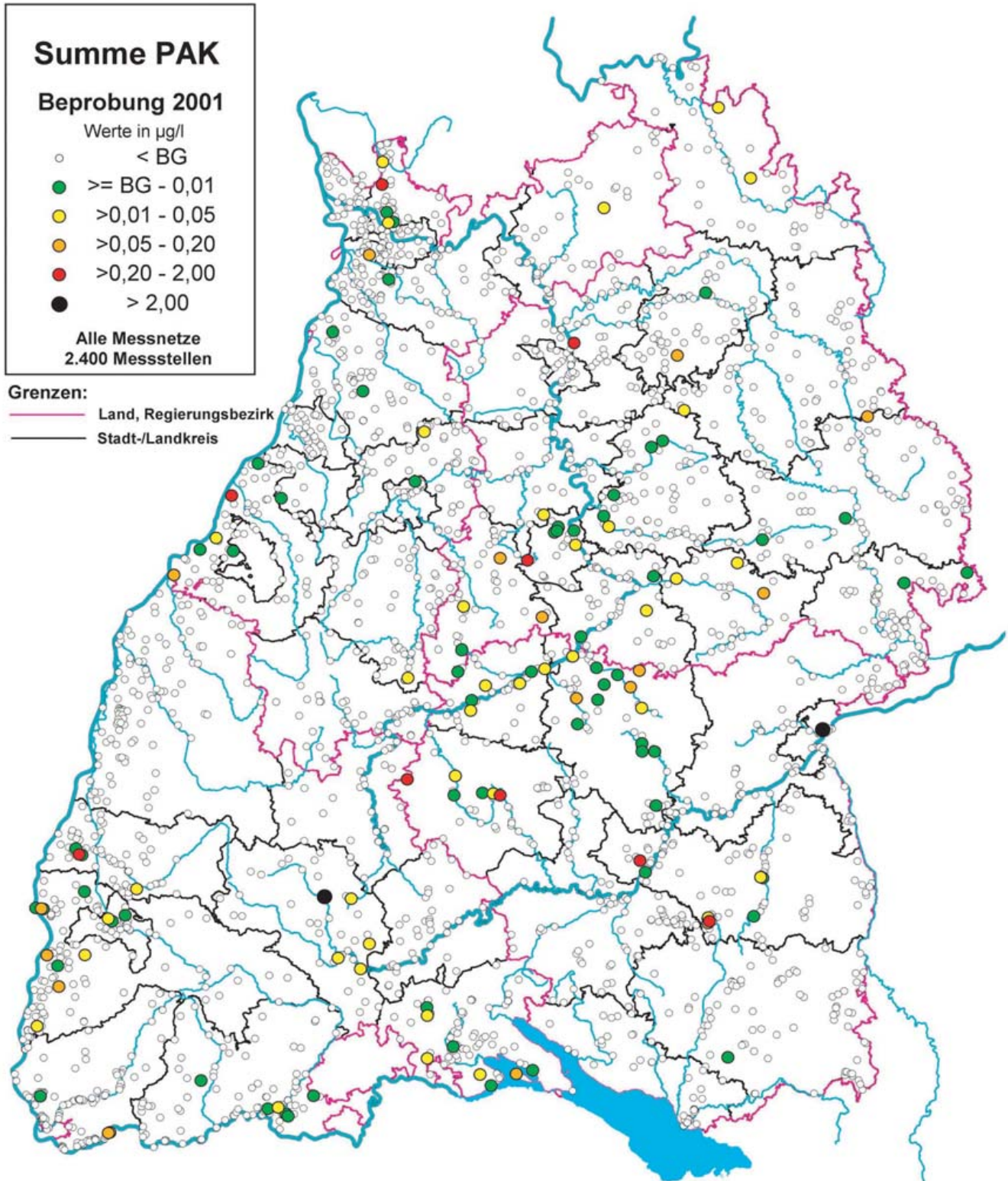


Abb. 20: Konzentrationsverteilung 2001: Summe Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) nach TrinkwV 1990 (Quelle: LfU, 2002)

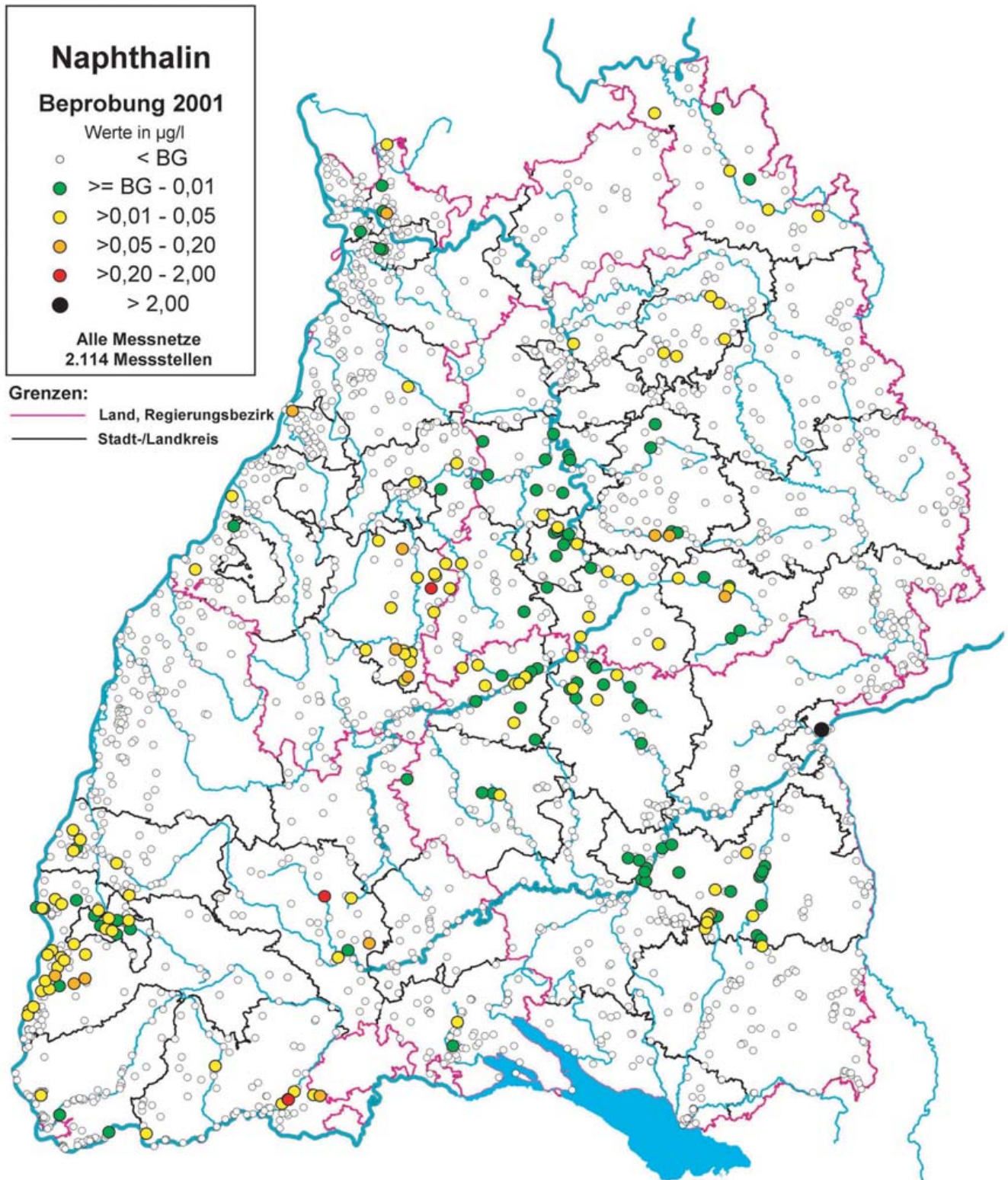


Abb. 21: Konzentrationsverteilung Naphthalin 2001 (Quelle: LfU, 2002)

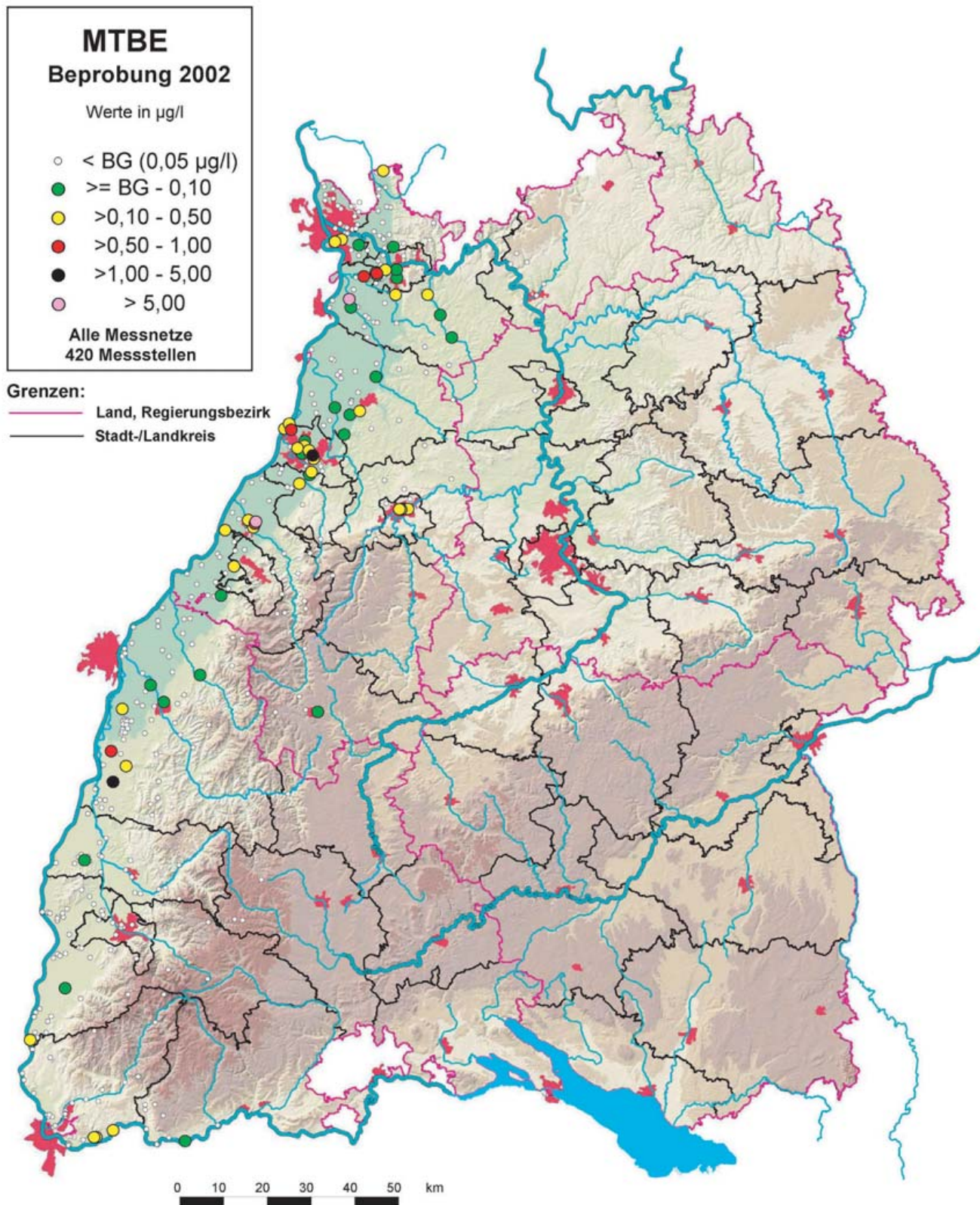


Abb. 22: Konzentrationsverteilung MTBE 2002 (Quelle: LfU, 2003)

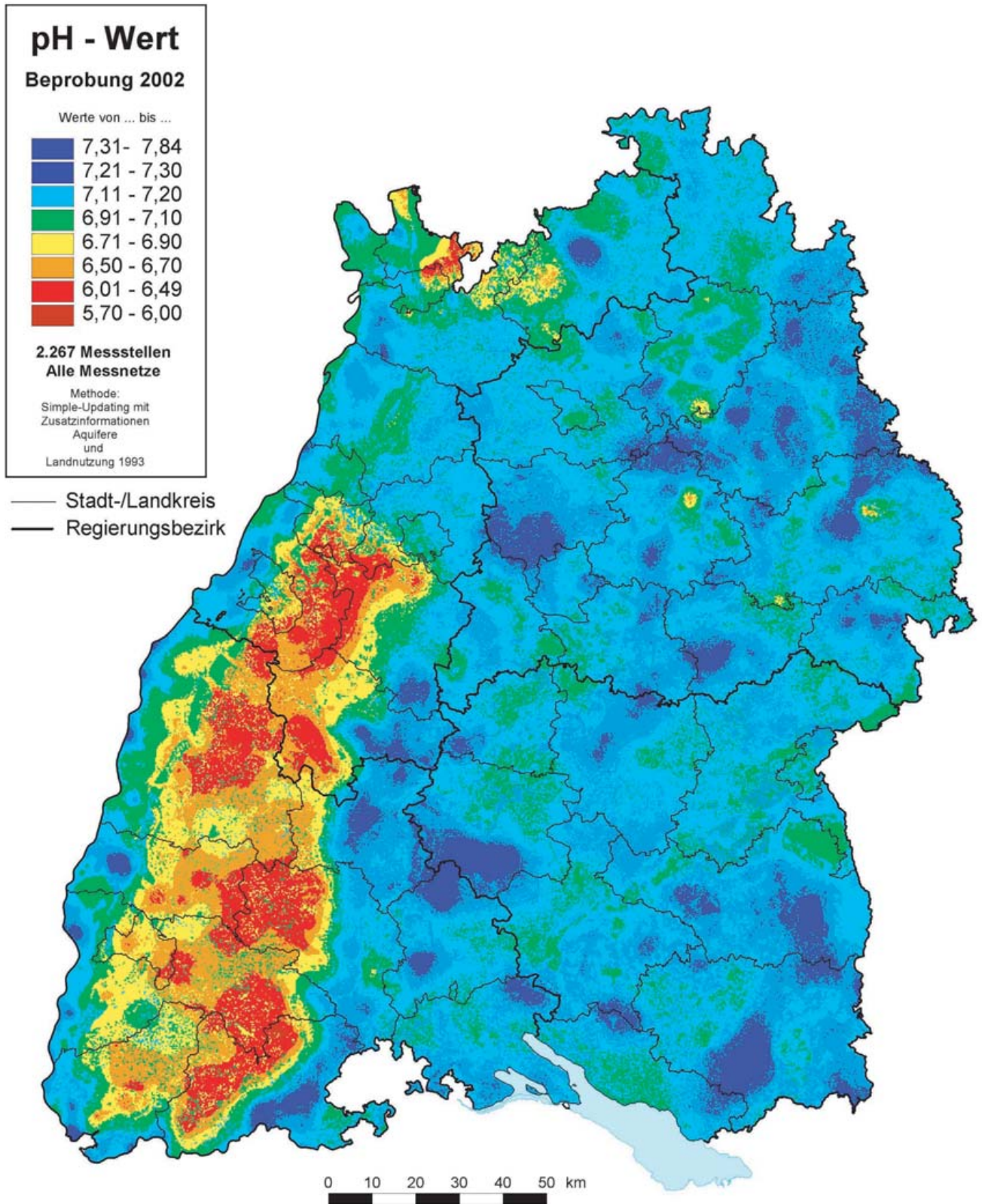


Abb. 23: Konzentrationsverteilung pH-Wert 2002 (Quelle: LfU, 2003)

Insbesondere diese gering mineralisierten Grundwässer sind natürlicherweise und durch den „sauren Regen“ gefährdet. Die zeitliche Entwicklung von 81 durchgehend beprobten Messstellen mit niedrig mineralisierten Grundwässern im Schwarzwald und Odenwald zeigt in 2001 und 2002 eine Stagnation der Versauerungstendenz kurz über dem Grenzwert von 6,5 pH (Abb. 24).

Trotz rückläufiger Säuredepositionen aus Luft und Niederschlag sind weitere Maßnahmen zur Vermeidung von Luftbelastungen notwendig, insbesondere bei den Stickstoffoxidemissionen aus dem Kraftfahrzeugverkehr.

5. Grundwasservorräte

5.1 Allgemeines

Das quantitative Grundwassermessnetz von Baden und Württemberg, seit 1913 betrieben, umfasst rund 3100 Messstellen und ist für die regionale Beobachtung der Grundwasserhältnisse ausgelegt. Der landesweite Überblick über den Zustand und die aktuelle Entwicklung der quantitativen Grundwasserhältnisse wird mit Hilfe von rund 200 Trendmessstellen und rund 20 ausgewählten Quellen gewährleistet. Diese für die Gesamtheit repräsentativen Messstellen wurden vor dem Hintergrund historischer Beobachtungsreihen nach mathematischen und hydrogeologi-

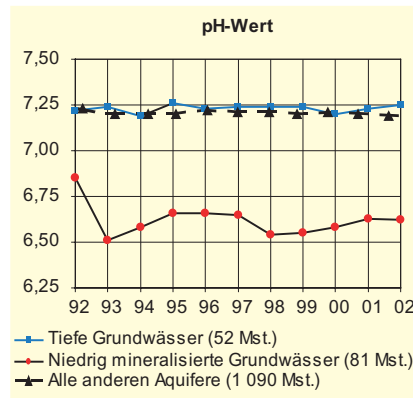


Abb. 24: Entwicklung der Median-pH-Werte für durchgehend beprobte Messstellengruppen, Beprobungszeitraum jeweils September bis November (Quelle: LfU, 2003)

schen Gesichtspunkten bestimmt. Grundwasserstandsmessstellen werden normalerweise wöchentlich montags, Quellen in wöchentlichem bis monatlichem Turnus und Lysimetermessstellen mehrmals wöchentlich beobachtet.

5.2 Grundwasserneubildung aus Niederschlag

Die Grundwasserneubildung aus Niederschlag ist eine der wichtigsten Komponenten des Grundwasserhaushalts. Sie hängt von der jahreszeitlichen, längerfristigen und auch räumlichen Variabilität der Niederschlagsereignisse ab.

In den Jahren 2000 und 2001 waren die landesweit mittleren Jahresniederschläge überdurchschnittlich.

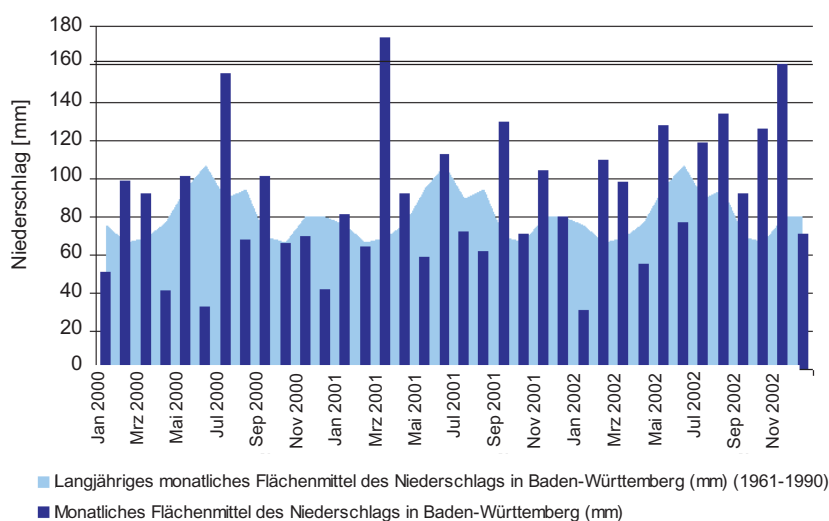


Abb. 25: Flächenmittel des Niederschlags für Baden-Württemberg (Quelle: Deutscher Wetterdienst, Stand: 2002)

Verglichen mit dem Referenzzeitraum 1961-1990 wurden 2000 rund 95 % (leicht unterdurchschnittlich), 2001 jedoch 113 % (überdurchschnittlich) des langjährig mittleren Wertes erreicht. Diese Flächenmittelwerte verbergen starke monatliche Kontraste, beispielsweise außergewöhnlich hohe Niederschläge im Juli 2000 sowie in den Monaten März und September 2001 (Abb. 25). Die geringen Niederschläge im Sommer 2001 führten anschließend zu einem deutlichen Nachlassen der Versickerung. Die starke Versickerung im September 2001 füllte die Grundwasservorräte wieder sichtbar auf. Diese Entwicklung wird am Lysimeter Willstätt im Oberrheingraben deutlich (Abb. 26).

Die Niederschläge beeinflussen wegen der Sickerzeiten durch die Deckschichten meist zeitverzögert die Grundwasservorräte. Die Winterniederschläge in den Monaten Oktober bis April führen zu wesentlich größeren Grundwasserneubildungsraten als die Niederschläge der übrigen sechs Sommermonate. Im Sommer werden normalerweise eher zurückgehende Grundwasserstände beobachtet. Die Schüttung der Quellen mit hohen Anteilen an jungem Grundwasser nimmt besonders stark ab.

Eine weitere wichtige Komponente des Grundwasserhaushalts ist die Neubildung durch Infiltration der oberirdischen Gewässer in das Grundwasser. Umgekehrt werden die oberirdischen Gewässer in Niederungsbereichen und Tälern im Allgemeinen aus dem Grundwasser gespeist. Im Oberrheingebiet infiltrieren die oberirdischen Gewässer außerhalb der Rheinniederung, und innerhalb derselben fließt Grundwasser in die Gewässer hinein.

5.3 Grundwasserhältnisse

Die kurz- und langfristige Entwicklung der Grundwasservorräte wird an repräsentativen Messstellen (so genannten Trendmessstellen) charakterisiert. Abb. 27 stellt Ganglinien ausgewählter Messstellen dar. Der Normalbereich repräsentiert den statistisch zu erwartenden Schwankungsbereich von Grundwasserstand und Quell-

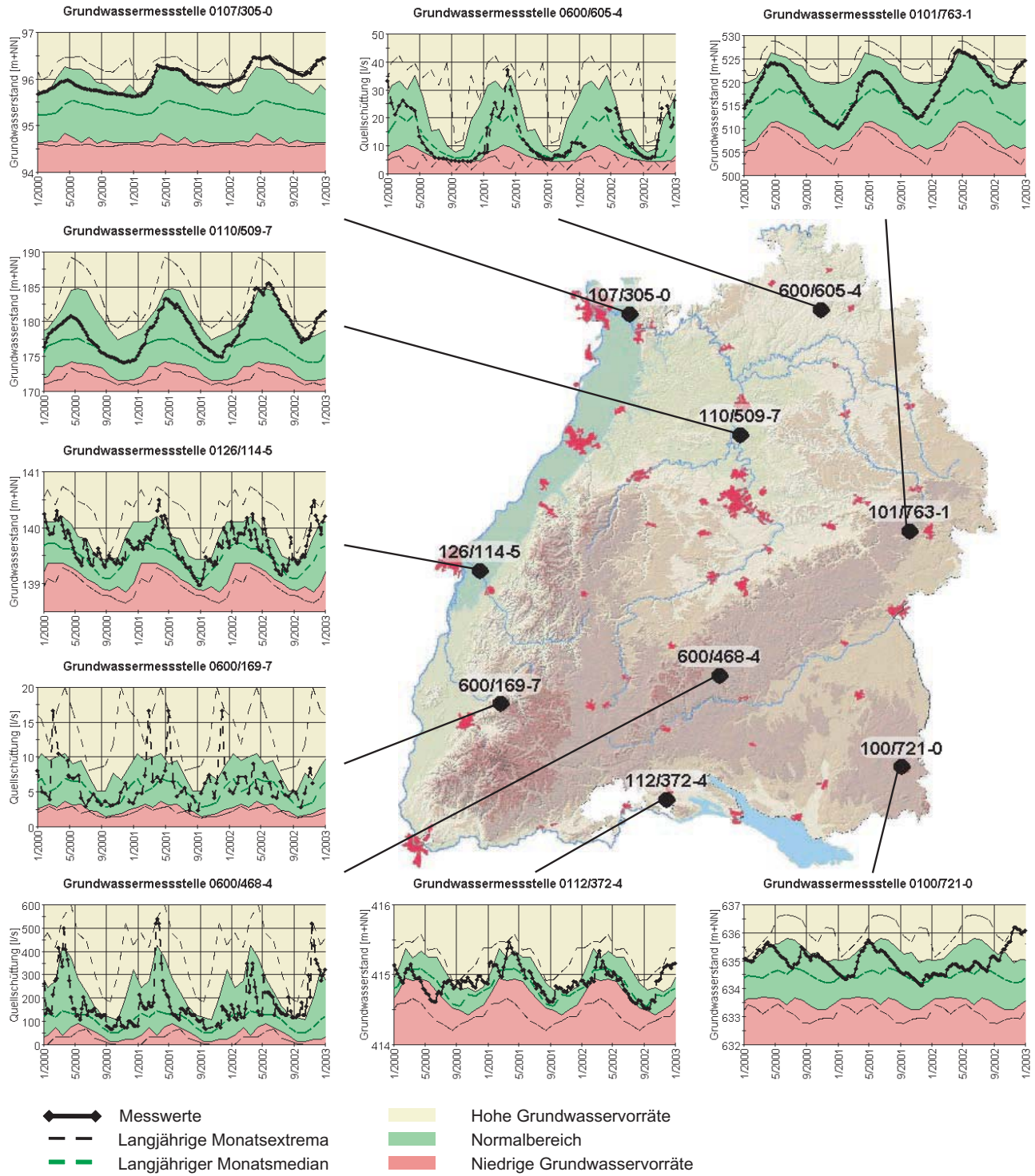
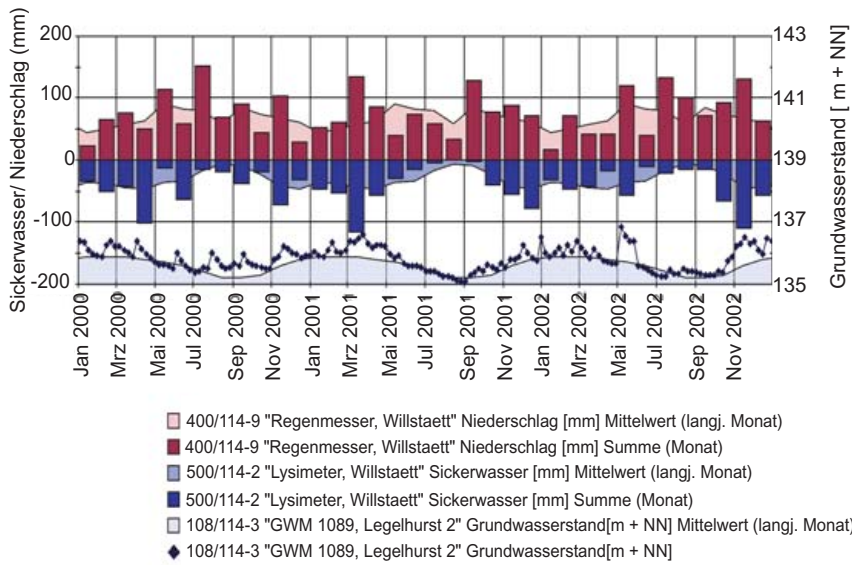


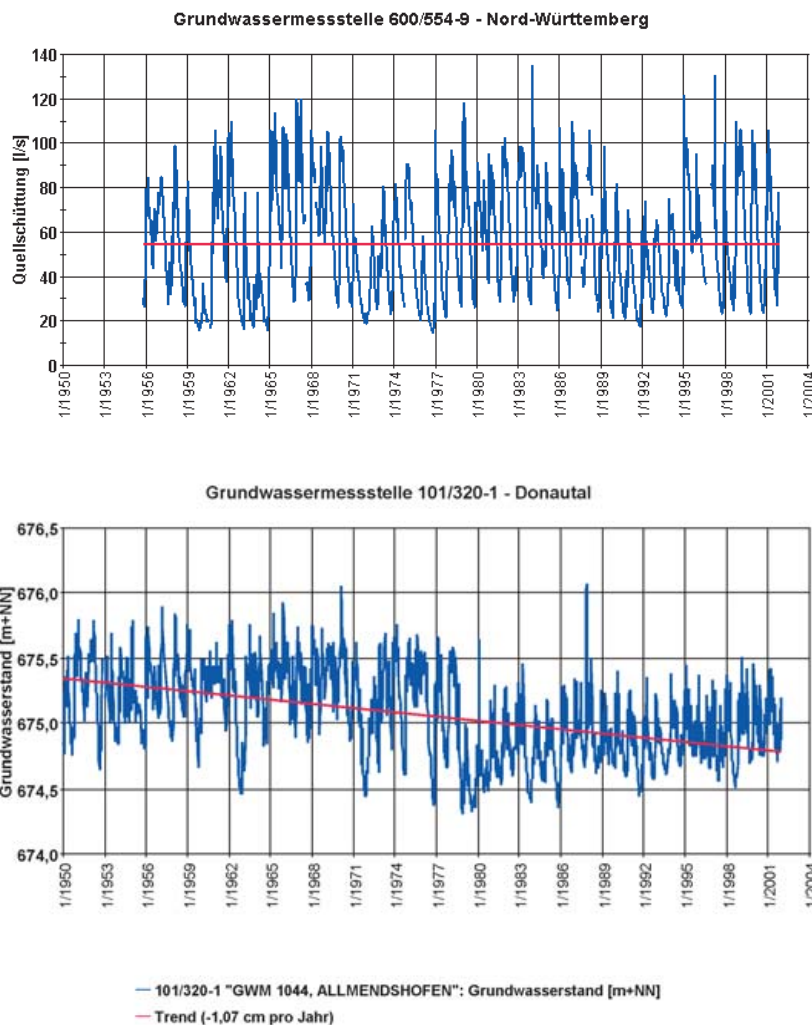
Abb. 26: Grundwasserstand/Quellschüttung und zugehörige Normalbereiche ausgewählter Grundwassermessstellen (Quelle: LfU; Stand 2002)



schüttung in einem Monat. Dieser Bereich wird durch das 90. Perzentil der Monatsmessungen aus 20 Beobachtungsjahren als Obergrenze und durch das 10. Perzentil als Untergrenze definiert. Der langjährige Monatsmedian (20 Jahre) der Einzelmessungen ist als grüne Linie, die Monatsextrima (20 Jahre) sind als gestrichelte Linie dargestellt. Diese Graphiken zeigen die jüngsten Beobachtungen des Grundwassergangs von 2000 bis 2001 im langjährigen Vergleich.

Die Grundwasserstände und Quellschüttungen waren 2000 rückläufig, bewegten sich jedoch aufgrund des zuvor hohen Zustands immer noch auf langjährig leicht überdurchschnittlichem Niveau. Die starken Niederschläge im Sommer haben zur Stützung der Grundwasservorräte beigetragen und konnten die gebietsweise stark rückläufigen Verhältnisse ausgleichen.

Abb. 27: Niederschlag, Versickerung und Grundwasserstand am Lysimeter Willstätt (mittlerer Oberrheingraben) (Quelle: LfU, Stand 2003)



Die quantitativen Grundwasser- verhältnisse im Jahr 2001 sind im langjährigen Vergleich überdurchschnittlich. Im nördlichen Oberrheingraben wurden dabei sehr hohe Grundwasserstände erreicht. Die Grundwasserstände stiegen jedoch auch im Rhein-Neckar-Raum nicht bis auf die historischen Höchstmarken. Kennzeichnend war vielmehr das anhaltend hohe Niveau, das auch zu Vernässungsschäden in dieser Region führte. Dies zeigt die große Bedeutung von langjährigen und regelmäßigen Messungen, ohne die eine sachgerechte Bewertung nicht möglich wäre. Im Illertal hatte sich nach den sehr hohen Grundwasserständen im Jahr 1999 die Situation in 2001 wieder weitgehend normalisiert.

Die kurzfristige Entwicklung (10 Jahre) ist steigend, wobei die mittelfristige (20 Jahre) und die langfristige (50 Jahre) nach wie vor fallend sind. Quellen, deren Schüttung anthropogen unbeeinflusst ist, bewegen sich in diesen Perioden auf nahezu gleichbleibendem Niveau (Abb. 28).

Abb. 28: Ganglinien ausgewählter Grundwassermessstellen mit Trendbetrachtung (Quelle: LfU; Stand 2002)

6. Abwasser

Die Richtlinie der Europäischen Union über die Behandlung von kommunalem Abwasser vom 21. Mai 1991 (91/271/EWG) legt in Artikel 16 fest, dass die zuständigen Stellen oder Behörden der Mitgliedsstaaten alle zwei Jahre einen Lagebericht über die Beseitigung von kommunalen Abwässern und Klärschlamm in ihrem Zuständigkeitsbereich zu veröffentlichen haben. Für das Land Baden-Württemberg beschreibt der aktuelle Lagebericht vom Juli 2003

die Situation für das Jahr 2002. Im Folgenden sind in Auszügen die wesentlichen Inhalte dieses Lageberichts zusammengefasst. Grundlage für den Bericht ist eine Vielzahl von Untersuchungen über die Reinigungsleistung der Kläranlagen, die sich aus der amtlichen Überwachung und der Eigenkontrolle des Anlagenbetreibers zusammensetzen.

6.1 Kommunale Kläranlagen

Derzeit werden in Baden-Württemberg 1 106 kommunale

Abwasserbehandlungsanlagen betrieben. Die Gesamtausbaugröße von 21 Mio. Einwohnerwerten (EW) setzt sich zusammen aus etwa 10 Mio. angeschlossenen Einwohnern (E) und etwa 11 Mio. Einwohnergleichwerten (EGW) von Gewerbe und Industrie sowie Kapazitätsreserven.

Die Ausbaugröße der baden-württembergischen Abwasserbehandlungsanlagen und der aktuelle Stand bei der Entfernung der organischen Belastung, der Stickstoffelimination mit den Teilprozessen Nitrifikation und Denitrifikation sowie bei der Phosphorelimination sind in der Tab. 2 dargestellt.

Größenklasse	Anzahl der Kläranlagen	Summe Ausbaugröße	Anzahl der Kläranlagen, die die Anforderungen einhalten		
EW		EW	CSB	N _{ges}	P _{ges}
< 2000	409	301 487	408	409	409
2000 – 10 000	369	1 828 371	369	369	368
10 001 – 100 000	290	8 945 240	290	285	286
> 100 000	38	9 644 300	38	37	38
Summen	1 106	20 719 398	1 105	1 100	1 101

P_{ges} = Gesamtphosphor N_{ges} = Gesamtstickstoff

Tab. 2: Anzahl und Leistungsfähigkeit der Kläranlagen in Baden-Württemberg (Quelle: LfU, Stand 31.12.2002)

Die Anforderungen, nach denen die Kläranlagen zu betreiben sind, sind im Anhang 1 zur Abwasser-Verordnung vom 15. Oktober 2002 (BGBl. I 2002 S. 4047, ber. S. 4550) formuliert. An größere Anlagen werden dabei strengere Anforderungen gestellt, als sie für kleinere gelten. So bestehen Mindestanforderungen an die Phosphor- (P_{ges}) und Stickstoffreduzierung (N_{ges}) erst für Kläranlagen, die größer als 10 000 EW sind. Zusätzliche Anforderungen, die z. T. auch für kleinere Kläranlagen im Einzugsbereich des Bodensees gelten, enthält die Bodenseerichtlinie.

Bei der Phosphor-Entnahme weisen noch 3 der 328 Anlagen über 10 000 EW Defizite auf. Die zusätzlichen Anforderungen der Bodenseerichtlinie werden zudem von einer Anlage unter 10 000 EW und von einer Anlage über 10 000 EW noch nicht eingehalten.

Auch im Hinblick auf die Stickstoffentnahme wurden große Anstrengungen – vor allem auf den großen Klärwerken – unternommen, um diese entsprechend zu erweitern. Bei 6 Anlagen über 10 000 EW besteht allerdings noch Nachholbedarf.

Die gesamte, den Kläranlagen in Baden-Württemberg zugeleitete Stickstofffracht wird um ca. 69 %, die Phosphorfracht um rund 87 % reduziert. Damit werden in der Summe aus allen Kläranlagen täglich noch rund 56 t Stickstoff und rund 4 t Phosphor in die Gewässer geleitet.

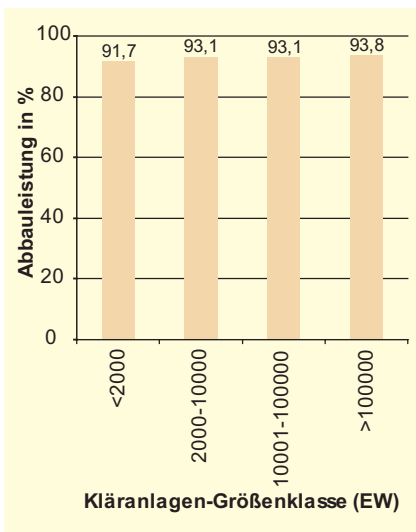


Abb. 29: Abbau der CSB-Fracht unterschiedlich großer Kläranlagen (Quelle: LfU, 2002)

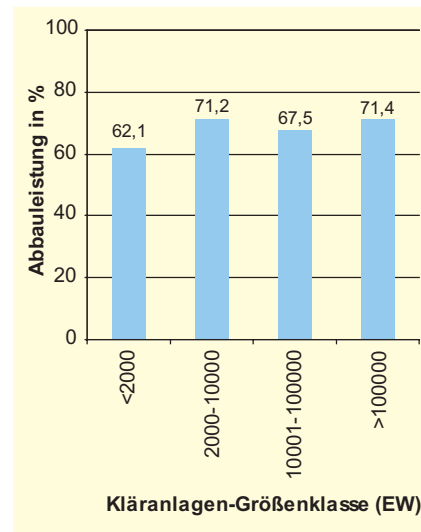


Abb. 30: Abbau der Stickstoff-Fracht unterschiedlich großer Kläranlagen (Quelle: LfU, 2002)

Abwasser

Hauptbestandteile häuslicher und vergleichbarer industrieller Abwässer sind biologisch abbaubare organische Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen. In Kläranlagen werden diese Verbindungen von Mikroorganismen unter Sauerstoffverbrauch zu Wasser, Kohlendioxid und Ammonium abgebaut. In einem weiteren Schritt wird Ammonium unter Verbrauch von Sauerstoff, ebenfalls mikrobiell, zu Nitrat umgewandelt (Nitrifikation).

Falls die Reinigungsleistung der Kläranlage ungenügend oder der Abwasseranteil im Gewässer relativ hoch ist, werden die Abbauprozesse, die in der Kläranlage stattfinden sollen, in das Gewässer verlagert. Übermäßig hohe Konzentrationen mit organischen, leicht abbaubaren Verbindungen und Ammonium führen dort zu einer Belastung des Sauerstoffhaushalts. Besonders empfindlich sind wegen der nur geringen Nachlieferung von Sauerstoff aus der Luft langsam fließende Gewässerabschnitte.

Die nach den Kläranlagen-Größenklassen ausgewerteten Abbauleistungen zeigen die Abb. 29-31: Lediglich beim Phosphorabbau ist eine deutlich höhere Leistungsfähigkeit größerer Anlagen festzustellen. Dagegen zeigen sich beim CSB- und Stickstoffabbau abgesehen von der kleinsten Größenklasse (< 2 000 EW) überraschenderweise keine signifikanten Vorteile großer Anlagen gegenüber Kleineren.

Für die insgesamt nicht befriedigende Abbauleistung kann der auf vielen Kläranlagen hohe Anteil an Fremdwasser ursächlich sein. So zeigt eine Abschätzung über die CSB-Zulaufkonzentration, dass etwa 70 % aller Kläranlagen in Baden-Württemberg einen Fremdwasseranteil von über 50 % haben. Bei der Größenklasse über 100.000 EW trifft das noch auf die Hälfte der Anlagen zu. Vor einem weiteren Ausbau der Kläranlagen sind damit in vielen Fällen Maßnahmen zur Reduzierung des Fremdwassers in den Vordergrund zu stellen.

6.2 Kanalisation und Regenwasserbehandlung

Zu den Frachten aus den Kläranlagen-Abläufen addieren sich die Einträge aus den Regenentlastungs- und Regenwasserbehandlungsanlagen.

Der Ausbau der Regenwasserbehandlung stellt eine wichtige Teilkomponente des Gewässerschutzkonzeptes der Landesregierung dar. Mit dem Bau von Regenbecken wurde bereits in den 70er-Jahren begonnen. Der Ausbaugrad ist auch in den vergangenen Jahren stetig angestiegen (Abb. 32). Das insgesamt in Baden-Württemberg erforderliche Beckenvolumen beträgt ca. 3,6 Mio. m³. Ende des Jahres 2002 waren etwa 3,2 Mio. m³ realisiert, was einem landesdurchschnittlichen Ausbaugrad von ca. 88 % entspricht.

In Baden-Württemberg sind etwa 61 000 Kilometer öffentliche Kanäle verlegt. Rund 77 % davon sind Mischsysteme, in denen Schmutz- und Niederschlagswasser gemeinsam abgeleitet werden. Daneben kommen mit regionalen Schwerpunkten auch Trennsysteme, bei denen Schmutz-

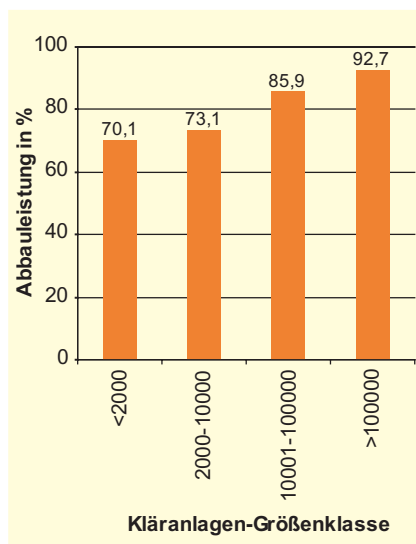


Abb. 31: Abbau der Phosphorfracht unterschiedlich großer Kläranlagen (Quelle: LfU, 2002)

und Niederschlagswasser in separaten Kanalleitungen abgeführt werden, zum Einsatz. Beide Systeme folgen historisch bedingt der Maxime einer schnellstmöglichen Ableitung des auf versiegelten Flächen angefallenen Niederschlagswassers.

Das Land Baden-Württemberg möchte dieser Entwicklung entgegenwirken und mit den Elementen modifizierter Entwässerungsverfahren (z. B. Minimierung der Versiegelung, dezentrale Versickerung, Gründächer, Regenwassernutzung, getrennte Ableitung und Retention von nicht behandlungsbedürftigem Niederschlagswasser) neue Ansätze vorgeben. Insbesondere bei Planung und Erschließung von Neubaugebieten, aber auch bei Entsiegelungsmaßnahmen in bestehenden Baugebieten sollen diese neuen Ansätze auf breiter Basis realisiert werden.

Die Auswirkungen der Bebauung auf den Abfluss der Niederschläge, insbesondere die hydraulische Überlastung von kleinen Gewässern und die Entlastungshäufigkeit von Abwasserkanälen im o.g. Mischsystem, sollen unter angemessener Berücksichtigung des Grundwasserschutzes verringert werden. Dazu wird angestrebt, die durch die Ableitung von Niederschlägen aus Siedlungsflächen erhöhten Spitzenabflüsse in kleinen Vorflutgewässern auch bei weiterer Bebauung nicht weiter anwachsen

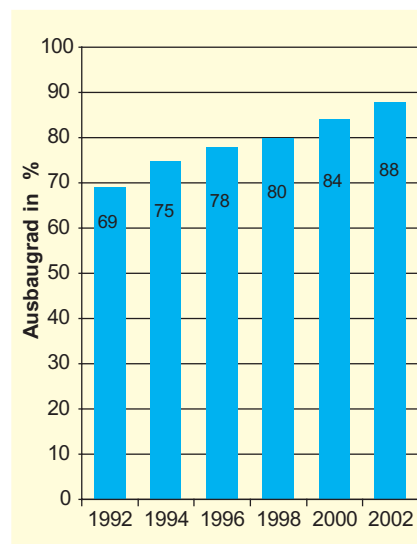


Abb. 32: Entwicklung der Regenwasserbehandlung in Baden-Württemberg (Quelle: LfU, 2002)

zu lassen bzw. wieder zu verringern. Das Auftreten von Hochwasserereignissen in größeren Gewässern kann allerdings durch diese nur lokal wirksamen Maßnahmen in den Siedlungsgebieten nicht in relevantem Umfang beeinflusst werden.

6.3 Dezentrale Entwässerung

Der zielgerichtete und zügige Ausbau der Abwasseranlagen hat zu einem hohen Anschlussgrad an die Kanalisation und an kommunale mechanisch-biologische Abwasserbehandlungsanlagen von über 98 % geführt. Rund 150 000 Einwohner sind noch nicht an kommunale mechanisch-biologische Kläranlagen angeschlossen. Es handelt sich hierbei um Einwohner sehr kleiner Gemeinden, Gemeindeteile oder von Einzelanwesen im ländlichen Raum.

Die Abwässer dieser Einwohner werden oftmals über private Kleinkläranlagen wie naturnahe Verfahren, Pflanzenbeete oder Abwasserteiche und technische Verfahren wie Belebungsanlagen oder Tropfkörper entsorgt. Innerhalb der nächsten 5 bis 10 Jahre sollen hiervon noch etwa 60 000 Einwohner z. B. über kostengünstige Druckentwässerungsleitungen („Pumpe und Schlauch“) an die zentrale Kanalisation angeschlossen werden. Etwa 1 % der Einwohner von Baden-Württemberg

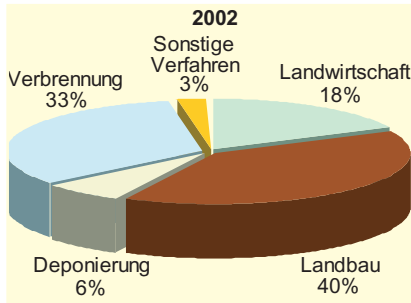


Abb. 33: Verwertung und Entsorgung von Klärschlamm in Baden-Württemberg (Quelle: StaLa, 2002)

werden nach derzeitiger Einschätzung dauerhaft dezentral entsorgt.

6.4 Klärschlamm

In Baden-Württemberg fielen im Jahr 2002 rund 291 000 t Klärschlamm (Trockensubstanz, TS) zur Verwertung bzw. zur Entsorgung an. Die Hauptentsorgungspfade des anfallenden Klärschlammes (Abb. 33) sind:

- Verwendung im Landbau
- Verbrennung
- Landwirtschaftliche Verwertung

Die Vorgaben der TA Siedlungsabfall wirken sich schon heute auf die Ablagerung von Klärschlamm auf Deponien aus. So hat sich der Anteil des in Deponien aufgebrauchten Klärschlammes in den vergangenen Jahren erheblich reduziert. Stattdessen hat die Verbrennung von Klärschlamm in den letzten Jahren einen hohen Anteil erreicht.

Spätestens ab dem Jahre 2005 ist die Deponierung von Klärschlamm nicht mehr zulässig. Deshalb müssen nach heutiger Einschätzung zusätzliche Behandlungskapazitäten geschaffen werden. Zunächst muss der Trockensubstanzgehalt im Klärschlamm erhöht werden. Damit wird das Schlammvolumen verringert und die Möglichkeiten zur weiteren Behandlung (z.B. Verbrennung) verbessert.

Das Land Baden-Württemberg hat sich aus Gründen des vorsorgenden Bodenschutzes für die energetische Verwertung aller Klärschlämme ausgesprochen und fördert entsprechende Maßnahmen.

Modernisierung, Sanierung und Ausbau von Kläranlagen

0,5 Mrd

In Baden-Württemberg sind Kläranlagen entsprechend den gesetzlichen Vorgaben auf die Nährstoffelimination hin auszubauen. Zusätzlich müssen sehr viele Klärwerke, die bereits in den 70er Jahren auf biologische Abwasserreinigung ausgebaut wurden, dringend saniert werden.

Ausbau der Regenwasserbehandlung

0,4 Mrd

Entsprechend den gesetzlichen Vorgaben sind die noch fehlenden Volumina bei den Regenbecken herzustellen. Weiterer Bedarf ergibt sich aus dem Neubau von Zuleitungssammlern auch für Gewerbegebiete

Sanierung von bestehenden Kanälen

1,5 Mrd

Ungefähr 10 000 km (rund 20 % des Kanalnetzes in Baden-Württemberg) sind so schadhaft (Schadensklassen 0, 1, 2 und 3), dass sie zeitnah saniert werden müssen.

Klärschlammbehandlung /-entsorgung

0,3 Mrd

Auf Grund neuer gesetzlicher Vorgaben sowie der allgemeinen Klärschlammbehandlungsproblematik sind die Kläranlagenbetreiber gehalten, die Klärschlammbehandlung den neuen Erkenntnissen anzupassen. Dies bedeutet, dass z.B. zukünftig vermehrt Klärschlamm-trocknungsanlagen mit der Option für eine spätere Klärschlammverbrennung gebaut werden müssen.

Tab. 3: Abschätzung der Kosten für die Abwasserentsorgung in den nächsten Jahren (Quelle: LfU, 2003)

6.5 Investitionen

An förderfähigen Maßnahmen wurden von den Kommunen und Abwasserverbänden im Jahr 2002 für etwa 245 Millionen Euro Investitionen an Kanalisationen, Regenwasserbehandlungsanlagen und Kläranlagen getätigt. Diese wurden zu etwa 40 % staatlich gefördert.

Auch in den kommenden Jahren müssen in die Abwasserentsorgung noch erhebliche Summen investiert werden. Diese geschätzten Kosten sind in Tab. 3 zusammengestellt.

- die Minimierung der Nährstoffbelastung insbesondere im Hinblick auf die Eutrophierung langsam fließender Gewässerstrecken und der Meere,
- die Vermeidung oder zumindest Minimierung der Belastung durch Schadstoffe, das heißt durch Stoffe, die sich bereits in geringen Konzentrationen auf die Biozönose des Gewässers oder auf die Gewässernutzung schädlich auswirken, wie Schwermetalle und viele naturfremde organische Stoffe.

7. Fließgewässer

Abwassereinleitungen, aber auch Einträge aus der Fläche, so genannte diffuse Quellen, beeinträchtigen vielfältig und komplex die Beschaffenheit der Fließgewässer. Ziel des Gewässerschutzes ist es, die hieraus resultierenden Belastungen zu minimieren oder mindestens auf ein unumgänglich notwendiges Maß zu beschränken. Hauptforderungen des Gewässerschutzes hierbei sind:

- ein intakter Sauerstoffhaushalt als Grundvoraussetzung für eine naturgemäße biologische Besiedlung der Gewässer,

7.1 Fließgewässer-Messnetz

Die ständigen Beobachtungsprogramme der Fließgewässerüberwachung in Baden-Württemberg sind auf die genannten Zielsetzungen ausgerichtet. Sie liefern Grundlagen zur Erfolgskontrolle bei der Gewässereinhaltung und zum Erkennen von Handlungsbedarf. Die Überwachung ist Aufgabe der LfU und umfasst Untersuchungen der Fließgewässer

- zu deren biologisch-ökologischem Zustand, um die Wirkungen von Belastungen zu erfassen,
- zu deren physikalisch-chemischem Zustand, um Ursachen und Kausalitäten aufzeigen zu können.

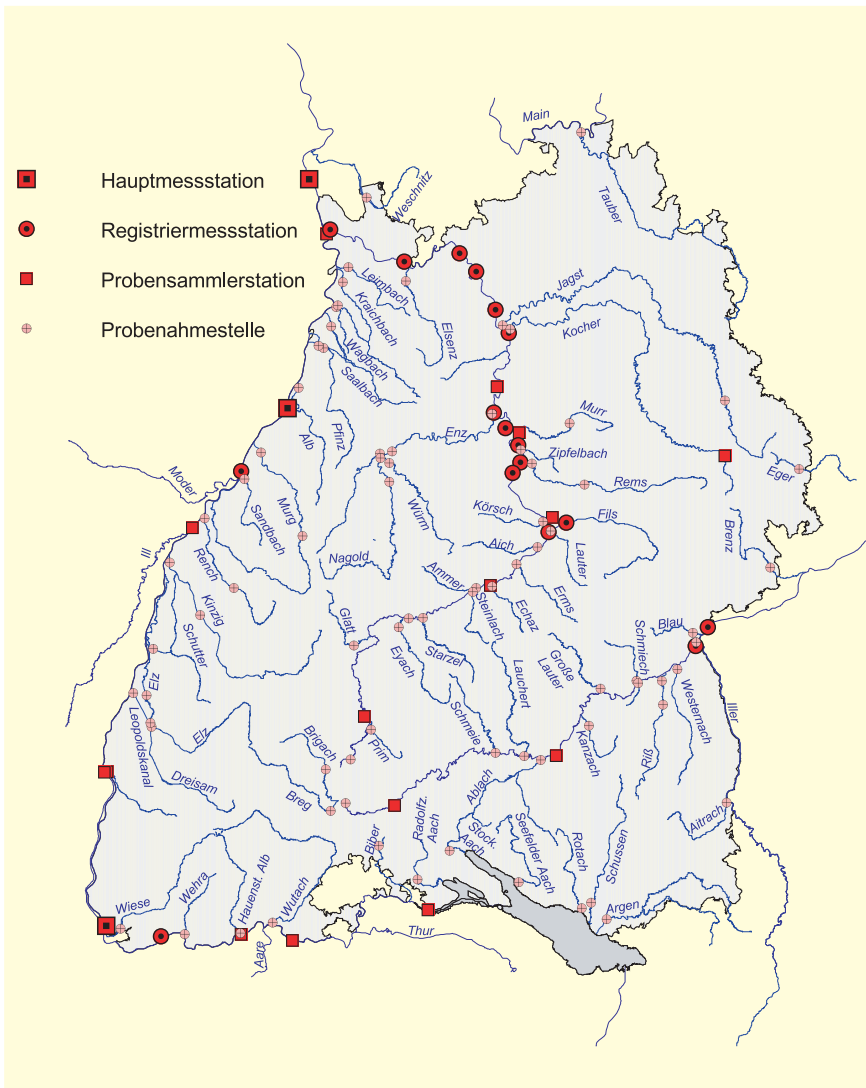


Abb. 34: Messnetz für die chemisch-physikalische Beschaffenheit der Fließgewässer (Quelle: LfU, 2003)

Der biologische Zustand wird an rund 1600 Stellen durch Aufnahme des biologischen Besiedlungsbildes regelmäßig untersucht und in etwa 5-jährigen Abständen kartiert. Das angewandte biologische Verfahren beruht auf der Indikatorfunktion bestimmter Gewässerorganismen. Mit Hilfe dieses Verfahrens wird im Wesentlichen die Sauerstoffversorgung des Gewässers erfasst. Da sich diese Untersuchungen auch auf verhältnismäßig kleine Gewässerläufe erstrecken, kann man regelmäßig einen flächendeckenden Überblick über den biologischen Gütezustand der Gewässer geben.

Das Messnetz zur Erfassung des physikalisch-chemischen Zustandes umfasst insgesamt 110 Messstellen (Abb. 34, Tab. 4). Diese erfassen detailliert die den Sauerstoffhaushalt bestimmenden Kenngrößen und weitere relevante Beschaffenheitsaspekte, wie die Belastung der Fließgewässer mit Nährstoffen, Salzen und Schadstoffen.

Im chemisch-physikalischen Messnetz ist die Untersuchungsintensität an den einzelnen Messstellen je nach der wasserwirtschaftlichen Bedeutung der Gewässer abgestuft. Besonders intensiv werden die großen Flüsse Rhein, Neckar und Donau überwacht. Dort kommen vorwiegend stationäre Einrichtungen für die Probenahme und zum Teil Registeriereinrichtungen zur Kontrolle der Wasserbeschaffenheit zum Einsatz. Zusätzlich werden die Güteverhältnisse von Rhein und Neckar auch durch regelmäßige Messfahrten auf dem Messschiff „Max Honsell“ kontrolliert. Am Rhein betreibt die LfU zusammen mit den Nachbarländern, im Hinblick auf Störfälle und Havarien bei Großchemiebetrieben und durch die Schifffahrt, zudem in Weil, Karlsruhe und Worms, so genannte Hauptmessstationen; diese sind mit zusätzlichen technischen Einrichtungen zur frühen Erfassung kritischer Gewässerzustände ausgestattet. Dort werden kontinuierlich Tagesmischproben gewonnen und zeitnah im Labor mittels Gaschromatographie/Massenspektrometrie auf eine Vielzahl organischer Schadstoffe unter-

Kategorie	Technische Vorgehensweise							Anzahl	Art und Frequenz der Probenahme
	Stichprobe	Automat. Proben-sammler	Regis-trierung von: O ₂ , pH, T _w , Lf	Registrie-rung wei-terer örtl. relevanter Parameter	DFÜ	Beweis-proben kurzer Zeitfrakti-onen	Biomoni-toring, zeit-nahe Erfass. org. Schad-stoffe		
Proben-ahmestellen	X							78	E28
Proben-sammlerstationen		X						16*	M14, E14-E28
Regis-triermessstationen		X	X		X			13*	M14 E14-E28
Haupt-messstationen		X	X	X	X	X	X	3	M14, M1 E14

O₂ = Sauerstoff
T_w = Wassertemperatur
Lf = elektr. Leitfähigkeit

Ex = Einzelprobe x-tägig
Mx = Mischprobe über x Tage

*) davon insgesamt 6 als Stand-by-Messstellen, das heißt nur bei Bedarf untersucht (Rückstellproben)

Tab. 4: Kategorien der Messstellen für die physikalisch-chemische Zustandserhebung entsprechend der technischen Vorgehensweise (Quelle: LfU, 2003)

sucht („Rheinintensivüberwachung“). Darüber hinaus werden in Karlsruhe und Worms zur Früherkennung von Schadstoffwellen kontinuierlich Biotestsysteme betrieben.

Die wichtigsten Zuflüsse der großen Flüsse überwacht die LfU dagegen an mobilen Messstellen, in der Regel an Mündungen. Weiterhin dienen 12 Stellen im Schwarzwald und Odenwald dem Zweck, die Säurezustandsentwicklung im Zusammenhang mit der Deposition von Luftschadstoffen („Gewässerversauerung“) zu beobachten.

Da sie Schadstoffe anreichern können, werden auch Schwebstoffe und Sedimente regelmäßig untersucht.

7.2 Gewässerbeschaffenheit

Als pauschaler Bewertungsmaßstab für den Sauerstoffhaushalt der Fließgewässer hat sich die biologische Gewässergüteklassifikation nach der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) bewährt. Mit deren Hilfe lässt sich das Ausmaß der Beeinträchtigung in 7 Stufen (Güteklasse I: unbelastet bis sehr gering belastet bis Güteklasse IV: übermäßig belastet) einteilen.

Entsprechend hat die LAWA auch für chemische Kenngrößen eine siebenstufige Güteklassifikation erarbeitet, die auf Immissionszielwerten, so genannten Zielvorgaben, beruht. Hierbei hat die LAWA Zielvorgaben für Nährstoffe, Salze und bestimmte Summenkenngrößen im Hinblick auf allgemeine wasserwirtschaftliche Anforderungen festgelegt; für Schadstoffe (Schwermetalle, organische Mikroverunreinigungen) erfolgte eine getrennte Ableitung im Hinblick auf die relevanten Schutzgüter aquatische Lebensgemeinschaft, Trinkwasserversorgung, Fischerei sowie auf Schwebstoffe und Sedimente (1).

Die Fließgewässerbeschaffenheit wird gemäß der Güteklassifikation und den Zielvorgaben nach LAWA bewertet. Bewertet wird – mit Ausnahme der Schwermetalle – auf der Basis der statistischen Kenngröße des 90-Perzentils, also auf demjenigen

Wert, der von 90 % der Werte im Jahr unterschritten wird. Die Schwermetallgehalte werden dagegen anhand der 50-Perzentile (Mediane) im Schwebstoff klassifiziert. Für Kenngrößen, für die es keine Vorgabe der LAWA gibt, werden eigene oder in der Literatur vorhandene Ansätze für die Bewertung zu Grunde gelegt.

Die Ergebnisse werden nach Möglichkeit in Grafiken und Karten in bewerteter Form dargestellt. In den Karten sind in der Regel Punkt- und Banddarstellungen kombiniert. Hierbei ist zu beachten, dass die eingezeichneten Gütebänder der Nebengewässer den Belastungszustand an der Mündung repräsentieren. Die Güteinstufungen weiterer Messstellen mit „Insellage“ werden als farbige Punktsymbole dargestellt. Wie bei der biologischen Gewässergüte ist der Belastungszustand der Gewässer in den Farben blau (unbelastet) bis rot (hoch belastet) wiedergegeben, die eine einfache Zuordnung zu den LAWA-Klassen erlauben. In den Grafiken, die die zeitliche Entwicklung aufzeigen, sind die Verlaufslinien oder Säulen mit entsprechenden Farbbändern hinterlegt.

7.3 Chemisch-physikalische Beschaffenheit

7.3.1 Temperaturverhältnisse

Am Rhein befinden sich zwischen Bodensee und nördlicher Landesgrenze an sechs Standorten Wärmekraftwerke zum Teil mit mehreren Blöcken in Betrieb. Die installierte elektrische Gesamtleistung beträgt 8100 MW (davon 3050 MW mit Kühlturbetrieb), auf die drei deutschen Kraftwerke entfallen davon 5000 (2150) MW. Die Temperaturzunahme des Rheins zwischen Bodensee und Mannheim betrug 2000 und 2001 1,7 bzw. 1,5 Kelvin (K) (Abb. 35).

Am Neckar sind die acht Wärmekraftwerkstandorte alle am schiffbaren Neckar auf einer Strecke von 125 km zwischen Deizisau und Obrigheim gelegen. Die installierte Gesamtleistung beträgt 6900 MW, davon 3400 MW mit Kühlturbetrieb. Die Aufwärmung des gestauten Neckars auf der

Fließstrecke zwischen Deizisau und Mannheim beträgt im Jahresmittel 2001 rund 3,7 K (Abb. 36). Ursache für diese vergleichsweise hohe Aufwärmung war im Wesentlichen die vermehrte Stromproduktion der Neckarkraftwerke, die durch den Stillstand eines am Rhein ansässigen Kernkraftwerks erforderlich wurde.

Insgesamt ist in beiden Flüssen bis Mitte der 90er-Jahre eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Zunahme der Aufwärmung zu beobachten. Seit 1996 ist die Aufwärmung im Rhein deutlich zurückgegangen, im Neckar zeigen sich deutliche Schwankungen der jährlichen Aufwärmung. Diese Schwankungen sind dabei in erster Linie von der erzeugten Energiemenge, aber auch von der Wasserführung und der meteorologischen Situation der einzelnen Jahre abhängig. Am Neckar wurden die Kraftwerksneubauten seit Mitte der 70er-Jahre konsequent mit Kühltürmen ausgerüstet. Daher ist im Neckar die Zunahme des Wärmeeintrags im Gesamtzeitraum trotz beträchtlicher Steigerung der installierten, elektrischen Leistung um das etwa 2,5-fache vergleichsweise gering.

7.3.2 Biologisch abbaubare Abwasserinhaltsstoffe und Sauerstoffverhältnisse

Die Belastung der Fließgewässer mit biologisch leicht abbaubaren Verbin-

Wassertemperatur

Die Wassertemperatur beeinflusst nahezu alle physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse und ist daher für die Beschaffenheit der Gewässer eine wichtige Kenngröße. Sie ist eine der steuernden Größen für die ökologische Längszonierung der Fließgewässer.

Für die Gewässerbeschaffenheit ist insbesondere die Beschleunigung sauerstoffzehrender Abbauprozesse mit zunehmender Temperatur bei gleichzeitig herabgesetztem Sauerstoff-Lösungsvermögen von Bedeutung.

Der Jahresgang der Strahlung und die Lufttemperatur bestimmen im Wesentlichen den Jahresrhythmus der Temperatur. Im Rhein und Neckar beeinflussen allerdings die Kühlwassereinleitungen von Wärmekraftwerken das Ausmaß der Schwankungen und die Extremwerte mit.

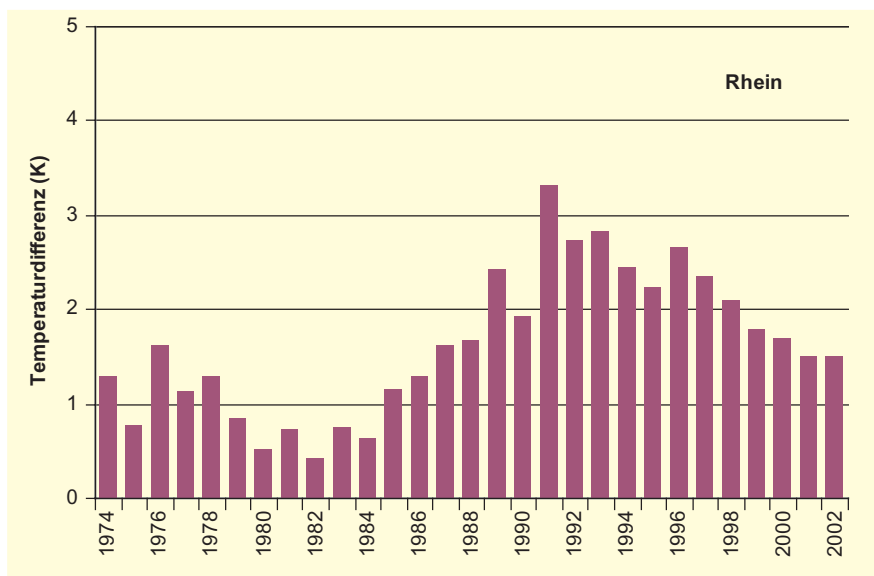


Abb. 35 Aufwärmung des Rheins zwischen Öhningen und Mannheim (Quelle: LfU, 2003)

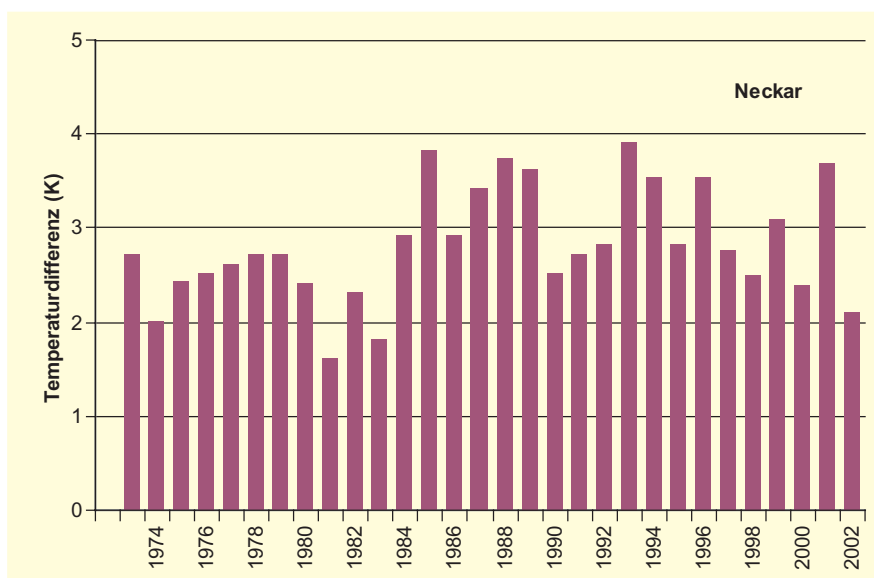


Abb. 36: Aufwärmung des Neckars zwischen Deizisau und Mannheim (Quelle: LfU, 2003)

dungen wird durch die Messung des Biochemischen Sauerstoffbedarfs (BSB₅) in fünf Tagen charakterisiert. Zur Charakterisierung ebenfalls gut geeignet und gebräuchlich ist der gelöste organische Kohlenstoffgehalt (DOC). Durch die heute weitestgehend verwirklichte mechanisch-biologische Abwasserreinigung werden die leicht abbaubaren Kohlenstoffverbindungen in den Kläranlagen um rund 95 % abgebaut, bei entsprechender Steuerung des Kläranlagenbetriebs wird auch das Ammonium um etwa 90 % reduziert. Die Gewässer sind daher mit leicht abbaubaren Verbindungen überwiegend nur noch gering bis mäßig belastet.

Höhere BSB₅-Belastungen weisen vorwiegend Gewässer auf, die einen hohen Abwasseranteil aufzunehmen haben. Die höchsten Belastungen, entsprechend einer deutlichen Belastung (Klasse II-III), werden im Schutterkanal und im Leimbach, Kraichbach, Kriegbach, Wagbach, Saalbachkanal und in der Weschnitz sowie in Prim, Steinlach, Körsch, im Zipfelbach und in der Riß vorgefunden (Abb. 37).

Die Klassifikation der Belastung mit Ammonium nach LAWA wird in der Regel durch die im Winter auftretenden Spitzenkonzentrationen bestimmt. Während der kalten Jahreszeit ist die Nitrifikation in den Kläranlagen stark gehemmt, was höhere Ammoniumablaufwerte zur Folge

hat. Die Ammoniumgehalte in der übrigen Jahreszeit sind im Allgemeinen deutlich geringer. Die Belastung des Rheins und der Donau ist gering bis mäßig. Im Neckar, der höhere Anteile an gereinigtem Abwasser aufzunehmen hat, ist die Ammoniumbelastung mäßig bis deutlich (Klasse II bis II-III). Dagegen sind in einzelnen Zuflüssen die Ammoniumgehalte deutlich höher. Eine sehr hohe Belastung wird im Wagbach und in der Steinlach (Klasse IV) vorgefunden; der Kriegbach, der Saalbachkanal und die Brigach weisen hohe Ammoniumgehalte (Klasse III-IV) auf (Abb. 38).

Die Belastung mit sauerstoffzehrenden Stoffen ist vergleichsweise gering, der Sauerstoffgehalt überwiegend gut bis zufriedenstellend. So weisen Rhein und Donau gute bis sehr gute Sauerstoffverhältnisse auf. Die Sauerstoffversorgung des gestauten Neckars ist jedoch noch nicht zufriedenstellend. Sie ist wegen des Aufstaus und des vergleichsweise hohen Abwasseranteils bei sommerlichem Niedrigwasser weiterhin instabil und muss bei kritischen Sauerstoffverhältnissen durch Belüftungsmaßnahmen gestützt werden, um ein Absinken des Sauerstoffgehalts auf für Fische kritische Beträge weitgehend zu vermeiden. Die geringsten Sauerstoffgehalte wurden 2001 im Rheinzufuss Wagbach mit Werten unter 5 mg/l beobachtet; diese sind auf die dort hohen Abwasseranteile und das nur geringe Gefälle zurückzuführen.

Die abwasserbedingte Belastung mit organischen Kohlenstoffverbindungen und Ammonium ist an den dargestellten Messstellen von Rhein, Neckar und Donau stark zurückgegangen (Abb. 39, 40). Im Mittel sind die Konzentrationen an gelöstem organischen Kohlenstoff (Dissolved Organic Compounds, DOC) im Rhein und Neckar praktisch halbiert worden. An der Donaumesstelle Ulm ist bei kürzerer Beobachtungszeit der Trend ebenfalls deutlich rückläufig. Noch stärker ist der Rückgang der Ammoniumkonzentrationen in demselben Zeitraum. Im Rhein sind die Konzentrationen im Mittel um 60 %, im Neckar gar um rund 95 % reduziert worden. In der Donau beträgt

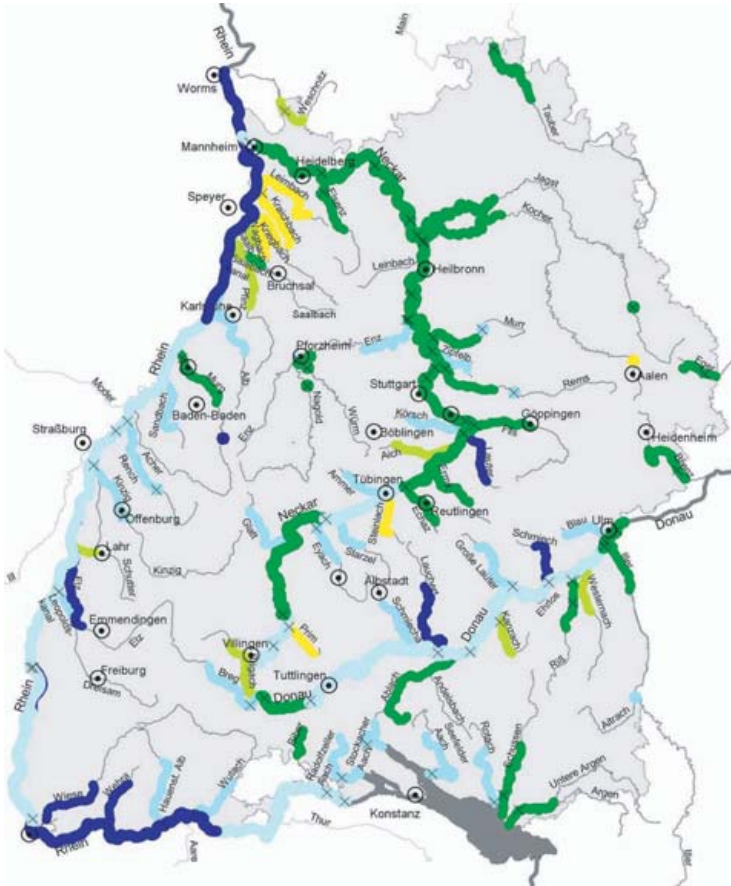


Abb. 37: Belastung der Fließgewässer mit biologisch leicht abbaubaren, sauerstoffzehrenden Verbindungen (gemessen als BSB₅). (Quelle: LfU; Stand 2002)

Güteklassen		BSB ₅ (mg/l) (90-Perzentil)
I	unbelastet	< 1,5
I-II	sehr gering belastet	1,5 - 3
II	mäßig belastet	3 - 6
II-III	deutlich belastet	6 - 9
III	erhöht belastet	9 - 12
III-IV	hoch belastet	12 - 15
IV	sehr hoch belastet	> 15

Tab. 5: Klassifikation zu Abb. 37 (Quellen: LfU, LAWA; Stand 2002)

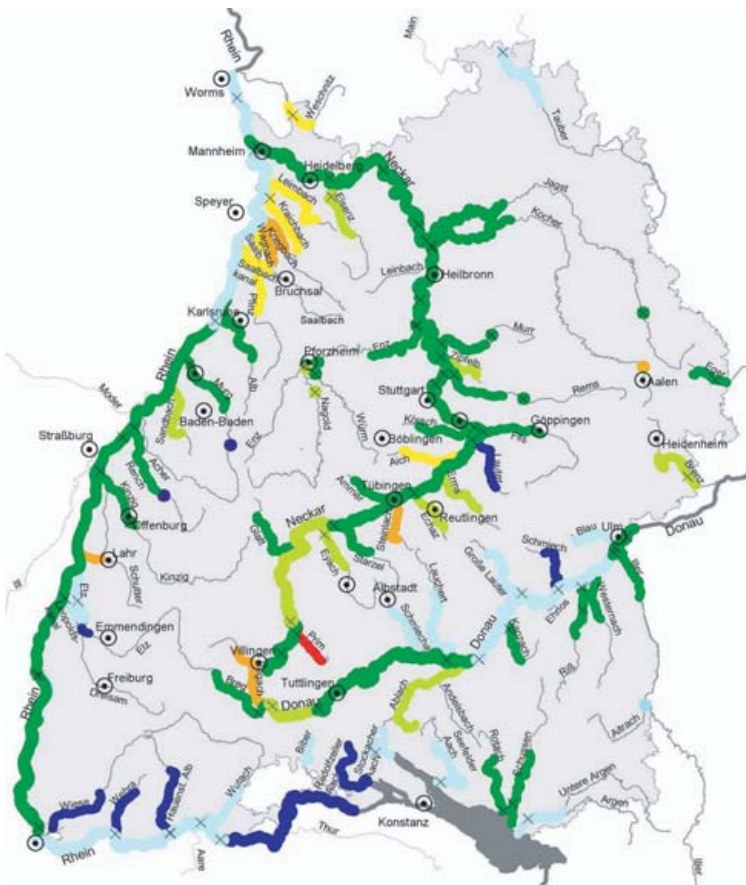


Abb. 38: Belastung der Fließgewässer mit Ammonium (Quelle: LfU; Stand 2002)

Güteklassen		Ammonium_N (mg/l) (90-Perzentil)
I	unbelastet	< 0,04
I-II	sehr gering belastet	0,04 - 0,1
II	mäßig belastet	0,1 - 0,3
II-III	deutlich belastet	0,3 - 0,6
III	erhöht belastet	0,6 - 1,2
III-IV	hoch belastet	1,2 - 2,4
IV	sehr hoch belastet	> 2,4

Tab. 6: Klassifikation zu Abb. 38 (Quellen: LfU, LAWA; Stand 2002)

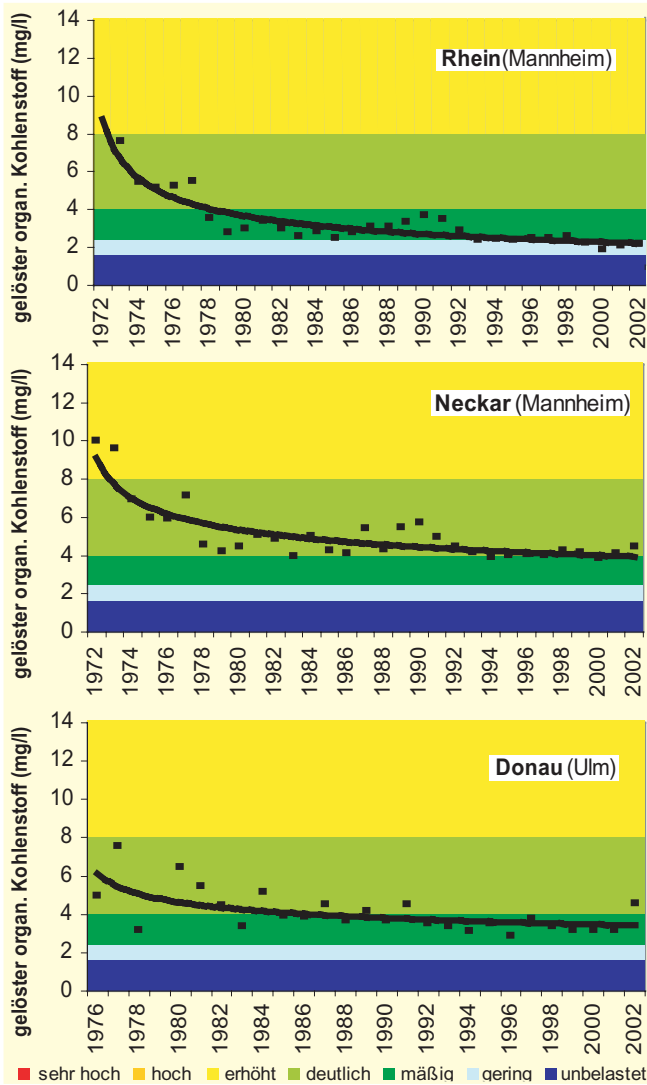


Abb. 39: Entwicklung der DOC-Konzentrationen (90-Perzentile) in Rhein, Neckar und Donau (Quelle und Klassifikation: LfU, 2003)

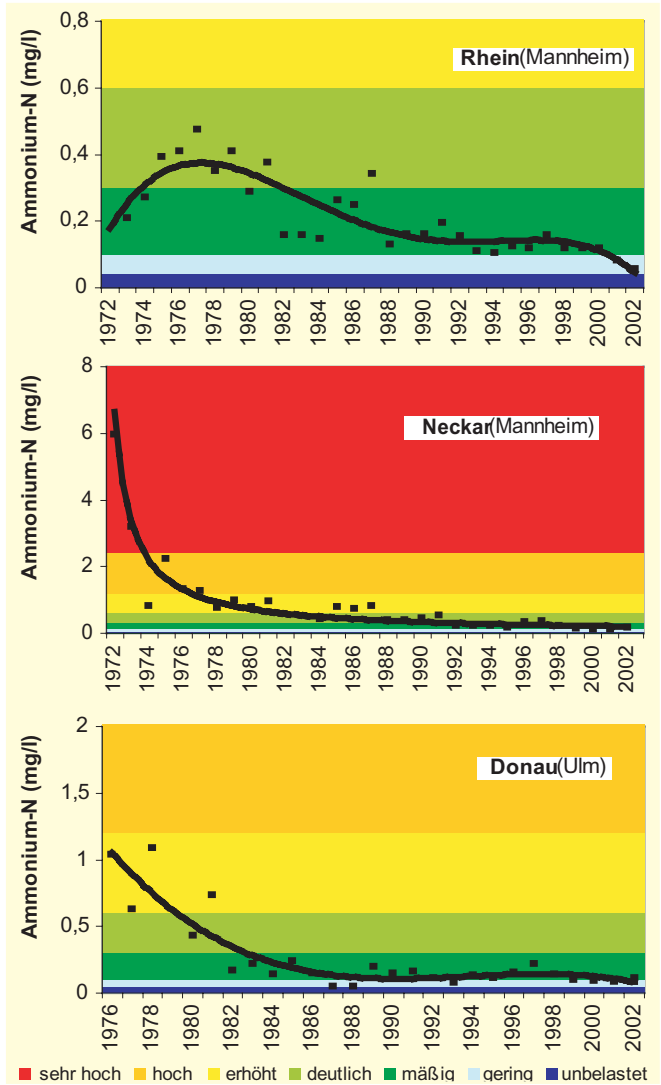


Abb. 40: Entwicklung der Ammonium-Konzentrationen (90-Perzentile) in Rhein, Neckar und Donau (Quelle: LfU, 2003)

der Rückgang etwa 80 %. Ähnlich stark ist auch die Abnahme mit sauerstoffzehrenden, leicht abbaubaren Stoffen gemessen als BSB₅ (im Neckar um mehr als 80 %, im Rhein um 65 %). Rückläufige Konzentrationen an gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) sind in den Zuflüssen Leopoldskanal, Pfinz, Elsenz und Schmiech zu erkennen. Besonders ausgeprägt ist der Rückgang der Konzentrationen an Ammonium bei den Zuflüssen Schutterkanal, Sandbach, Leimbach, Starzel, Körsch, Kanzach, Riß und Eger (Abb. 41, 42).

Der starke Rückgang von biologisch leicht abbaubaren Stoffen hat eine deutliche Verbesserung der Sauerstoffverhältnisse bewirkt. Erreicht wurde dies durch den konsequenten Ausbau der Abwasserbehandlung bei Kommunen und Industrie sowie

durch die weitgehend ausgebaute Regenwasserbehandlung.

7.3.4 Nährstoffe

Die Nitrat- und Phosphatkonzentrationen der Fließgewässer sind gegenüber dem natürlichen Zustand überwiegend deutlich erhöht (Abb. 43, 44).

Die Nitratkonzentrationen des Hochrheins vom Auslauf des Bodensees bis Küssaberg-Reckingen sind aufgrund des „Oberlauf“-Charakters als gering belastet einzustufen. Eine mäßige Belastung wird im weiteren Oberrhein vorgefunden. Die Zuflüsse in den Bodensee sind deutlich belastet. Die wasserreichen Zuflüsse aus dem Schwarzwald weisen nur vergleichsweise geringe Abwasseranteile auf; die Einzugsgebiete werden zum größten Teil forstwirtschaftlich

genutzt, deshalb sind hier die Nitratbelastungen weitgehend gering bis mäßig. Dagegen sind in den landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten, infolge der Düngenanwendung, die Nitratkonzentrationen wesentlich höher. Auch aus den Abwässern gelangt Nitrat unmittelbar oder als Folge des mikrobiellen Umbaus von Ammonium zu Nitrat in beträchtlichen Mengen in die Flussläufe. Entsprechend weisen die Donau eine mäßige bis deutliche (Klasse II bis II-III) und der Neckar eine deutliche (Klasse II-III) bis streckenweise erhöhte (Klasse III) Nitratbelastung auf. In den Donau- und Neckarzuflüssen werden deutliche bis erhöhte Nitratbelastungen festgestellt. Der Schutterentlastungskanal weist eine hohe Nitratbelastung auf, aber auch die Steinlach; die Körsch und der Leopoldskanal weisen gerade noch erhöhte Belastungen

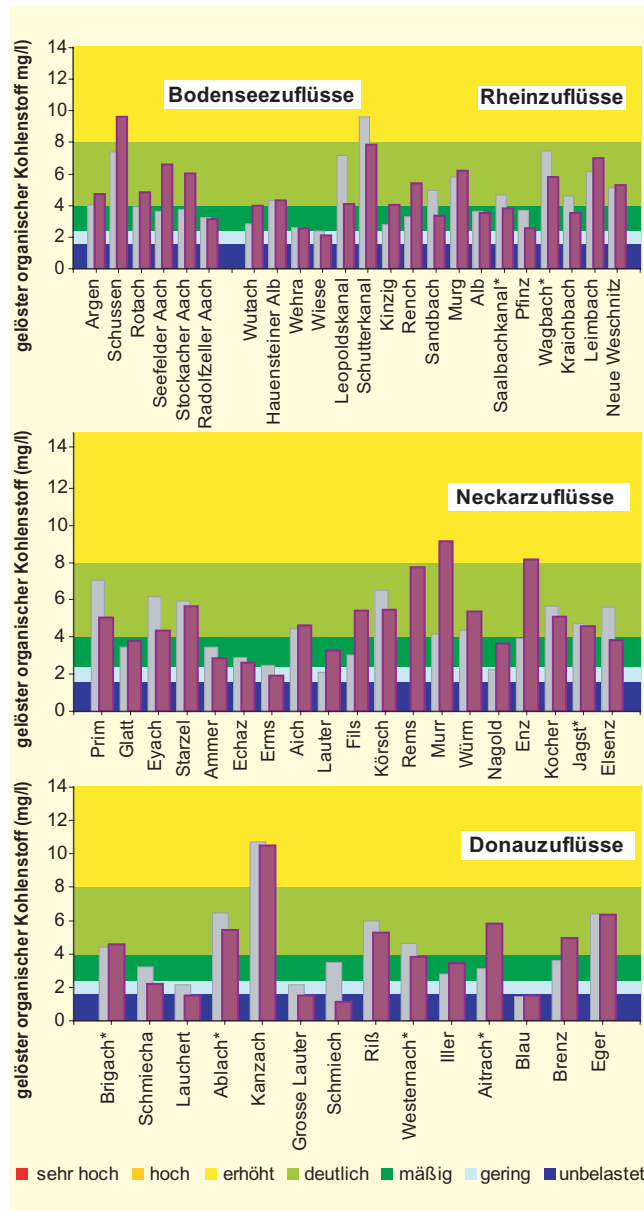


Abb. 41: Vergleich der DOC-Konzentrationen 1994 (*1995) und 2002 in den Zuflüssen von Rhein, Neckar und Donau (Quelle: LfU, 2003)

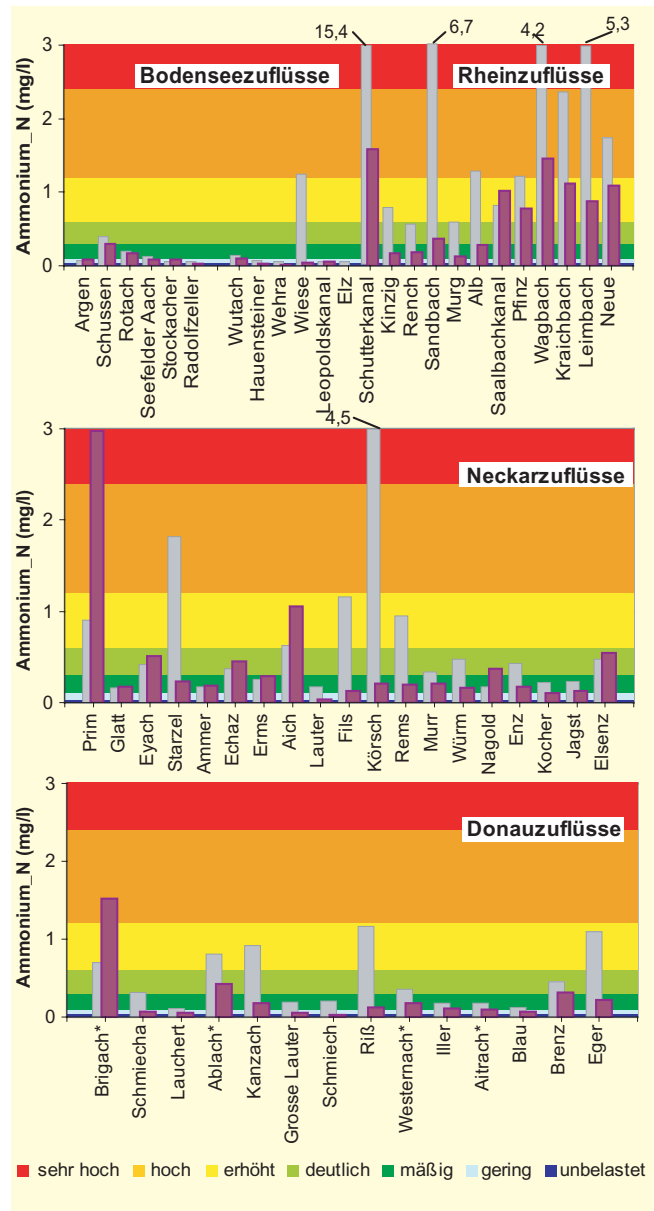


Abb. 42: Vergleich der Ammonium-Konzentrationen 1994 (*1995) und 2002 in den Zuflüssen von Rhein, Neckar und Donau (Quelle: LfU, 2003)

Pflanzennährstoffe

Hohe Konzentrationen der Stickstoffverbindungen Nitrat und Ammonium sowie von Phosphat fördern als Pflanzennährstoffe das Wachstum von Algen und anderen Wasserpflanzen und können zu einer übermäßigen Produktion pflanzlichen organischen Materials führen (Eutrophierung). Der Abbau des vermehrt gebildeten organischen Materials belastet den Sauerstoffhaushalt der Gewässer, insbesondere in gestauten und sehr langsam fließenden Abschnitten. Man bezeichnet das durch die erhöhten Nährstoffkonzentrationen übermäßig gebildete organische Material daher auch als Sekundärverschmutzung.

auf. Diese Zuflüsse haben besonders hohe Abwasseranteile aufzunehmen. Die Phosphatbelastung wird im Wesentlichen durch den Eintrag über Kläranlagen bestimmt, so dass hier ein deutlicher Zusammenhang zum Abwasseranteil des Gewässers besteht. Der Rhein und die meisten Zuflüsse aus dem Schwarzwald sind mit Phosphor entsprechend nur gering bis mäßig belastet. Zwischen Bodensee und Reckingen ist der Rhein gar als unbelastet (Klasse I) einzustufen. In den Bodenseezuflüssen wird aufgrund der verschärften Anforderungen zur P-Elimination zum Schutz des Bodensees ebenfalls eine geringe (Klasse I-II) bis

mäßige (Klasse II) Belastung erreicht. Auch die Donau und ihre Zuflüsse haben über weite Strecken eine mäßige Belastung. Dagegen ist der Neckar mit seinem deutlich höheren Abwasseranteil fast ausschließlich erhöht belastet (Klasse III). Eine hohe Belastung weist der Neckarzufluss Körsch auf, der Zufluss mit dem höchsten Abwasseranteil. Der Wagbach, der Zipfelbach und die Steinlach haben nur unwesentlich geringere Phosphatbelastungen als die Körsch. Die Nitratgehalte haben bis Ende der 70er-Jahre stetig zugenommen. Während die Nitratgehalte der vergleichsweise gering abwasserbelasteten

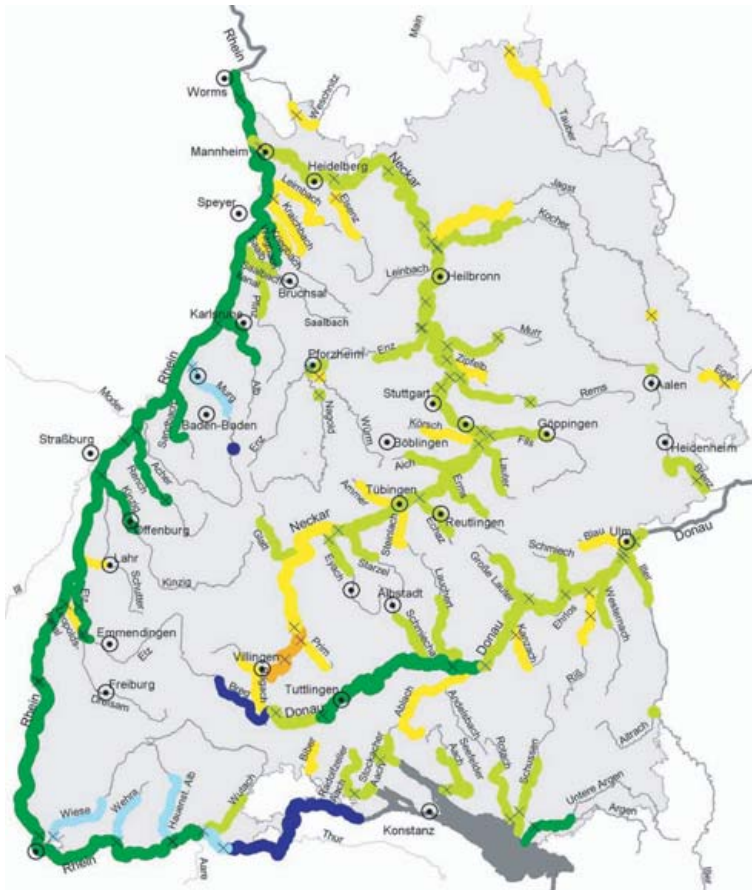


Abb. 43: Belastung der Fließgewässer mit Nitrat (Quelle: LfU; Stand 2002)

LAWA-Güteklassen	Nitrat_N (mg/l) (90-Perzentil)
I unbelastet	< 0,02
I-II sehr gering belastet	0,02 - 0,04
II mäßig belastet	0,04 - 0,1
II-III deutlich belastet	0,1 - 0,2
III erhöht belastet	0,2 - 0,4
III-IV hoch belastet	0,4 - 0,8
IV sehr hoch belastet	> 0,8

Tab. 7: Klassifikation zu Abb. 43 (Quelle: LAWA; Stand 2002)

Flüsse Rhein und Donau seither auf mäßig erhöhtem Niveau weitgehend stagnieren oder nur leicht zurückgehen, zeigt sich im dichtbesiedelten Neckargebiet eine deutliche Trendumkehr. Diese Entwicklung ist eine Folge der Nachrüstung von Kläranlagen mit Verfahrensstufen zur Stickstoffeliminierung. Ähnlich positive Entwicklungen zeichnen sich auch in vielen Zuflüssen ab, besonders ausgeprägt in Schmiecha, Eger, Sandbach, Prim, Echaz und Körsch (Abb. 45, 46).

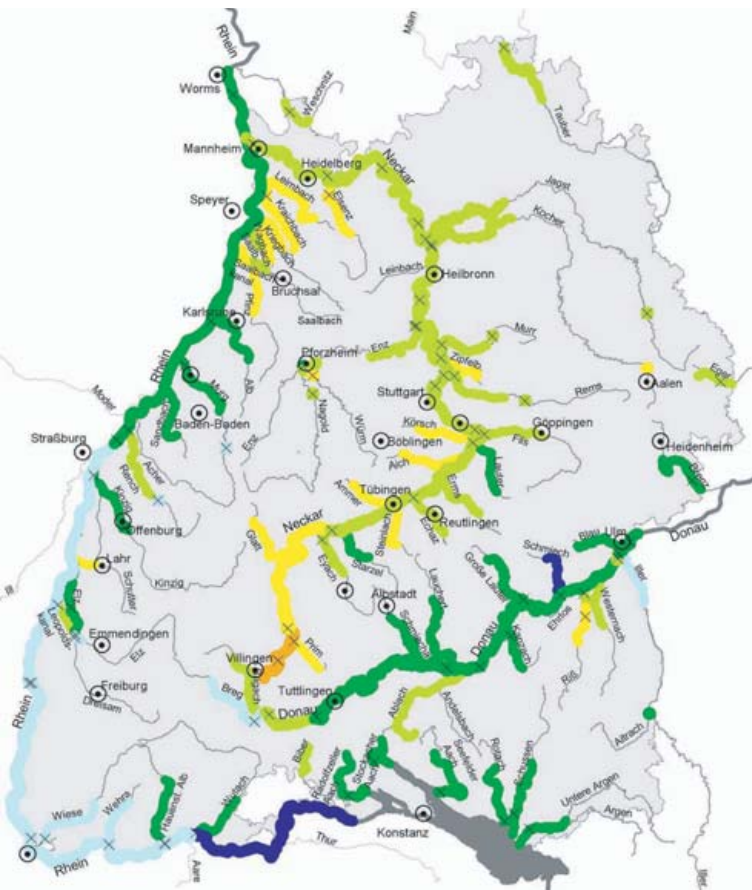


Abb. 44: Belastung der Fließgewässer mit ortho-Phosphat (Quelle: LfU; Stand 2002)

Die Belastung der Gewässer mit Phosphor hat sich durch den Ersatz von Phosphaten in Waschmitteln stark verringert (Abb. 47, 48). Hinzu kommt, dass seit Beginn der 90er-Jahre mittelgroße Kläranlagen mit Verfahrensstufen zur Phosphoreliminierung nachgerüstet wurden. Insgesamt hat die P-Belastung der großen Fließgewässer gegenüber 1985 um durchschnittlich 65-70 % abgenommen. Eine besonders positive Entwicklung ist auch in den Zuflüssen Sandbach, Murg, Leimbach, Neue Weschnitz, Schmiecha, Kanzach, Schmiech und Brenz zu erkennen. Da-

LAWA-Güteklassen	Phosphor (mg/l) (90-Perzentil)
I unbelastet	< 0,02
I-II sehr gering belastet	0,02 - 0,04
II mäßig belastet	0,04 - 0,1
II-III deutlich belastet	0,1 - 0,2
III erhöht belastet	0,2 - 0,4
III-IV hoch belastet	0,4 - 0,8
IV sehr hoch belastet	> 0,8

Tab. 8: Klassifikation zu Abb. 44 (Quelle: LAWA; Stand 2002)

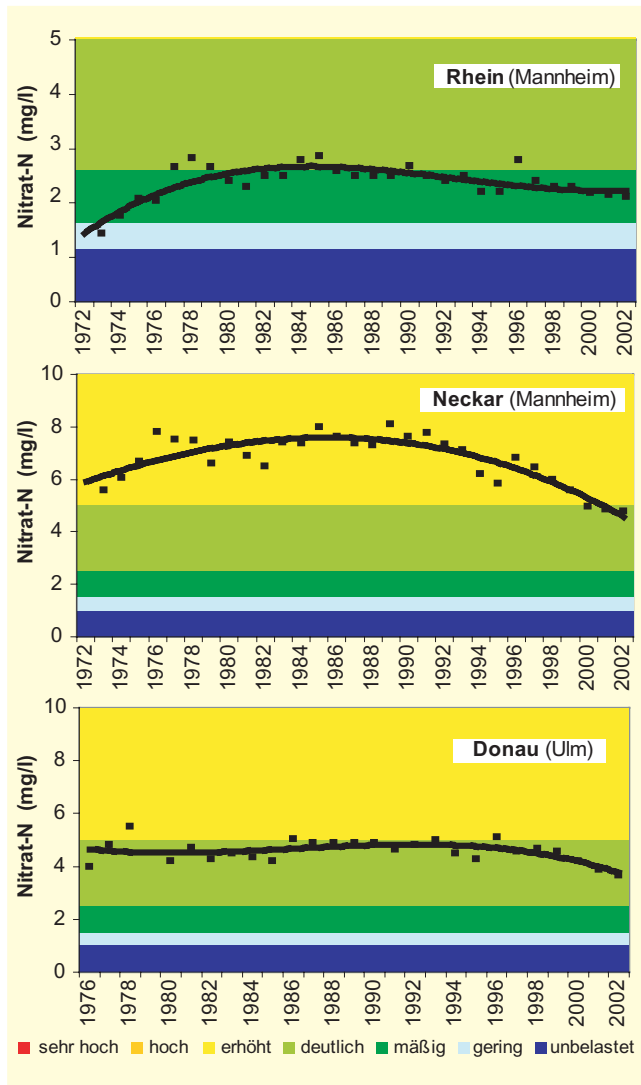


Abb. 45: Entwicklung der Nitrat-Konzentrationen (90-Perzentile) in Rhein, Neckar und Donau (Quelle: LfU, 2003)

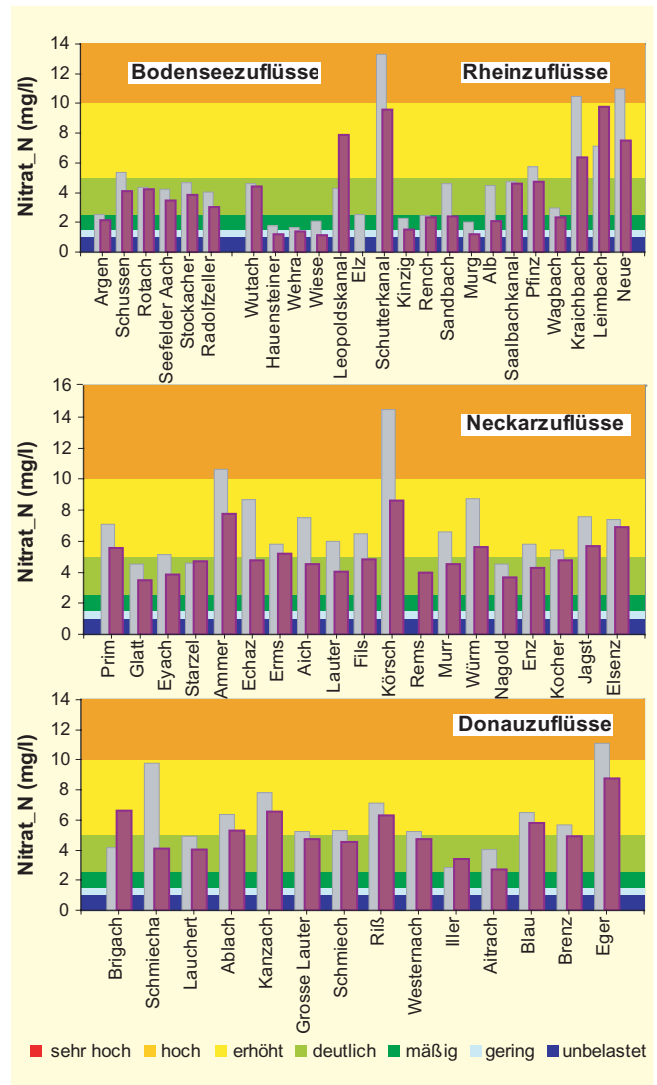


Abb. 46: Vergleich der Nitrat-Konzentrationen 1994 (*1995) und 2002 in den Zuflüssen von Rhein, Neckar und Donau (Quelle: LfU, 2003)

gegen werden in den vergangenen Jahren in den Neckarzuflüssen Erms und Fils und im Donauzufluss Eger entgegen dem landesweiten Trend eher zunehmende Phosphat-Konzentrationen festgestellt. Bei Phosphor ist hierdurch das zum Schutz der Meere auf der zweiten und dritten Nordseeschutzkonferenz angestrebte Ziel, den Nährstoffeintrag innerhalb von 10 Jahren (1985-1995) zu halbieren, erreicht worden.

Hingegen ist bei Stickstoff eine Reduktion von insgesamt nur etwa 25 % feststellbar (2). Die Verringerung der Stickstoffbelastung erfordert weitere flankierende Maßnahmen durch die Landwirtschaft; Abwassersanierungsmaßnahmen allein reichen nicht aus.

7.3.5 Eutrophierung

Die Entwicklung der Chlorophyllgehalte seit 1985 zeigt weder für Rhein noch Donau einen sichtbaren Trend (Tab. 9). Auch im Neckar, dessen Phosphatgehalt seit 1985 um etwa 65 % abgenommen hat, lässt sich eine parallele Änderung des Chlorophyllgehalts nicht feststellen. Das gegenwärtige Nährstoffniveau ist demnach für die Begrenzung des Algenwachstums noch nicht ausreichend abgesenkt.

Nach dem LAWA-Konzept für ein siebenstufiges System zur Klassifizierung der Trophie planktondominierter Fließgewässer (3) ergeben sich für Rhein, Neckar und Donau folgende Trophieeinstufungen:

- Hochrhein: mesotroph (Trophieklasse I-II, gering-mäßige Primärproduktion)
- Oberrhein: mesotroph (Trophieklasse I-II, gering-mäßige Primärproduktion)
- Neckar: eutroph (Trophieklasse II, mäßige Primärproduktion)
- Donau: eutroph (Trophieklasse II, mäßige Primärproduktion)

7.3.6 Versalzung

Die Chloridbelastung des Rheins steigt bei Fessenheim unterhalb der Einleitungen der elsässischen Kaliminen von unbelastet auf mäßig belastet sprunghaft an (Abb. 49). Der

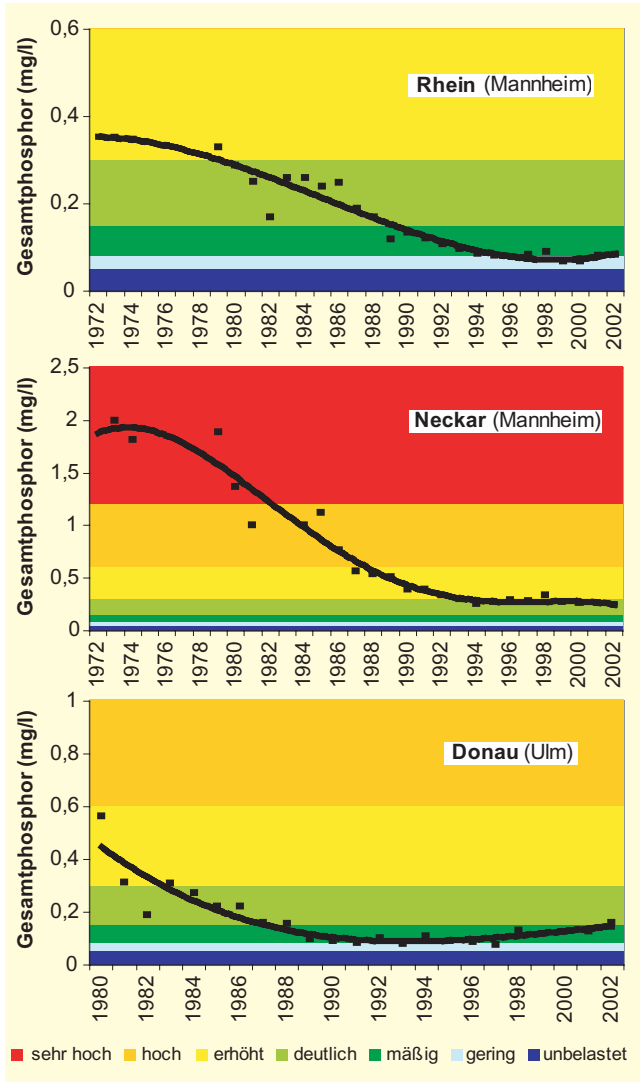


Abb. 47: Entwicklung der Gesamt-Phosphor-Konzentrationen (90-Perzentile) in Rhein, Neckar und Donau (Quelle: LfU)

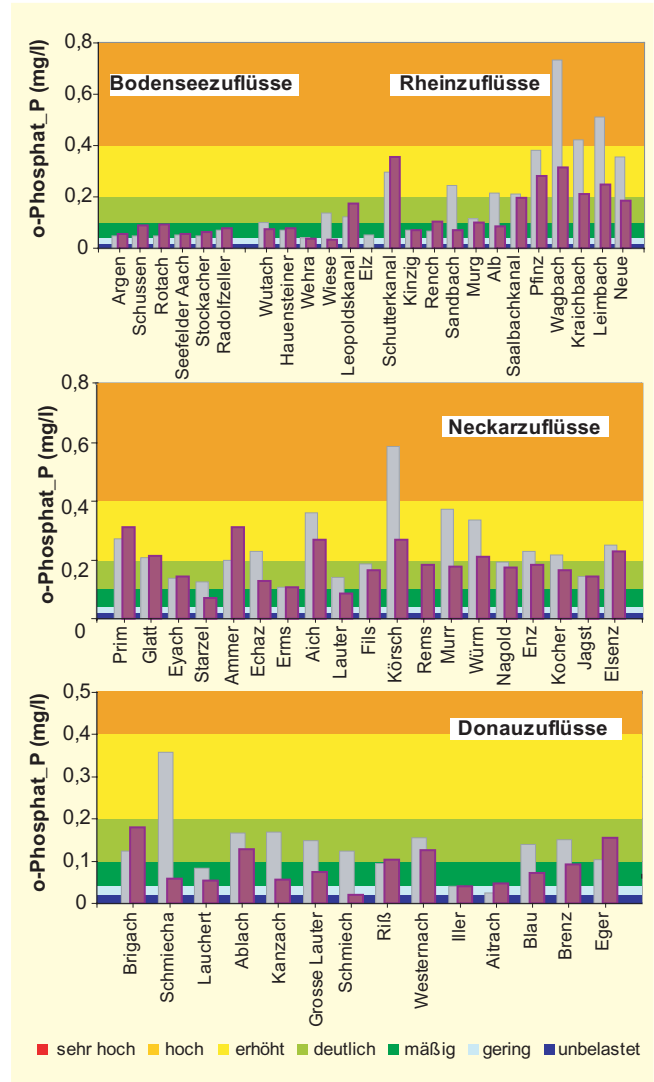


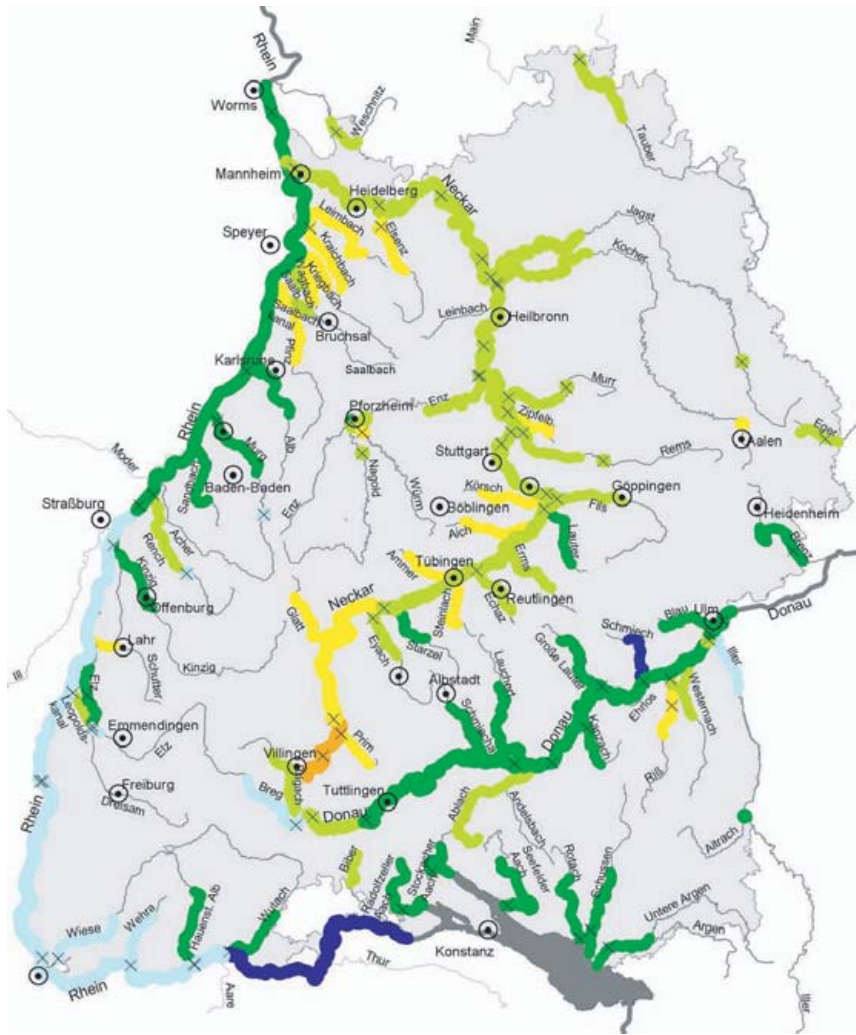
Abb. 48: Vergleich der ortho-Phosphat-Konzentrationen 1994 (*1995) und 2002 in den Zuflüssen von Rhein, Neckar und Donau (Quelle: LfU)

Eutrophierungsgrad
 Der Eutrophierungsgrad größerer, planktondominierter Gewässer lässt sich anhand des Chlorophyllgehalts, als Maß für den Gehalt an Planktonalgen, abschätzen. Die Planktonalgenkonzentration wird vom Nährstoffangebot und maßgeblich von hydrologischen (Turbulenz, Fließgeschwindigkeit) und witterungsbedingten (Sonneneinstrahlung, Wassertemperatur) Faktoren beeinflusst. Aufgrund des komplexen Zusammenspiels dieser Faktoren können die Chlorophyllgehalte kurzfristig wie auch in den verschiedenen Untersuchungsjahren stark schwanken.

Jahr	Chlorophyll a (µg/l)		
	Rhein Karlsruhe	Neckar Mannheim	Donau Ulm
1985	4	20	12
1990	-	17	11
1991	6	14	5
1992	4	13	6
1993	7	10	7
1994	4	14	11
1995	3	7	6
1996	3	6	6
1997	3	16	8
1998	3	5	24
1999	4	15	9
2000	3	6	6
2001	3	5	8
2002	2	7	6

Tab. 9: Jahresmittelwerte der Chlorophyllgehalte in Rhein, Neckar und Donau (Quelle: LfU, 2003)

Versalzung
 Chlorid ist ein Leitparameter für die Versalzung im Gewässer. Aus human- und ökotoxikologischer Sicht sind erhöhte Chloridkonzentrationen, wie sie in den Landesgewässern vorkommen, nicht bedenklich. Stark erhöhte Salzkonzentrationen können jedoch bei den Wasserwerken zu Korrosionsschäden oder bei landwirtschaftlicher Berieselung zur Versalzung von Böden führen. Ursachen für die Salzbelastungen sind im Wesentlichen der Einsatz von Ionentauschern im Haushalt (Geschirrspülmaschinen) und Gewerbe sowie die Verwendung von Streusalz im Winter. Im Rhein ist die erhöhte Salzbelastung auf die Einleitungen der Kalisalzindustrie zurückzuführen.



LAWA-Güteklassen	Chlorid (90-Perzentil)
I unbelastet	< 1
I-II sehr gering belastet	1 - 1,5
II mäßig belastet	1,5 - 2,5
II-III deutlich belastet	2,5 - 5
III erhöht belastet	5 - 10
III-IV hoch belastet	10 - 20
IV sehr hoch belastet	> 20

Tab. 10: Klassifikation zu Abb. 49 (Quelle: LAWA; Stand 2002)

Abb. 49: Belastung der Fließgewässer mit Chlorid (Quelle: LfU; Stand 2002)

Neckar weist im oberen Abschnitt bis Stuttgart eine meist geringe und im weiteren Verlauf bis zur Mündung eine mäßige Chloridbelastung auf, im Wesentlichen durch den Anstieg des kommunalen Abwasseranteils bedingt. Dagegen sind die Donau, die meisten Donauzuflüsse, die Mehrzahl der Schwarzwaldgewässer, die Bodenseezuflüsse und ein Teil der Neckarzuflüsse nach den LAWA-Kriterien als unbelastet bis gering belastet zu bewerten. Höhere Chloridgehalte (Klasse II-III) werden in den Gewässern Schutterentlastungskanal, Kraichbach, Neue Weschnitz und Zipfelbach erreicht, die einen hohen Abwasseranteil aufweisen.

Im Rhein lässt sich aus der langjährigen Beobachtungsreihe eine starke Abnahme der Chloridbelastung als Ergebnis des Chloridübereinkommens zwischen den Rheinanlieger-

staaten und deutlich zurückgehender Produktion der Kaliminen erkennen (Abb. 50). Die Chloridtransporte sind gegenüber Mitte der 80er Jahre um rund 60 % zurückgegangen (Tab 11). Die Chloridbelastung des Oberrheins ist nach den LAWA-Kriterien inzwischen mäßig.

Im Neckar unterhalb von Heilbronn lagen bis 1992 die Chloridkonzentrationen in ähnlicher Größenordnung (Klasse III) wie im Rhein. Nach der Einstellung der Sodaproduktion in einem Betrieb im Raum Heilbronn 1993 ging die Chloridbelastung auf ein nunmehr mäßig erhöhtes Niveau (Klasse II) zurück. In der Donau ist die Salzbelastung seit Beginn der Messungen nur gering (Klasse I-II).

Jahr	Chloridtransporte (kg/s)	
	Rhein Karlsruhe	Neckar Mannheim
1966	148	9,0
1970	150	13,5
1975	154	12,1
1980	166	16,3
1985	155	12,6
1990	129	13,8
1991	115	14,2
1992	119	15,7
1993	102	10,4
1994	93	6,2
1995	95	7,1
1996	94	7,1
1997	80	7,6
1998	66	8,0
1999	62	8,3
2000	59	6,3
2001	57	7,8
2002	48	6,2*

* vorläufig, da Abflussdaten noch nicht vollständig

Tab. 11: Chloridtransporte in Rhein und Neckar (Quelle: LfU, 2003)

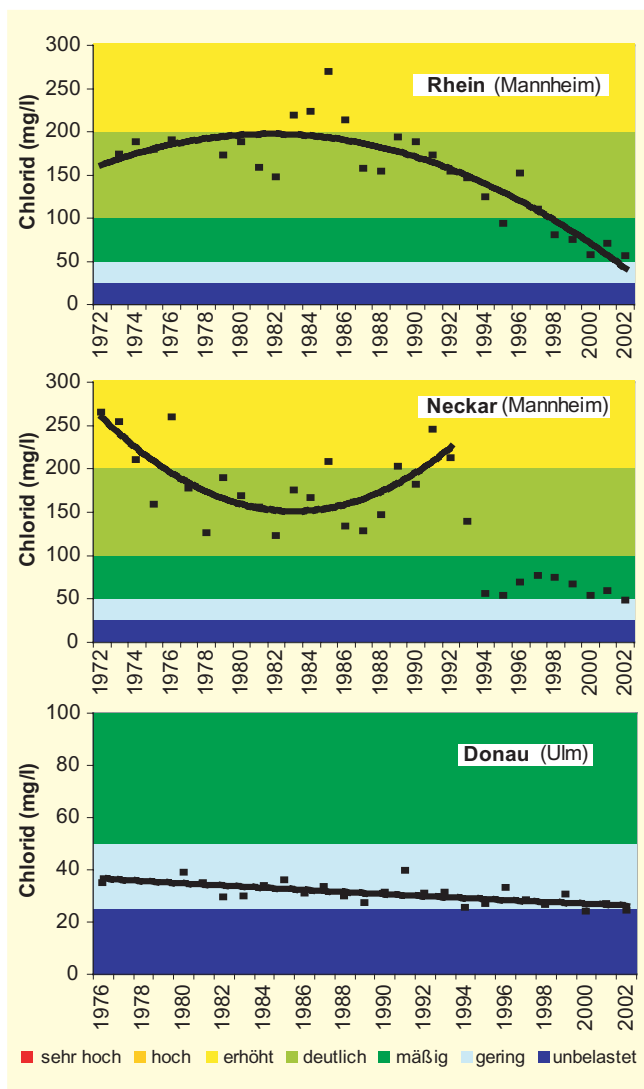


Abb. 50 Entwicklung der Chlorid-Konzentrationen (90-Perzentile) in Rhein, Neckar und Donau (Quelle: LfU)

7.3.7 Gefährliche Stoffe

In den Fließgewässern des Landes werden neben den Schwermetallen seit Beginn der 80er-Jahre auch eine Vielzahl organischer Schadstoffe überwiegend in Rhein, Neckar und Donau untersucht. Diese langjährigen Untersuchungen belegen landesweit gute Sanierungserfolge bei der Belastung durch diejenigen gefährlichen Stoffe, für die ausgereifte technische Maßnahmen zur Abwasserbehandlung zur Verfügung stehen oder andere Regulierungsmaßnahmen getroffen haben; diese reichen von Stoffverboten über Substitution bis zur Entwicklung und Anwendung neuer umweltschonender Produktionsverfahren. Heute weisen die Mehrzahl der besonders kritischen Stoffe – wie z.B. Schwermetalle, chlororganische Verbindungen (Chlorin-

sektizide) und bestimmte als Ausgangsstoffe bzw. Zwischenprodukte eingesetzte organische Industriechemikalien – in den großen Gewässern Rhein, Neckar und Donau zumeist niedrige Konzentrationen auf, bei den organischen Schadstoffen i.d.R. gar Gehalte unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze. Entsprechend hat die umfassende Bestandsaufnahme zu den durch die EU-Richtlinie 76/464/EWG erfassten Verbindungen in den baden-württembergischen Abschnitten der großen Gewässer Rhein, Neckar und Donau in den Jahren 2000/2001 erbracht, dass die in der Gewässerqualitätszielverordnung festgelegten Immissionswerte sämtlich sicher eingehalten werden.

Geringere Erfolge und weiterhin nicht befriedigende Belastungssituationen

Gefährliche Stoffe

Als gefährlich werden Stoffe bezeichnet, wenn diese schon in sehr geringen Konzentrationen die Vitalität der Gewässerorganismen oder die Nutzungsmöglichkeiten des Wassers einschränken. Insbesondere Eigenschaften wie Toxizität, Persistenz (fehlende Abbaubarkeit), Akkumulierbarkeit in den Sedimenten oder in Gewässerorganismen, erbgut- oder fruchtschädigende Wirkung, Cancerogenität, hormonelle Wirksamkeit oder auch eine mangelnde Entfernbarkeit bei der Trinkwasseraufbereitung geben Anlass zur Sorge. Beispielsweise werden hierzu Schwermetalle und eine Vielzahl organischer Schadstoffe gezählt, die als Lösemittel oder als Ausgangsstoffe und Zwischenprodukte bei chemischen Synthesen, als Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe und dergleichen eingesetzt werden. Viele der gefährlichen Stoffe sind durch die EU-Richtlinie 76/464/EWG erfasst, die in Baden-Württemberg im Jahre 2001 durch die sogenannte „Gewässerqualitätszielverordnung“ rechtlich umgesetzt wurde.

findet man dagegen vorwiegend bei gefährlichen Stoffen vor, die diffus aus der Fläche in die Gewässer gelangen oder für die eine ausgereifte Sanierungstechnologie bislang fehlt, wie z.B. für wasserlösliche und schwer abbaubare Verbindungen. Hierbei handelt es sich insbesondere um einige Pflanzenschutzmittelwirkstoffe, die ubiquitär verbreiteten polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK), bestimmte synthetische Komplexbildner, polare aromatische Sulfonate und bestimmte endokrin (d.h. hormonell) wirksame Stoffe und Arzneimittel.

Nachfolgend sind die Ergebnisse der für die Fließgewässerbeschaffenheit bedeutsamen gefährlichen Stoffen nach Stoffgruppen und untersuchtem Kompartiment (Wasserphase, Schwebstoffe, Sediment) dargestellt.

Aktuelle Situation

Schwermetalle im Wasser

Die Gesamtgehalte der Schwermetalle in den Fließgewässern sind infolge einschlägiger Auflagen bei Industrie und Gewerbe sowie wegen ihrer weitgehenden Rückhaltung in Kläranlagen insgesamt niedrig. Die einschlägigen Zielvorgaben der Länder-

	Berufs- und Sportfischerei	Bewässerungswasser	Trinkwasserversorgung
Blei	5	50	50
Cadmium	1	5	1
Chrom	n.r.*	50	50
Kupfer	n.r.*	50	20
Nickel	n.r.*	50	50
Quecksilber	0,1	1	0,5
Zink	n.r.*	1000	500

n.r.* = nicht relevant

Tab. 12: Zielvorgaben für Schwermetalle im Wasser (in µg/l) nach Schutzgütern (Quelle: LAWA, 2002)

Schwermetalle

Die Metalle Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink werden aufgrund ihrer hohen Dichte ($> 5 \text{ kg/dm}^3$) als Schwermetalle bezeichnet. In der Natur kommen diese Elemente (von Ausnahmen abgesehen, wie z.B. bei den Erzvorkommen im Schwarzwald) nur in sehr geringen Konzentrationen vor und wirken ab bestimmten Konzentrationen toxisch. Im Gegensatz zu Blei, Cadmium und Quecksilber sind die Schwermetalle Chrom, Kupfer, Nickel und Zink in geringer Konzentration essentielle, d.h. für Menschen, Tiere und Pflanzen lebensnotwendige Spurenelemente. Schwermetalle sind als Elemente nicht weiter abbaubar und können nach der Aufnahme jahrelang im Körper bleiben.

Anthropogen bedingt, gelangen Schwermetalle hauptsächlich über die Abwässer der metallverarbeitenden Betriebe in die Gewässer. Kupfer und Zink werden außerdem durch Korrosion aus Installationen freigesetzt und über häusliche Abwässer in die Gewässer eingetragen. Kläranlagen halten Schwermetalle im anfallenden Klärschlamm zum großen Teil zurück. Im Gewässer ist der überwiegende Teil der Schwermetalle an Schwebstoffe gebunden und wird im Sediment abgelagert. Die Zielvorgaben der LAWA für das Schutzgut aquatische Lebensgemeinschaften beziehen sich deshalb auf die Feststoffphasen. Zur Bewertung wird für diese - abweichend von den sonstigen LAWA-Zielvorgaben - das 50-Perzentil (Mediane) herangezogen.

arbeitsgemeinschaft Wasser werden für das Trinkwasser, Bewässerung und mit Ausnahme von Blei auch hinsichtlich Fischerei in aller Regel eingehalten (Tab. 12). Dagegen werden bei Blei in einzelnen Gewässern zeitweise Gehalte oberhalb der Zielvorgabe für die Fischerei vorgefunden, die i.d.R. mit erhöhter Schwebstoffführung bei Hochwasser einhergehen. Insbesondere im Leimbach (stark durch die ehemalige Bergbautätigkeit im Raum Wiesloch beeinträchtigt), im Kraichbach, im Kriegbach und in der Neuen Weschnitz wird die einschlägige Zielvorgabe in den letzten Jahren überschritten.

Schwermetalle in Schwebstoffen

Seit 1992 werden Schwebstoffproben mittels Durchlaufzentrifuge an ausgewählten Stellen von Rhein, Neckar und Donau entnommen und regelmäßig auf Schwermetalle untersucht. Die im Hinblick auf das Schutzgut aquatische Lebensgemeinschaften normierten Ergebnisse des Untersuchungsjahres 2002 zeigt Abb. 51.

Insgesamt zeigt sich, dass die Schwebstoffe des Rheins, mit Ausnahme von Kupfer, das eine mäßige Belastung erreicht, unbelastet bis gering belastet mit Schwermetallen sind. Höhere Schwermetallkonzentrationen

enthalten die Schwebstoffe des Neckars. Zwar werden an der Mündungsmessstelle Mannheim die Zielvorgaben eingehalten, jedoch weisen die Neckarschwebstoffe unterhalb des Ballungsraums Heilbronn Kupfergehalte auf, die als deutlich belastet zu bewerten sind.

Schwermetalle in Sedimenten

Eine Bestandsaufnahme der Sedimentqualität kleiner Fließgewässer vom Winter 1998/99 ergänzt die landesweite Untersuchung der größeren Fließgewässer der Jahre 1990 bis 1992 und erlaubt einen Überblick über die Schwermetallbelastung der Sedimente mit Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink (siehe hierzu auch die Schwermetallkarten der Einzelelemente). Bewertet wird die Schwermetallbelastung der Sedimente entsprechend der chemischen Güteklassifikation der LAWA (Schutzgut aquatische Lebensgemeinschaft) (Abb. 52, Tab 13). Der hier dargestellte Überblick ist die Gesamtbewertung, die sich aus der schlechtesten Güteeinstufung der sieben o.g. Elemente ergibt.

Sie zeigt, dass die Schwermetallbelastung der Sedimente regional unterschiedlich ist. Sie ist in den überwiegenden Teilen des Landes nur gering

bis mäßig erhöht, dagegen weisen die Sedimente im Schwarzwald ein deutlich höheres Konzentrationsniveau auf. Dies rührt von dem im Schwarzwald verbreiteten Erzvorkommen her. Dort ist bereits geogen ein hoher Hintergrundwert anzutreffen. Besonders hohe Schwermetallgehalte (Blei, Cadmium, Zink) werden in den Regionen mit historischem Bergbau vorgefunden (z.B. Schauinsland im Südschwarzwald und Wiesloch im Kraichgau).

Die Auswertung der Ergebnisse zeigt auch, dass die Belastung der Sedimente bezüglich der einzelnen Schwermetalle unterschiedlich ist (Abb. 53 und die Schwermetallkarten). Während die Sedimente von Chrom (Cr), Nickel (Ni) und Quecksilber (Hg) weitgehend unbelastet bis gering belastet sind, weisen die Schwermetalle Cadmium (Cd), Kupfer (Cu), Blei (Pb) und Zink (Zn) größere Anteile an erhöhten Konzentrationen auf.

Schwermetallgehalte in Fischen

Die im Jahre 2000 durchgeführte Bestandsaufnahme zur Kontamination von Rheinfischen (Aale und Rotaugen) ergab, dass im Baden-Württemberg betreffenden Rheinabschnitt die für Blei, Cadmium und Quecksilber in

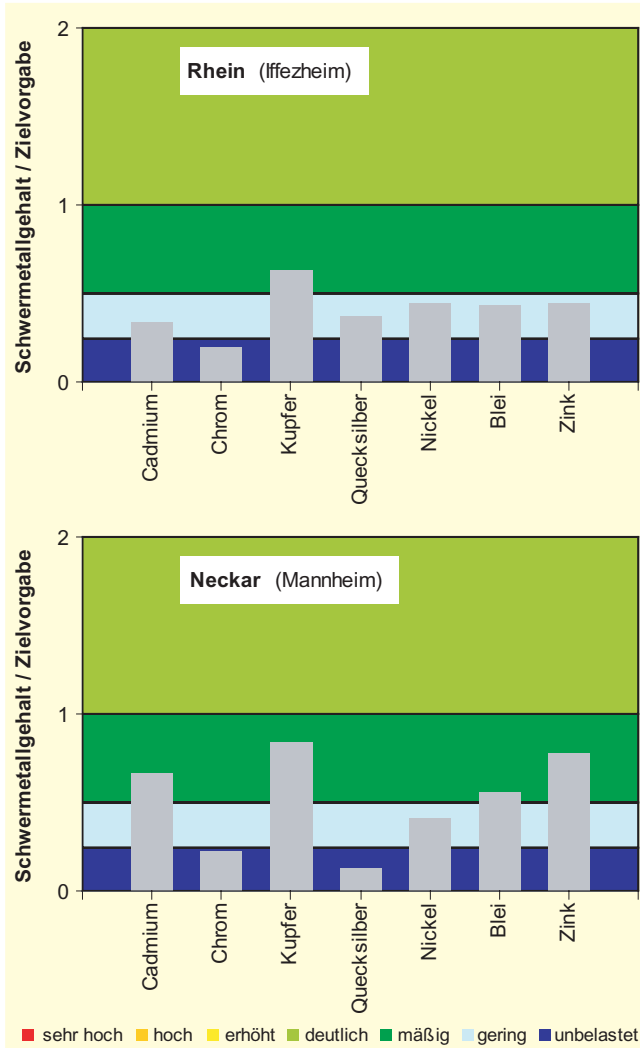


Abb. 51: Schwermetallbelastung der Schwebstoffe in Rhein, Neckar und Donau im Hinblick auf das Schutzgut aquatische Lebensgemeinschaft (Quelle: LfU, Stand 2002)

Chemische Gewässergüteklasse

Einheit	I	I-II	II	II-III	III	III-IV	IV
Blei mg/kg	≤ 25	≤ 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	> 800
Cadmium mg/kg	≤ 0,3	≤ 0,6	≤ 1,2	≤ 2,4	≤ 4,8	≤ 9,6	> 9,6
Chrom mg/kg	≤ 80	≤ 160	≤ 320	≤ 640	≤ 1280	≤ 2560	> 2560
Kupfer mg/kg	≤ 20	≤ 40	≤ 80	≤ 160	≤ 320	≤ 640	> 640
Nickel mg/kg	≤ 30	≤ 60	≤ 120	≤ 240	≤ 480	≤ 960	> 960
Quecksilber mg/kg	≤ 0,2	≤ 0,4	≤ 0,8	≤ 1,6	≤ 3,2	≤ 6,4	> 6,4
Zink mg/kg	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	≤ 1600	≤ 3200	> 3200

Tab. 13: LAWA-Klassifikation der Schwermetallgehalte in Schwebstoffen und Sedimenten (Schutzgut aquatische Lebensgemeinschaft) (Quelle: LAWA, Stand 2003)

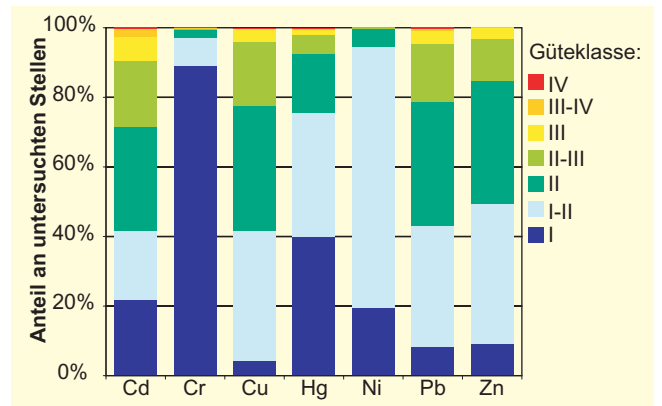


Abb. 52: Sedimentbelastung aufgeschlüsselt nach Güteklassen der untersuchten Schwermetalle an rund 1600 Messstellen (Quelle: LfU, Stand 2003)

Lebensmitteln zugelassenen Höchstmengen eingehalten werden. Allerdings zeigen die Untersuchungen an Aalen, dass die Quecksilbergehalte im Hochrhein deutlich ansteigen und sich diese Kontamination bis in den Oberrhein fortsetzt. Im Vergleich zu den Untersuchungen der letzten Jahre wird ein ansteigendes Konzentrationsniveau vorgefunden, welches gar das der Untersuchungen Anfang der 90er-Jahre übertrifft.

Entwicklungen

Die Sedimente der wichtigsten Fließgewässer der Bundesrepublik Deutschland sind erstmals 1972 auf Schwermetalle untersucht worden. Diese Untersuchungen wiesen den Neckar als den am stärksten mit Cadmium, Chrom und Nickel belasteten Fluss aus. Umfangreiche Beprobun-

gen der LfU in den Jahren 1979, 1985 und 1990/92 sowie die seit 1995 jährlich an ausgewählten Kontrollstellen durchgeführten Untersuchungen zeigen einen sehr starken Rückgang der Schwermetallkonzentrationen in Rhein, Neckar und Donau bezogen auf die damaligen Werte. Dieser wurde durch die verbesserte Abwasserbehandlung seitens Industrie und Kommunen wie auch durch Maßnahmen zum Recycling und zur Vermeidung erreicht. Seit 1985 stagnieren die Schwermetallgehalte auf in der Regel niedrigem Niveau.

7.3.8 Naturfremde organische Verbindungen in der Wasserphase

Organische Halogenverbindungen

AOX ist eine Kenngröße, welche die Belastung mit adsorbierbaren orga-

nischen Halogenverbindungen summarisch erfasst. Die AOX-Belastung von Rhein und Donau ist seit Ende der 80er-Jahre von einem hohen (Donau) bzw. erhöhten (Rhein) auf ein nunmehr geringes bis mäßig erhöhtes Konzentrationsniveau nach LAWA zurückgegangen (Abb. 54). Diese Entwicklung geht auf weitergehende Abwasserreinigungsmaßnahmen und Umstellungen im Produktionsprozess der chemischen Industrie, vor allem auf die Umstellung des Bleichverfahrens von Chlor auf Sauerstoff bei der Zellstoffindustrie, zurück. Im Neckar wird seit Beginn der Messungen ein weitgehend konstantes, mäßig erhöhtes Konzentrationsniveau vorgefunden; Großemittenten für organische Halogenverbindungen sind im Einzugsgebiet nicht vertreten.

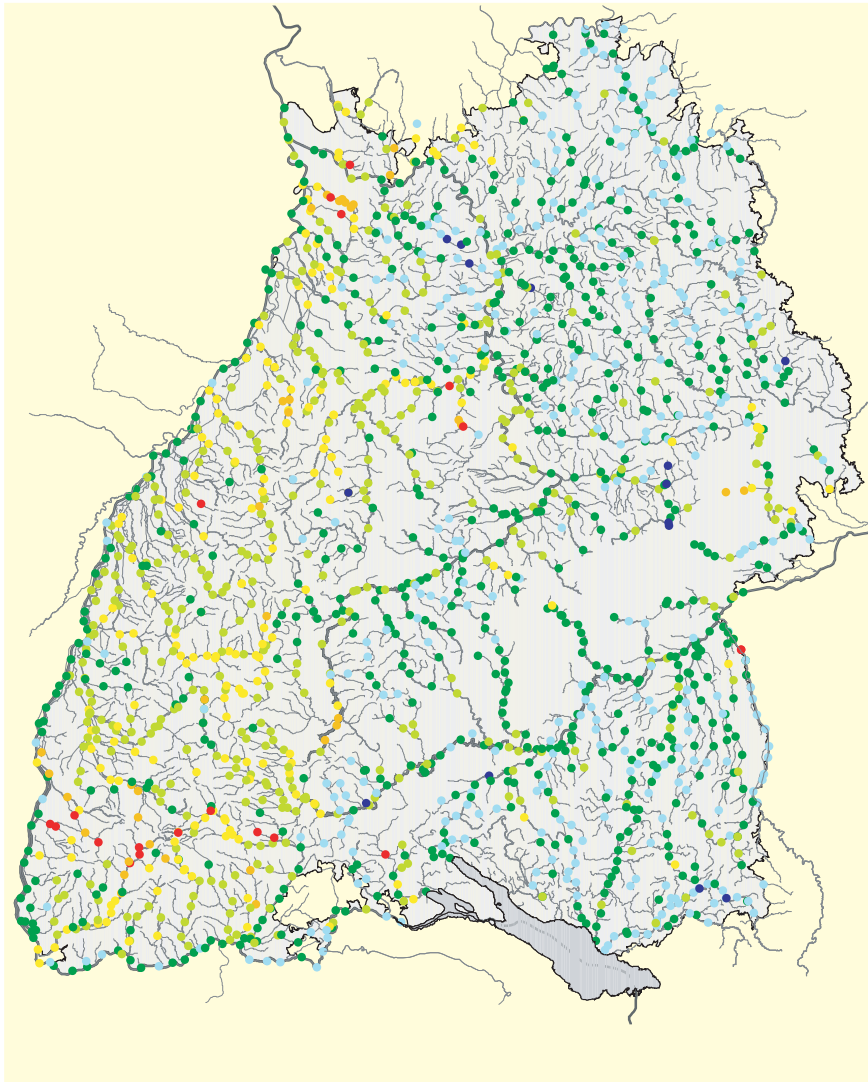


Abb. 53: Schwermetallbelastung der Sedimente nach LAWA (Schutzgut aquatische Lebensgemeinschaft, Gesamtbewertung) (Quelle: LfU; Stand 2000)

Leichtflüchtige Verbindungen und Industriechemikalien

Derzeit werden regelmäßig 13 leichtflüchtige sowie 44 mittel- bis schwer-

Organische Halogenverbindungen

Hauptbelastungsquellen für organische Halogenverbindungen, vornehmlich Chlor-, sind die chemische Industrie und bis Anfang der 90er Jahre die Zellstoffproduktion. Weitere Einträge gelangen infolge Anwendung chlorierter organischer Verbindungen (z.B. Lösungsmittel) in Gewerbe, Handwerk (z.B. Metallentfettung, Chemische Reinigung) und im Haushalt über kommunale Abwässer in die Gewässer. Viele organische Halogenverbindungen sind aufgrund ihrer Toxizität, Langlebigkeit und ihres Anreicherungsvermögens in Lebewesen und Sediment bedenklich.

flüchtige organische Verbindungen überwacht, die besonders häufig eingesetzt werden und aus ökotoxikologischer Sicht besonders bedenklich sind. Während sich die Kontrollen der schwerflüchtigen Verbindungen auf die großen Gewässer Rhein, Neckar und Donau, bevorzugt unterhalb der Industriezentren, beschränken, werden die leichtflüchtigen Verbindungen aufgrund deren breiten Einsatzes in Haushalt und Gewerbe auch in ausgewählten Zuflüssen untersucht. Das Konzentrationsniveau der leichtflüchtigen Verbindungen und Industriechemikalien ist insgesamt niedrig und die analytischen Bestimmungsgrenzen werden – mit Ausnahme von Tetrachlorethen (Per) – nur selten überschritten. Die einschlägigen Zielvorgaben der LAWA für das Schutzgut aquatische Lebensgemein-

LAWA-Güteklassen		AOX (µg/l) (90-Perzentil)
I	unbelastet	„0“
I-II	sehr gering belastet	0 - 10
II	mäßig belastet	10 - 25
II-III	deutlich belastet	25 - 50
III	erhöht belastet	50 - 100
III-IV	hoch belastet	100 - 200
IV	sehr hoch belastet	> 200

Tab. 14: Klassifikation zu Abb. 53

ten werden entsprechend vollständig eingehalten.

Allerdings überschreitet Tetrachlorethen im Kocher bei Kochendorf und im Kraichbach bei Ketsch den strengen Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 1 µg/l. Auch im Oberlauf des Neckars, in der Riß bei Rißtissen, in der Wehra bei Öflingen sowie in der Brenz bei Bergenweiler wird Tetrachlorethen mehrfach vorgefunden, wobei Maximalgehalte im Bereich des Trinkwassergrenzwertes auftreten.

Mittel- und schwerflüchtige Verbindungen finden sich überwiegend im Rhein aufgrund von Einleitungen der am Oberrhein ansässigen Industrie. In den letzten beiden Jahren konnten ganz vereinzelt 1,2-Dichlorbenzol, 2- und 4-Chlornitrobenzol, 1,2,4-Trichlorbenzol und 4-Nitrotoluol unterhalb des Großraumes Basel/Mulhouse nachgewiesen werden; die Konzentrationen sind jedoch insgesamt niedrig und die einschlägigen LAWA-Zielvorgaben werden allesamt sicher eingehalten. Maximalkonzentrationen geringfügig über 0,1 µg/l

Leichtflüchtige Verbindungen

Diese werden als Lösemittel, Entfettungsmittel und zur Textilreinigung vielfältig in Industrie und Gewerbe, teilweise auch im Haushalt, eingesetzt. Mittel- bis schwerflüchtige Verbindungen werden vorwiegend in der chemischen Industrie als wichtige Ausgangsstoffe bzw. Zwischenprodukte in organischen Synthesen verwendet, z.B. bei der Herstellung von Arzneimitteln, Schädlingsbekämpfung- und Pflanzenschutzmitteln und Farbstoffen.

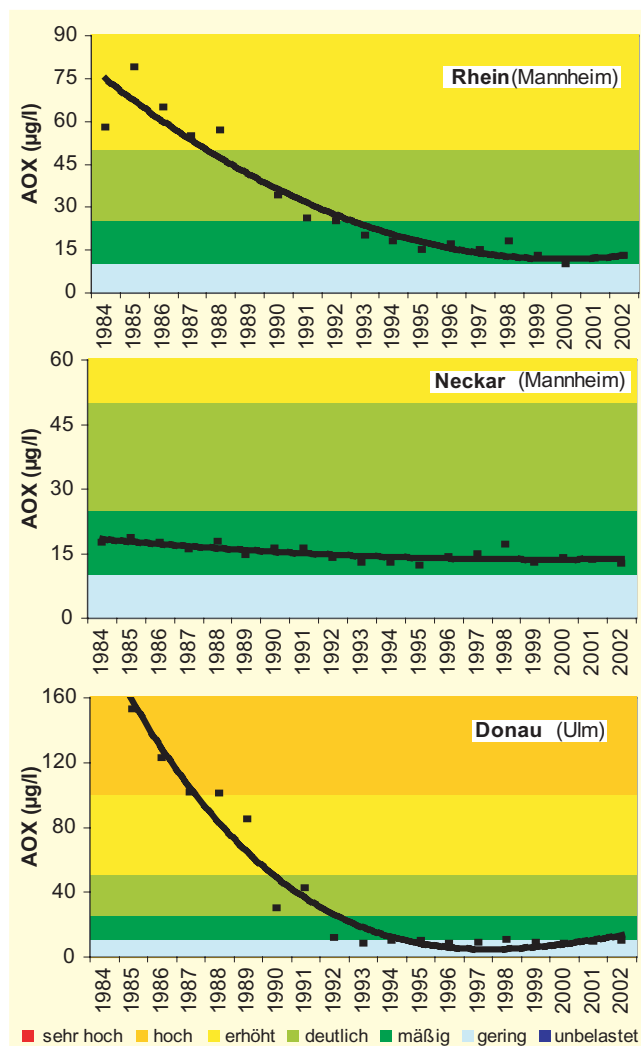


Abb. 54 Entwicklung der AOX-Konzentrationen in Rhein, Neckar und Donau (Quelle: LfU)

weisen lediglich 4-Chlornitrobenzol und 2,4- und 2,6-Dimethylanilin auf. Im Neckar findet sich von den schwerflüchtigen Verbindungen nahezu ausschließlich 1,4-Dichlorbenzol, das zur Geruchsübertönung in WC-Steinen eingesetzt wird und mit dem häuslichen Abwasser in die Gewässer gelangt. Die sehr strenge Zielvorgabe von $0,02 \mu\text{g/l}$ für die Fischerei wird unterhalb des Großraumes Heilbronn bei wenigen Messungen knapp überschritten. Bis zur Mündungsmessstelle Mannheim gehen die Gehalte wieder auf Werte der Zielvorgabe zurück.

Pflanzenschutzmittel

Rhein, Neckar und Donau werden derzeit auf rund 90 verschiedene PSM-Wirkstoffe regelmäßig untersucht. Die mengenmäßig bedeutsamen PSM-Funde sind mit Anteil der

Bestimmungen größer analytischer Bestimmungsgrenze sowie maximal vorgefundener 90-Perzentil getrennt nach den Flussgebieten in Tab. 15 aufgeführt.

Hierbei zeigt sich, dass von den großen Flüssen im Neckar mit seinem intensiv landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebiet die meisten Wirkstoffe und diese zumeist auch in den höchsten Konzentrationen vorgefunden werden. Im Untersuchungsjahr 2002 sind mit Ausnahme der Herbizide Isoproturon und MCP (Mecoprop) die für die Bewertung maßgebenden 90-Perzentile der PSM in den großen Gewässern in der Regel nur gering bis mäßig erhöht; die Zielvorgaben der LAWA und für das Trinkwasser ($0,1 \mu\text{g/l}$) werden eingehalten. Bei den vier Wirkstoffen Isoproturon und Mecoprop (MCP), Dichlorprop (2,4-DP) und Bentazon, die vorwiegend in Getreidekul-

turen als Herbizide eingesetzt werden, treten allerdings während der Anwendungszeit kurzzeitig Konzentrationen oberhalb des Trinkwassergrenzwertes von $0,1 \mu\text{g/l}$ auf (in der Tabelle mit * bzw. gelb gekennzeichnet). Bei Isoproturon (Abb. 55) und Mecoprop ist das Konzentrationsniveau im Neckar soweit erhöht, dass die Zielvorgabe für Trinkwasser hierdurch überschritten wird.

Im Gegensatz zu früheren Jahren werden in den großen Fließgewässern im Untersuchungsjahr 2002 die Zielvorgaben im Hinblick auf das Schutzgut aquatische Lebensgemeinschaft auch bei Isoproturon und dem Totalherbizid Diuron eingehalten.

Untersuchungen der Neckarzuflüsse Enz, Jagst und Kocher sowie im Main-Zufluss Tauber im Jahre 2002 bestätigen allerdings erwartungsgemäß, dass in den Zuflüssen mit intensiv landwirtschaftlich genutztem Einzugsgebiet zeitweise deutlich höhere Pflanzenschutzmittelgehalte auftreten. Neben Isoproturon und Mecoprop (MCP) werden auch bei Dichlorprop (2,4-DP), Bentazon und Diuron (Abb. 56) Überschreitungen der Zielvorgabe von $0,1 \mu\text{g/l}$ zum Schutz des Trinkwassers festgestellt (Tab. 16). Diuron, das als Totalherbizid im Obst- und Weinbau sowie zur Unkrautbekämpfung in Siedlungsgebieten eingesetzt wird, überschreitet hierdurch auch die Zielvorgabe zum Schutz der aquatischen Lebensgemeinschaft von $0,05 \mu\text{g/l}$.

Komplexbildner

Zur Reduktion der bis Ende der 80er Jahre hohen Gehalte an EDTA in den

Pflanzenschutzmittel (PSM)

Diese haben gemäß ihrem Anwendungszweck eine hohe ökotoxikologische Wirkung. Sie gelangen vorwiegend infolge ihrer Anwendung und auch durch unsachgemäße Entsorgung der Spritzbrühreste in die Gewässer. Am Rhein können sie zudem über Produktionsabwässer der am Oberrhein ansässigen Hersteller eingetragen werden. Im Neckar und insbesondere in kleinen Gewässern mit intensiv landwirtschaftlich genutztem Einzugsgebiet werden nach wie vor noch zu hohe Belastungen durch Pflanzenschutzmittel vorgefunden.

Wirkstoffe und Abbauprodukte	LAWA-Zielvorgabe	Donau		Neckar		Rhein	
	aquat. Leb. µg/l	% > BG	90-P µg/l	% > BG	90-P µg/l	% > BG	90-P µg/l
2,4-D	2	0	< 0,05	0	< 0,05	9	0,06*
2,4-DP	10	0	< 0,05	8	0,06	0	< 0,05
Atrazin	0,8 ¹⁾	67	0,02	43	0,02	89	0,04
Bentazon	70	4	< 0,05	15	0,11*	0	< 0,05
Desethylatrazin	-	83	0,04	68	0,03	72	0,04
Desethylterbutylazin	-	0	< 0,01	10	0,01	6	0,02
Desisopropylatrazin	-	4	0,01	8	0,02	9	0,02
Diazinon	-	0	< 0,003	0	< 0,003	2	< 0,003
Diuron	0,05	0	< 0,05	21	0,07*	0	< 0,05
Isoproturon	0,3	15	0,09	26	0,33*	4	< 0,05
MCPA	2	0	< 0,05	3	< 0,05	0	< 0,05
MCPP	50	3	< 0,05	46	0,14*	2	< 0,05
Metazachlor	0,4	8	0,01	28	0,03	5	0,01
Metolachlor	0,2	0	< 0,01	0	< 0,01	0	< 0,01
Simazin	0,06 ²⁾	24	0,02	35	0,03	25	0,02
Terbutryn	-	8	0,01	22	0,02	6	< 0,01
Terbutylazin	0,5	4	< 0,01	3	< 0,01	2	< 0,01
Propazin	-	-	-	-	-	-	-
Desmetryn	-	-	-	-	-	-	-
Azynphos-methyl	0,01	-	-	-	-	-	-

¹⁾ vorläufige Zielvorgabe ²⁾ IKSR-Zielvorgabe * Maximalwert > 0,1 µg/l
 *)LAWA-Zielvorgabe aquatische Lebensgemeinschaft überschritten
 *)LAWA Zielvorgabe Schutzgut Trinkwasserversorgung überschritten
 % > BG: Anteil der Analysenwerte oberhalb der analytischen Bestimmungsgrenze
 90-P: jeweils der höchste im Flussgebiet vorgefundene 90-Perzentilwert

Oberflächengewässern haben die Wasserbehörden und die Industrie vereinbart, die Belastung im Zeitraum von 1991 bis 1996 um 50 % zu senken. Als Ergebnis der freiwilligen Selbstverpflichtung der Industrie, die erst im Jahr 2001 endete, ist dieses Ziel im Neckar und in der Donau erreicht. Dagegen werden im Rhein nach der anfänglich deutlich zurückgehenden Belastung in den letzten Jahren größere Schwankungen der EDTA-Fracht festgestellt; die Reduktion gegenüber Anfang der 90er-Jahre beträgt rund 35-40 % (Abb. 57). NTA weist in den letzten Jahren eine weitgehend stagnierende Belastung in Rhein, Neckar und Donau auf, nachdem diese anfänglich parallel zur EDTA-Entwicklung abnahm.

Vorsorglich werden die Gewässer auf weitere, synthetische Komplexbildner wie DTPA, ADA (β-Alanindiessigsäure), PDTA (1,3-Propylendiamintetraessigsäure) untersucht, um den möglicherweise stattfindenden, unerwünschten Ersatz von EDTA durch andere, ebenfalls biologisch schlecht abbaubare, Verbindungen zu kontrollieren. So zeigt sich im Rhein, dass ein Teil der EDTA-Reduktion durch den Einsatz

Tab. 15: PSM-Funde in Rhein, Neckar und Donau (Quelle: LfU; Stand 2002)

Wirkstoff und Abbauprodukte	LAWA-Zielvorgabe aquat. L. µg/l	Enz Besigheim		Jagst Jagstfeld		Kocher Kochendorf		Tauber Wertheim	
		% > BG	90-P µg/l	% > BG	90-P µg/l	% > BG	90-P µg/l	% > BG	90-P µg/l
2,4-DP	10	8	< 0,05	17	0,21	17	0,11	23	0,18
Atrazin	0,8 ¹⁾	92	0,01	100	0,02	100	0,02	92	0,05
Bentazon	70	0	< 0,05	17	0,39	8	0,19	8	0,05
Chloridazon	2	0	< 0,05	0	< 0,05	8	0,05	15	0,074*
Desethylatrazin	-	92	0,02	100	0,03	100	0,01	92	0,05
Desethylterbutylazin	-	8	0,005	0	< 0,004	8	0,004	23	0,021
Diuron	0,05	0	< 0,05	0	< 0,05	8	0,12	0	< 0,05
Isoproturon	0,3	17	0,06	33	0,18	17	0,15	46	0,20
MCPP	50	50	0,24	8	0,05	8	0,05	23	0,14
Metalaxyl	-	33	0,01	8	0,004	33	0,004	17	0,005
Metamitron	-	0	< 0,05	0	< 0,05	0	< 0,05	8	0,054*
Metazachlor	0,4	17	0,02	50	0,04	25	0,02	46	0,03
Penconazol	-	25	0,003	0	< 0,002	33	0,003	33	0,004
Pirimicarb	-	8	0,002	0	< 0,002	42	0,01	8	0,002
Propiconazol	-	100	0,02	100	0,01	100	0,02	100	0,04
Simazin	0,06 ²⁾	67	0,01	33	0,004	58	0,01	31	0,011
Terbutryn	-	100	0,02	58	0,01	67	0,02	67	0,013
Terbutylazin	0,5	17	0,004	0	< 0,002	17	0,003	62	0,027

¹⁾ vorläufige Zielvorgabe ²⁾ IKSR-Zielvorgabe * Maximalwert > 0,1 µg/l
 *)LAWA-Zielvorgabe Schutzgut aquatische Lebensgemeinschaft überschritten
 *)LAWA-Zielvorgabe Schutzgut Trinkwasserversorgung überschritten
 % > BG: Anteil der Analysewerte oberhalb der analytischen Bestimmungsgrenze
 90-P: jeweils der höchste im Flussgebiet vorgefundene 90-Perzentilwert

Tab. 16: PSM-Funde in Enz, Jagst, Kocher und Tauber im Untersuchungsjahr 2002 (Quelle: LfU, 2002).

des biologisch ebenfalls schlecht abbaubaren DTPA, das vorwiegend bei der Papierproduktion eingesetzt wird, erbracht wurde (Abb. 58). Im Untersuchungsjahr 2002 sind die DTPA-Frachten – nach dem im Jahr 2000 beobachteten markanten Anstieg – weiterhin hoch. Wesentliche Anteile hiervon werden durch die Papierproduktion im Raum Strasbourg und Karlsruhe in den Rhein eingetragen. Mit rund 93 t beträgt die DTPA-Fracht an der Messstelle Mannheim/Rhein im Jahre 2002 etwas mehr als die Hälfte der bestimmten EDTA-Fracht (ca. 161 t). Im Gegensatz zu DTPA besitzen ADA und PDTA in den untersuchten großen Gewässern des Landes mengenmäßig keine Bedeutung.

Arzneimittelrückstände und hormonell wirksame Stoffe

In einer bundesweit abgestimmten Untersuchung wurden in Baden-Württemberg 70 verschiedene Arzneimittel aus den mengenmäßig bedeutenden Wirkstoffgruppen der Analgetika, Antipyretika, Antiphlogistika, Antiepileptika, Lipidsenkern, Psychopharmaka, Antibiotika, Tierarzneimitteln bis hin zu Röntgenkontrastmitteln und Zytostatika in ausgewählten Fließgewässern analysiert.

Über ein ganzes Jahr hinweg wurden Messstellen an Rhein, Neckar, Donau und die Körsch, als Beispiel für ein Gewässer mit sehr hohem Abwasseranteil, untersucht. Dabei konnten insgesamt 33 Arzneimittelwirkstoffe bzw. Metabolite (Abbauprodukte) nachgewiesen werden, 16 gar in Konzentrationen größer 0,1 µg/l. Die mengenmäßig Bedeutsamsten sind in Abb. 59 aufgeführt. Wie bereits die ersten orientierenden Untersuchun-

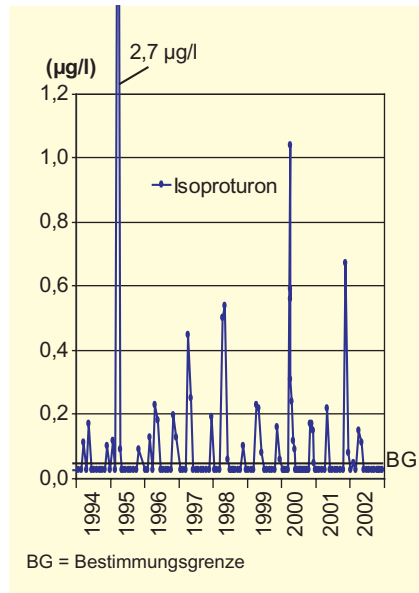


Abb. 55: Gehalte an Isoproturon im Neckar bei Mannheim (Quelle: LfU, 2002)

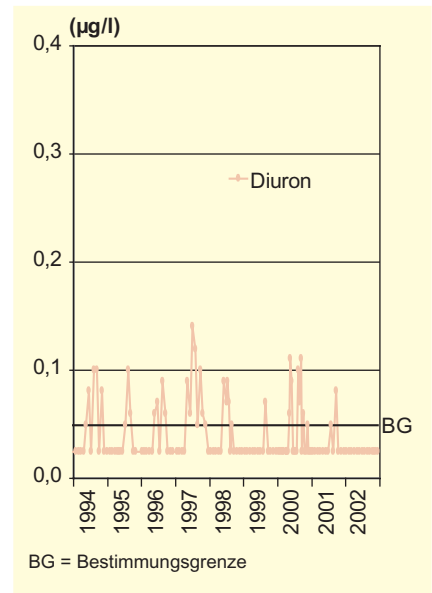


Abb. 56: Gehalte an Diuron im Neckar bei Mannheim (Quelle: LfU, 2002)

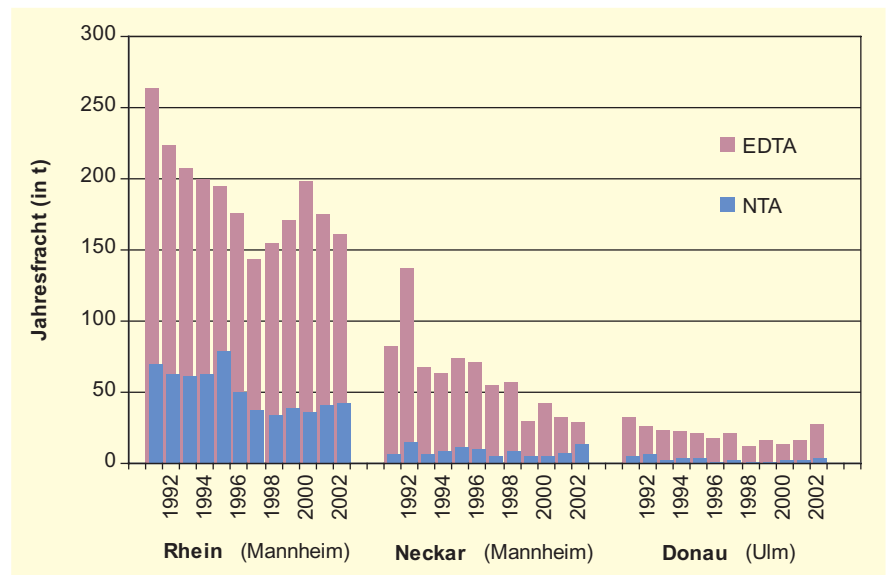


Abb. 57: Jahresfrachten an Komplexbildnern in Rhein, Neckar und Donau (Quelle: LfU, 2002)

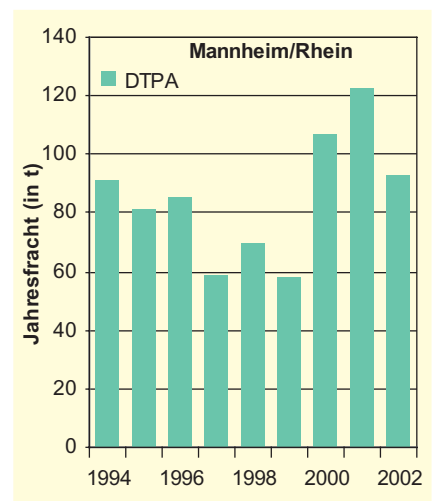


Abb. 58: Jahresfrachten an DTPA im Rhein (Quelle: LfU, 2002)

EDTA (Ethylen-dinitriolo₄tetraacetat), DTPA (Diethylen-triamin-pentaacetat) und NTA (Nitrilo₃triacetat)

sind synthetische Komplexbildner, die im gewerblichen, industriellen und häuslichen Bereich vielfältig eingesetzt werden. Ihr Einsatz reicht von der Entfernung störender Metallionen in der Metallverarbeitung, als Zusatz zur Wasserenthärtung in Wasch- und Reinigungsmitteln bis hin zu Anwendungen in der Photoindustrie und im Altpapierrecycling. EDTA und DTPA sind biologisch nur schwer abbaubar, NTA wird durch die Abwasserbehandlung wirksam abgebaut. Die synthetischen Komplexbildner sind nur gering toxisch. Erhöhte Gehalte sind jedoch für die Wasserwerke problematisch, da diese naturfremden und somit unerwünschten Verbindungen bei der Wasseraufbereitung nur schwer entfernt werden können. Ferner gibt es Anzeichen, dass erhöhte Gehalte von Komplexbildnern die Eutrophierung der Küstengewässer mittelbar fördern.

Arzneimittel

Arzneimittel werden in Deutschland in beträchtlichen Mengen verabreicht. Einen Teil der eingenommenen Mittel scheidet der Patient unverändert oder metabolisiert wieder aus. Über die Kläranlagen werden viele dieser Stoffe kaum oder ungenügend zurückgehalten und gelangen dann mit dem geklärten Abwasser in die Gewässer. Darüber hinaus diskutiert die Fachwelt verstärkt über synthetische und natürliche Hormone sowie über bestimmte Umweltchemikalien, die in Organismen „verweiblichende“ bzw. „vermännlichende“ Effekte hervorrufen können. Über die Wirkung der Arzneimittel und der hormonell wirksamen Substanzen ist derzeit noch sehr wenig bekannt.

gen 1997 zeigten, wird das Konzentrationsniveau der Arzneimittel im Wesentlichen durch den häuslichen Abwasseranteil des Gewässers bestimmt.

Synthetische bzw. endogene Östrogene waren bei analytischen Bestimmungsgrenzen von 5-10 ng/l mit Ausnahme eines Befundes in der Körsch (9 ng/l) nicht feststellbar. Dagegen tritt das natürliche Phytoöstrogen β -Sitosterol in den meisten Gewässern in gut messbaren Konzentrationen bis 0,1 $\mu\text{g/l}$ auf. Von den einschlägig diskutierten Industriechemikalien werden Bisphenol A, das in großen Mengen als Antioxidans von Weichmachern eingesetzt wird und das durch Abbau von in Industriereinigern enthaltenen Verbindungen entstehende iso-Nonylphenol (Isomergemisch) in der Regel in Gehalten unter 0,1 $\mu\text{g/l}$ vorgefunden.

Aromatische Sulfonate

In einem Forschungsvorhaben wurden die großen Flüsse Rhein, Neckar und Donau sowie mehrere Zuflüsse auf insgesamt 41 aromatische Schwefelverbindungen untersucht.

In den untersuchten Fließgewässern, welche eine ganze Bandbreite unterschiedlicher Emissionssituationen repräsentieren, konnten insgesamt 13 aromatische Sulfonate in analytisch bestimmbaren Konzentrationen gefunden werden. Die mengenmäßig Bedeusamsten sind in Tab. 17 aufgeführt.

7.3.8 Organische Schadstoffe in Schwebstoffen, Sedi- menten und Fischen

PCB

Die PCB-Gehalte der Schwebstoffe in den großen Fließgewässern sind gegenüber der ubiquitären Hintergrundbelastung immer noch deutlich erhöht. Bei den Untersuchungen der Jahre 2001-2002 wird der anzustrebende Orientierungswert von 30 $\mu\text{g/kg}$ (Summe der sechs Kongenere der AbklärV) in der Donau um rund 20 % (nur 2001), im Rhein um 30 % und im Neckar um ca. 40 % überschritten. Entsprechend werden auch bei Fischuntersuchungen im Rhein noch deutliche Anreicherungen von PCB gefunden. In einzelnen Aalproben des Hoch- und Oberrheins wer-

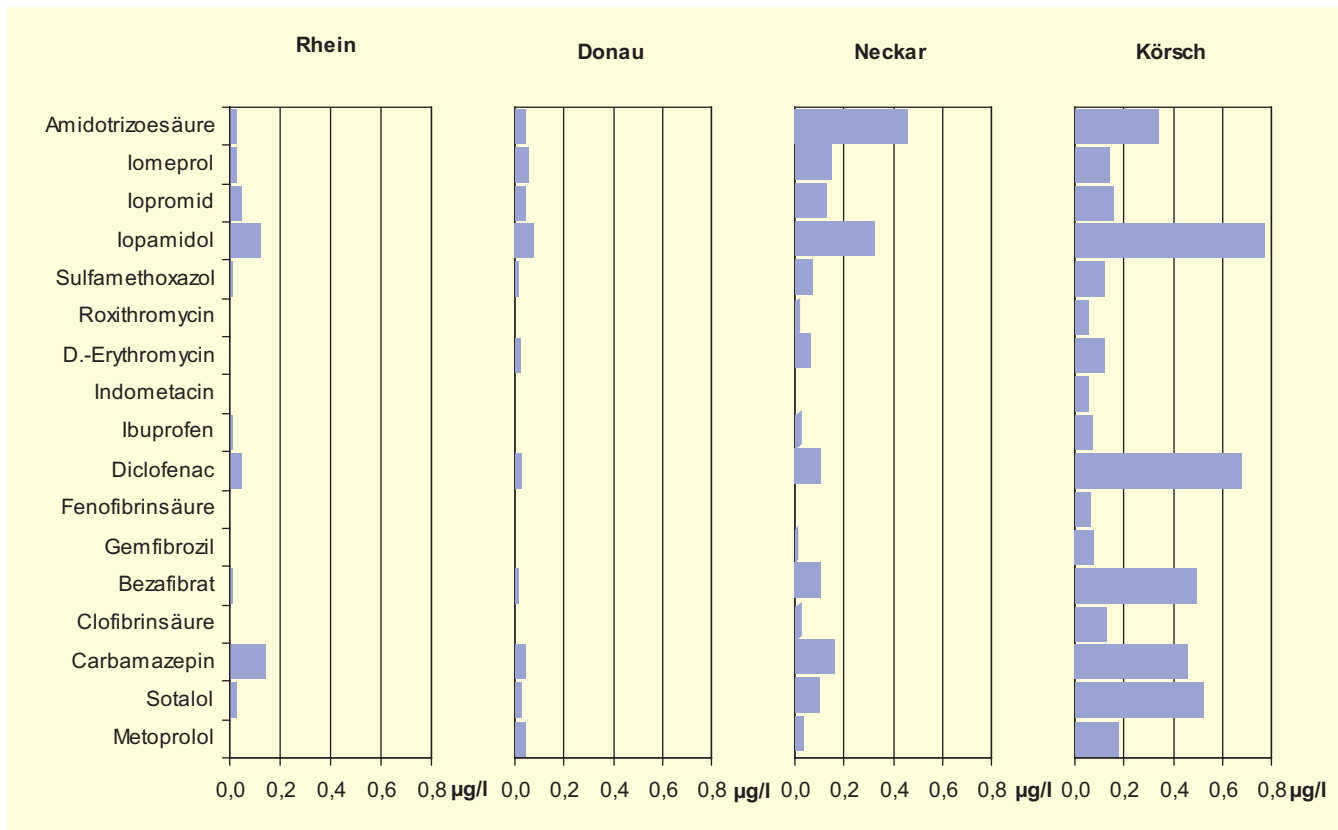


Abb. 59: Mittelwerte nachgewiesener Arzneimittel (in $\mu\text{g/l}$) (Quelle: LfU; Stand 2002)

Aromatische Sulfonate

Die aromatischen Sulfonate werden in vielfältigen Synthesen und Anwendungen, bei denen wässrige Lösungen oder Dispersionen eine wichtige Rolle spielen, in hohen Mengen eingesetzt. So sind sie z.B. von Bedeutung bei Tensiden, Farbstoffen und optischen Aufhellern. Zwar sind die Verbindungen dieser Stoffgruppe in der Regel nur gering toxisch, jedoch sind einzelne Vertreter aufgrund ihrer guten Wasserlöslichkeit und der nur geringen biologischen Abbaubarkeit problematisch für die Trinkwassergewinnung aus Uferfiltrat.

Verbindung in µg/l	Rhein (Iffezheim)	Neckar (Mannheim)	Donau (Ulm)	Körsch (Friedrichsmühle)	Kocher (Hüttlingen)
2-Naphthalinsulfonat	0,18	0,23	0,07	0,16	0,4
2-Amino-Naphthalin-1,5-disulfonat	0,45	0,11	0,08	0,27	0,21
1,5-Naphthalindisulfonat	0,38	0,31	0,11	<0,02	5,6
1,6-Naphthalindisulfonat	0,21	0,33	0,06	0,42	2,2
1,7-Naphthalindisulfonat	0,14	0,42	0,08	0,3	8

Tab. 17: Gehalte an polaren aromatischen Sulfonaten in µg/l (Quelle: LfU, 2000)

den die für Lebensmittel höchstzulässigen Werte durch die Kongenere PCB 138 und PCB 153 überschritten.

PAK

Die PAK-Belastung der Rheinschwebstoffe ist vergleichsweise gering. Dagegen sind die Schwebstoffe in Neckar und Donau deutlich mit PAK belastet: Der Orientierungswert für Benzo(a)pyren (180 µg/kg) wird in der Donau in 40 % (2001) und im Neckar in rund 80 % der Untersuchungen, der Orientierungswert für Fluoranthen (250 µg/kg) sogar ganz überwiegend (Neckar ca. 90 %, Donau 70 %) und z.T. um ein Mehrfaches überschritten.

HCB

In Schwebstoffen und Sedimenten des Rheins ist Hexachlorbenzol (HCB) stark angereichert. HCB gelangte bis Ende der 70er-Jahre in breitem Umfang vorwiegend mit den Abwasserleitungen eines Chemiebetriebes im Raum Rheinfelden in den Rhein. Seitdem sind dort die Emissionen stufenweise auf heute nahezu Null reduziert worden. Hexachlorbenzol ist aufgrund seiner Langlebigkeit in den tiefer liegenden Altsedimenten der Stauhaltungen am Oberrhein noch immer in hohen Konzentrationen angereichert. Die heutigen, in den oberen anstehenden Sedimentschichten vorgefundenen Maxima sind jedoch um ein Vielfaches niedriger, dennoch werden stellenweise HCB-Gehalte deutlich über 100 µg/kg vorgefunden. Auch weisen die Schwebstoffe zeitweise zu hohe HCB-Gehalte über der LAWA-Zielvorgabe von 40 µg/kg auf, wobei die erhöhten

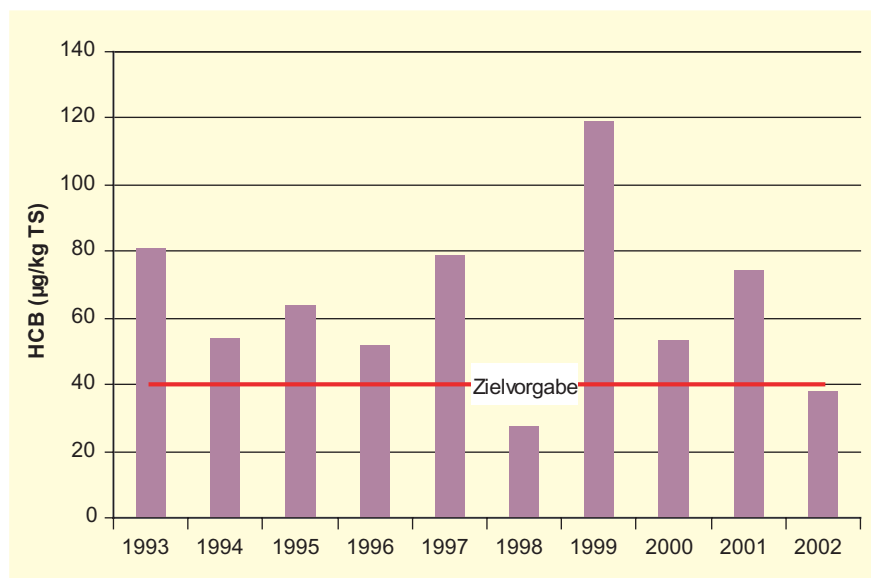


Abb. 60: HCB-Gehalte in Schwebstoffen des Rheins bei Iffezheim (90-Perzentile) (Quelle: LfU, 2003)

Werte im Untersuchungsjahr 1999 besonders markant sind (Abb. 60). Ursache hierfür sind die kurz hintereinander im Februar und Mai 1999 abgelaufenen Hochwasserereignisse im Hoch- und Oberrhein, die jedes für sich in der Liste der zehn bislang höchsten am Oberrhein registrierten Hochwasserereignisse einzuordnen sind. Insbesondere mit dem höheren Mai-Hochwasser ging eine deutliche Remobilisierung höher belasteter Sedimente einher. Hierüber wurde im Bericht zum Gütezustand der Fließgewässer ausführlich berichtet.

Die in den Oberrheinsedimenten vorgefundenen hohen HCB-Gehalte spiegeln sich auch in der gegenwärtigen Belastung der Fische, insbesondere in den am Gewässergrund lebenden und fettreichen Aalen, wider. So beginnt

bei Aalen im Rheinverlauf im unteren Hochrhein ein deutlicher Anstieg der HCB-Gehalte, der sich bis in den nördlichen Oberrhein fortsetzt. Im Oberrhein werden mit die höchsten HCB-Gehalte des gesamten Rheins vorgefunden. Der Vergleich mit früheren Untersuchungen zeigt, dass die Belastungen in der Nähe des ehemaligen punktuellen Einleiters im Hochrhein gegenüber 1995 deutlich gesunken sind. Dagegen werden am Beginn des südlichen Oberrheins (Bereich Griesheim bei km 210) stagnierende Gehalte auf vergleichsweise hohem Niveau und im weiteren Rheinverlauf gar eine deutliche Zunahme der Belastungen vorgefunden. Insgesamt weist die Mehrzahl der zwischen Griesheim und Landesgrenze untersuchten Aale Überschreitungen der lebensmittelrechtlichen Höchstmenge für HCB auf.

Die ebenfalls untersuchten Rotaugen sind dagegen lebensmittelrechtlich unauffällig.

Inwieweit die beobachtete Belastungszunahme der Fische im Oberrhein auf die Hochwasserereignisse 1999 und die damit verbundene Freilegung höher belasteter Sedimente oder auf noch bestehende, bislang unbekannte Einleiter zurückzuführen ist, kann derzeit noch nicht abschließend beurteilt werden. Vorsorglich haben die deutschen und französischen Behörden damit begonnen, sämtliche Einleiter auf HCB zu untersuchen, um aktuelle Einträge auszuschließen.

Organische Zinnverbindungen

Zinnorganische Verbindungen werden seit 2001 regelmäßig in den Schwebstoffen aus Rhein, Neckar und Donau bestimmt. Das Konzentrationsniveau ist insgesamt vergleichsweise niedrig. Die Gehalte liegen überwiegend unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze von 0,5 µg/kg; maximal werden Gehalte im unteren µg/kg-Bereich, i.d.R. < 1 µg Sn/kg, vorgefunden. Die in der Gewässerqualitätszielverordnung für

Organische Schadstoffe in Schwebstoffen, Sedimenten und Fischen

Bestimmte organische Schadstoffe reichern sich aufgrund ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften in Schwebstoffen, Sedimenten und Biota (z.B. Fischen) stark an und sind deshalb in der Wasserphase kaum nachweisbar. Insbesondere die Polychlorierten Biphenyle (PCB) und Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) werden ubiquitär vorgefunden. PCB, früher in großen Mengen in Transformatoren, Kondensatoren und als Hydraulikflüssigkeiten eingesetzt, sind persistent und reichern sich in der Nahrungskette stark an, weshalb deren Herstellung und Verwendung verboten wurden. Dagegen entstehen die PAK überwiegend bei der unvollständigen Verbrennung fossiler Brennstoffe. Die LAWA hat für PCB und PAK in Schwebstoffen und Sedimenten bislang keine Zielvorgabe abgeleitet. Daher werden zur Bewertung ersatzweise die im Auftrag der Freien und Hansestadt Bremen vom Institut für Umweltchemie Bremen GmbH für das Schutzgut aquatische Lebensgemeinschaft abgeleiteten Orientierungswerte herangezogen.

Di- und Tetrabutylzinn festgelegten Immissionswerte werden somit sicher eingehalten.

Weitere akkumulierbare organische Verbindungen

Neben den oben genannten Verbindungen werden in den Schwebstoffen und Sedimenten aus Rhein und Neckar vorwiegend das bereits langjährig verbotene Insektizid DDT und seine Metaboliten sowie ganz sporadisch auch Octachlorstyrol und Moschusxylol vorgefunden; die Gehalte sind allerdings in der Regel niedrig und liegen im Bereich der analytischen Bestimmungsgrenze.

7.4 Hygienisch-bakteriologische Beschaffenheit

An den großen Fließgewässern untersucht die LfU regelmäßig mikrobiologisch Keimzahl und Fäkalindikatorbakterien. Nach dem siebenstufigen Klassifikationsvorschlag von Popp (7) ist der Rhein oberhalb Karlsruhe hygienisch-bakteriologisch gesehen kritisch belastet (Belastungsstufe 4), unterhalb gar stark belastet (Belastungsstufe 5). Auch der gesamte gestaute Neckarabschnitt und die Donau bei Ulm sind stark belastet (Belastungsstufe 5).

Entsprechend zeigen auch die Kontrollen von Oberflächengewässern durch das Landesgesundheitsamt (LGA), dass Flussbadestellen häufig nicht den Anforderungen der EU-Richtlinie Badegewässer genügen und allgemein als Badeplatz nicht geeignet sind. Auch Untersuchungen des LGA am Neckar ergaben, dass an keiner der 12 Untersuchungsstellen auf dem gesamten Flusslauf die für eine Badestelle erforderliche mikrobiologische Wasserqualität erreicht wird.

7.5 Ökologische Beschaffenheit

7.5.1 Biologische Gewässergüte

Die biologische Gewässergüte nach LAWA (Stand 1998) im Vergleich zur vorangegangenen Kartierung 1991 zeigt, dass sich die Gewässergüte

weiter verbessert hat (Abb. 61). Insgesamt gesehen haben etwa drei Viertel der abwasserbelasteten Flussstrecken (76 %) die Güteklasse II (mäßig belastet) und besser (1991 waren es 71 %). Dies ist auf den Ausbau der weitergehenden Reinigung der Abwässer der größeren Kläranlagen (Denitrifikation und Phosphatfällung) zurückzuführen. Auch der weitere Ausbau der Regenwasserbehandlung hat die Stoßbelastungen auf die Flüsse bei starkem Regen nachhaltig abgemildert und den Zustand verbessert.

7.5.2 Artenvielfalt

In den Fließgewässern findet man rund 700 verschiedene Makrozoobenthon-Arten (kleine wirbellose Gewässertiere). Die Artenzahl bzw. Artenvielfalt der Kleintiere gibt Auskunft über Belastung und Naturnähe des Ökosystems. Während die stoffliche Belastung der Fließgewässer stark zurückgegangen ist, beeinträchtigen technische Maßnahmen den Lebensraum vielfach empfindlich und behindern vielerorts die Wiederansiedlung flusstypischer anspruchsvoller Arten und die Entwicklung der Artenvielfalt.

Der Oberrhein und insbesondere der Oberrhein haben seit den 70er-Jahren (Zeitraum der stärksten Belastung der Fließgewässer) eine starke Erhöhung der Artenvielfalt von etwa 50 auf etwa 190 Arten (Abb. 62) erfahren, wobei die Restrheinstrecke zwischen Basel und Breisach allein schon auf etwa 140 Arten kommt. Dies ist sogar eine höhere Artenzahl als vor der Industrialisierung um 1900. Es handelt sich dabei nur noch in geringem Maße um das gleiche Arteninventar wie zur Jahrhundertwende, es sind viele „Allerweltsarten“ und Neueinwanderer (Neozoen) hinzugekommen.

Insbesondere seit der Anbindung an den Main-Donau-Kanal 1992 sind über 10 Neueinwanderer (Abb. 63-65) durch den Schiffsverkehr in den Rhein eingeschleppt worden. Sie haben sich zum Teil so schnell vermehrt, dass sie streckenweise die Besiedlungsdichte der heimischen Fauna bei weitem übertrafen. So erreicht z.B. der Schlickkrebs *Corophium curvispinum*

Organische Zinnverbindungen

Von den zahlreichen zinnorganischen Verbindungen haben einige eine beträchtliche technische Bedeutung erlangt, insbesondere die Di- und Tributyl-, Dioctyl- und Triphenylzinn-Derivate. Diese finden in der Landwirtschaft als Fungizide, in Krankenhäusern als Desinfektionsmittel (Trialkylzinnverbindungen), in der Farbenindustrie als Antifoulingmittel (Tributylzinn) und in der Kunststoffindustrie als Stabilisatoren (Dialkylzinnverbindungen) Anwendung. Insbesondere die Vertreter mit kleinen Alkylresten (wie z.B. Trimethyl- und Tributylzinnverbindungen) sind hochgradig toxisch. So hat die Verwendung von Tributylzinn als Antifouling in der Seeschifffahrt an Küsten zum Absterben bestimmter Schneckenpopulationen geführt.

Hygienisch-bakteriologische Beschaffenheit

Hygienisch-bakteriologisch beeinträchtigt werden die Fließgewässer in erster Linie durch die Restbelastung häuslicher Abwässer aus Kläranlagen. Durch die heute angewandte Abwassertechnologie wird eine beträchtliche Reduktion der Keimbelastung – je nach Verfahren bis zu 99 % – erreicht. Neben den Kläranlagen spielt jedoch auch der Keimeintrag aus diffusen Quellen (Abschwemmungen etc.) eine nicht unerhebliche Rolle.

Biologische Gewässergüte

Die „biologische Gewässergüte“ nach LAWA lässt vor allem Beeinträchtigungen von Fließgewässern durch biologisch leicht abbaubare Stoffe und sich hieraus ergebende Defizite des Sauerstoffhaushalts erkennen. Untersuchungen zur biologischen Gewässergüte führt Baden-Württemberg in etwa 5-jährigem Abstand seit 1968 flächendeckend durch. Die Ergebnisse werden in Form von Güteklassen dargestellt. Bei der Überwachung der Fließgewässer diente die biologische Gewässergüte bis in die 80er Jahre als Leitparameter für die Beschaffenheit schlechthin und wurde als Hauptinstrument herangezogen, um Handlungsbedarf und Sanierungserfolge zu erkennen. Im Blick auf kommende EU-Anforderungen zur Ausweisung der ökologischen Qualität erfasst die biologische Gewässergüte zwar einen wichtigen Teilaspekt, doch müssen zukünftig weitere Merkmale wie Naturraumtypie, Artenvielfalt und Arteneigenschaften mit herangezogen werden, um Fließgewässer zu bewerten und klassifizieren. Ein hierfür geeignetes Verfahren wird auf Bundesebene derzeit entwickelt.

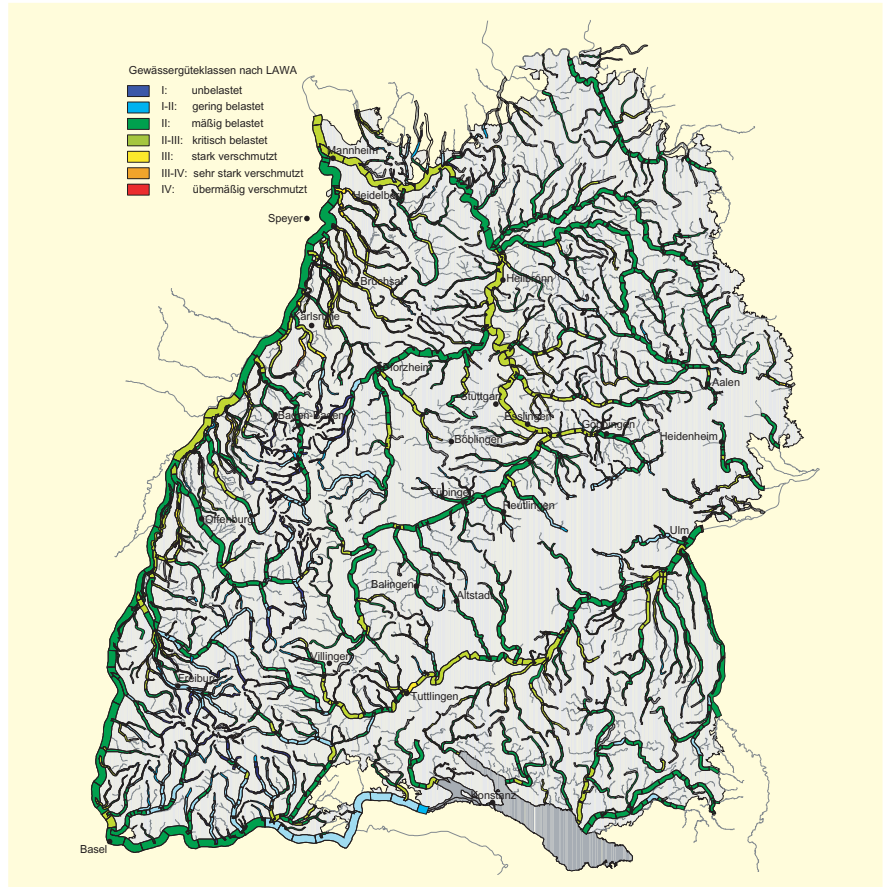


Abb. 61: Die biologische Gewässergütekarte nach LAWA (Quelle: LfU; Stand 1998)

Individuendichten von mehreren 10 000 pro m². Bis jetzt scheint das Ende der Schifffahrtsstrecke oberhalb Basel für die meisten Neozoen auch das Ende einer weiteren Ausbreitung in den Hochrhein zu sein. Die ungewöhnlich große Zahl der Neueinwanderer in so kurzer Zeit verändert laufend die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft des Rheins, ein Ende dieser Entwicklung ist nicht abzusehen. Eine Verdrängung vorhandener Arten konnte nicht nachgewiesen werden. Der starke Rückgang der Flusskahnschnecke *Theodoxus fluviatilis* im selben Zeitraum kann ursächlich nicht damit in Verbindung gebracht werden. Diese ständige Veränderung der Lebensgemeinschaft erschwert die Beurteilung des ökologischen Zustands des Rheins.

Viele charakteristische Flussarten, die nur noch in Resten vorhanden oder ganz verschwunden waren, sind wieder zum festen Bestandteil der Rheinflauna geworden; so z.B. die Großlibellen der *Gomphus*-Arten, die sich von Norden her ausbreiten.

Auch sensiblere Formen, die höhere Ansprüche an ihren Lebensraum stellen, sind 2000 im Oberrhein wieder nachgewiesen worden, so die Arten der heute eher seltenen Gattungen Ephemera. Mit dem Rückgang der organischen Belastung seit Jahren werden nun auch die feineren Sedimente besser wasserdurchströmt und sauerstoffreicher. Dies ermöglicht insbesondere den grabenden Wasserinsekten, in diese Lebensräume zurückzukehren. Dazu gehört die Dänische Eintagsfliege Ephemera danica, die eine typische Form großer langsam fließender Gewässerabschnitte war und wohl nun auch wieder für den Rhein sein wird. Andere typische Rheinarten wie die Eintagsfliege *Oligoneuriella rhenana*, deren Namengebung auf das ehemalige Massenvorkommen im Rhein zurückgeht, fehlen noch immer, obwohl sie in anderen Flussgebieten nachgewiesen werden können.

Auch der schiffbare Neckar, der durch die Kanalisierung und den Bau von 27 Stauhaltungen seinen Fließ-

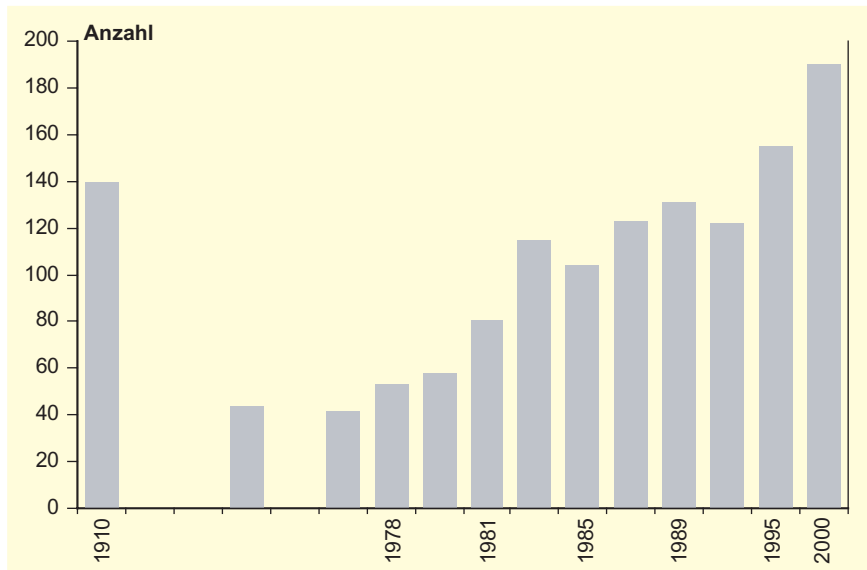


Abb. 62: Entwicklung der Artenzahl (Vielfalt) der Kleinlebewesen (Makrozoobenthon) im Oberrhein (Quelle: Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR), 2002)

gewässercharakter nahezu verloren hat, beherbergt wieder etwa 120 Arten; vor etwa 25 Jahren waren es streckenweise weniger als 25.

An der Donau waren die Beeinträchtigungen durch Flussausbau und Industrialisierung geringer als an Rhein und Neckar. Dies spiegelt sich auch an einem zumindest streckenweise wesentlich besseren Erhalt des ursprünglichen ökologischen Zustandes wider. In Baden-Württembergs Donaustrecke werden deshalb etwa 260 Arten angetroffen.

Im Rahmen des Programms „Lachs 2000“ der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) untersuchen Wissenschaftler den Rhein vom Bodensee bis zur Nord-

see zur Erfolgskontrolle auf seine aquatische Lebensgemeinschaft, insbesondere auf verschwundene und ausgestorbene Arten hin. So konnten sie bei den Fischen 2000 einen deutlichen Anstieg der Arten auf 63 für den Gesamtrhein nachweisen (1995: 45 Arten). Damit ist die ehemalige Lebensgemeinschaft der Fische nahezu wieder komplett vorhanden. Aufgrund der erreichten Verbesserungen werden Langdistanzwanderfische wie der Lachs seit Jahren wieder regelmäßig, vereinzelt auch das Meerneunauge im Oberrhein beobachtet. Die Staustufe Iffezheim ist mit einer funktionstüchtigen Fischtreppe ausgerüstet, um dem Lachs den Aufstieg in einige seiner ehemaligen Laichgewässer wieder zu ermöglichen. Mehr als 120 Lachse sind in der Saison 2000

über die neue Fischtreppe aufgewandert. Die Staustufe Gamsbheim soll nach den Iffezheimer Erfahrungen bis voraussichtlich 2004 ebenfalls einen Fischpass erhalten.

8. Baggerseen

8.1 Übersicht

In Baden-Württemberg sind im Zuge der Industrialisierung mehr als 600 Baggerseen entstanden, die meisten im Ortenaukreis und im Landkreis Karlsruhe (Abb. 66). Die größten Seeflächen, mit durchschnittlich 20 Hektar, befinden sich in der Region „Mittlerer Oberrhein“ mit den Landkreisen Karlsruhe und Rastatt sowie in den Stadtkreisen Karlsruhe und Baden-Baden. Da die „Mächtigkeit“ der abbaubaren Kieslagerstätten am Oberrhein einem Nord-Süd-Gefälle folgt, liegen tiefe Baggerseen mit Seetiefen bis zu 80 m eher in den südlichen Landesteilen, so etwa in der Markgräfler Rheinebene. Im übrigen Baden-Württemberg konzentrieren sich die Abbaustätten vorwiegend auf die Regionen Bodensee-Oberschwaben, Schwarzwald-Baar-Heuberg, Neckar-Alb und Donau-Iller. Aufgrund der geringen Kiesmächtigkeiten sind hier meist kleine und flache Abgrabungsseen entstanden. Nachfolgend werden die Abbaustätten der außerhalb der Oberrheinebene liegenden Regionen zusammenfassend als „Donau-Bodensee-Region“ bezeichnet.



Abb. 63: Vielborstiger Wurm (Polichaeta) des Süßwassers *Hypania invalida* in seiner Wohnröhre, Neueinwanderer in Rhein und Neckar (Foto: Peter Rey)

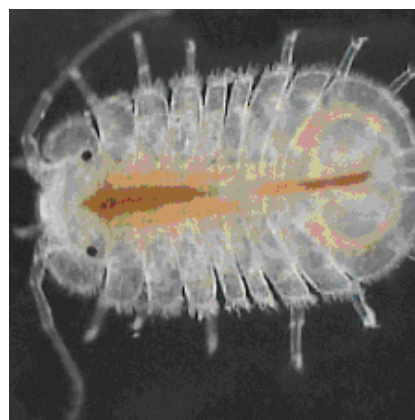


Abb. 64: *Jaera cf. Istri*, neu eingewanderte kleine Assel in Rhein und Neckar (Foto: Peter Rey)



Abb. 65: Körbchenmuschelarten, *Corbicula fluminea* und *Corbicula fluminalis*, Neueinwanderer in Rhein und Neckar (Foto: Peter Rey)

Baggerseen können als vom Grundwasser durchströmte, künstlich geschaffene Gewässer bezeichnet werden. Im Gegensatz zu natürlichen Seen haben sie nur in Ausnahmefällen einen oberirdischen Zu- oder Abfluss und sind in aller Regel durch steil abfallende Ufer und große Seetiefen charakterisiert.

8.2 Nutzung

Die zahlreichen Baggerseen gewinnen in unserer intensiv genutzten und dicht besiedelten Kulturlandschaft zunehmend an wasserwirtschaftlicher und ökologischer Bedeutung. Einerseits erfüllen sie vielfältigste Nutzungsansprüche der im Umfeld lebenden Menschen. Andererseits haben sie nicht selten auch ausgeprägte naturräumliche Funktionen als Lebensraum für selten gewordene Tier- und Pflanzenarten.

Schon während der Abbauphase unterliegen die meisten Baggerseen den unterschiedlichsten Nutzungen (Abb. 67). So hat sich beispielsweise, unabhängig vom Auskiesungszustand, der Angelsport bereits an etwa 90 % der Baggerseen in der Oberrheinebene etabliert. Durchschnittlich jeder zweite Baggersee wird dort als Badesee genutzt, in der Donau-Bodensee-Region etwa jeder vierte. Wesentlicher Faktor für den Naturschutzwert ist die Art der Folgenutzung und die davon unmittelbar abhängige Gestaltung des Sees: Landschaftssee, Freizeitsee (Baden, Wassersport, Angelsport, Tauchen usw.). Für jeden See sollten die Verantwortlichen bereits in der Planungsphase, also im Vorfeld der Abbaugenehmigung, eine Schwerpunktnutzung definieren. In der Praxis sind solche Nutzungskonzepte allerdings selten, und es kommt zur Vereinigung vieler Nutzungsformen an einem See. Dies kann insbesondere bei konkurrierenden Nutzungsarten Konflikte auslösen. Außerdem besteht bei intensiven Freizeitnutzungen ein erhöhtes Eutrophierungs- und Belastungspotenzial. Beispielsweise führen am Baggersee häufig eine intensive Fischerei und übermäßiger und „wilder“ Badebetrieb zu erhöhten Nährstoffeinträ-



Abb. 66: Stadt- und Landkreise mit Anzahl der Baggerseen in Baden-Württemberg (Quelle: LfU, 2003)

gen und zu Trittschäden in der Vegetation an den Ufern.

8.3 Untersuchungen

Aufgrund zunehmender Güteprobleme bei bestehenden Baggerseen und zahlreichen offenen Fragen im Zusammenhang mit Auskiesungsvorhaben hat die LfU im Jahr 1994 ein Projekt „Baggerseen“ initiiert. In der Oberrheinebene wurden insgesamt 335 Baggerseen und in der Donau-Bodensee-Region 278 Baggerseen katalogisiert; davon konnten 331 untersucht werden. Um eine schnelle Übersicht über den Zustand der Baggerseen erheben zu können, wurde ein Messprogramm angewendet, das zwei Untersuchungen vorsieht:

- im Frühjahr, in der Zeit der Vollaurchmischung, um das Nährstoffpotenzial zu erfassen,
- im Sommer, gegen Ende der Stagnationsphase, um die Biomasse und die Sauerstoffverhältnisse zu erfassen.

Die Untersuchungen zeigten, dass auf dieser Grundlage der Zustand von Baggerseen gut erkannt und beschrieben werden kann. Seither sind 509 Baggerseen mindestens einmal einem intensiven limnologischen Untersuchungsprogramm unterzogen worden, das neben der chemischen Wasseranalytik auch biologische Bestimmungen, Tiefenprofilmessungen und Sedimentanalysen umfasst. Einen Überblick über Schwankungsbreite und Mittelwert der in den Sommerbeprobungen erhobenen Kenngrößen aus dem Oberflächenwasser (Epilimnion) und dem Tiefenwasser (Hypolimnion), differenziert nach den Regionen „Oberrhein“ und „Donau-Bodensee“, gibt Tab. 18.

8.4 Zustand der Seen

Die Kriterien für die Bewertung des Zustandes der Baggerseen beruhen auf der Einstufung des Eutrophierungspotenzials (Gesamtphosphor im Frühjahr), der biologischen Produktion (Chlorophyll a im Sommer) und der Sauerstoffverhältnisse

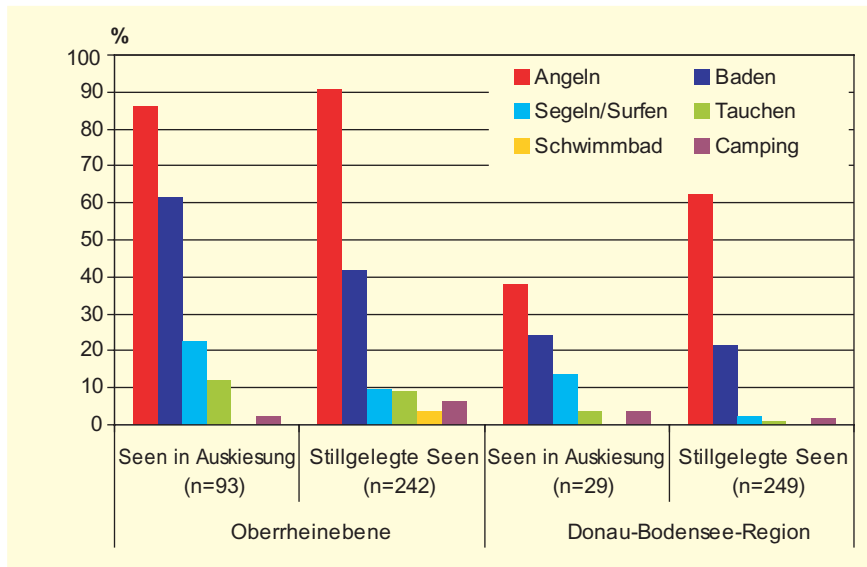


Abb. 67: Hauptnutzungsformen von Baggerseen (Quelle: LfU, 2002)

so hoch wie in den Seen der Oberrheinebene.

Die Einstufung anhand der Sauerstoffdefizite (Mächtigkeit der sauerstoffarmen Schicht über dem Seeboden) zeigt im Oberrheingraben ein unerfreuliches Bild: bei 61 % der Baggerseen können die Sauerstoffverhältnisse nur als akzeptabel oder ungünstig beurteilt werden, wo hingegen in der Donau-Bodensee-Region nur 34 % der Seen in diese Bewertungsstufen fallen. Das Auftreten der zum Teil extrem ausgeprägten sommerlichen Sauerstoffdefizite ist für den Lebensraum See schädlich, da diese Sauerstoffprobleme beispielsweise häufig mit der Bildung von giftigem Schwefelwasserstoff gekoppelt sind (Abb. 70).

Was ist Trophie?

Die Trophie eines Gewässers beschreibt die Intensität der aufbauenden Stoffwechselleistungen in einem aquatischen System. In der Regel wird diese sogenannte Primärproduktion von planktischen Algen geleistet. Das Algenwachstum ist maßgeblich von Einflussgrößen wie Lichtintensität und Temperatur, von der Menge und vom Verhältnis der im Wasserkörper vorhandenen Nährstoffe (v.a. Stickstoff- und Phosphorverbindungen) abhängig. Bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts führten grundlegende Erkenntnisse über stehende Gewässer (z. B. THIENEMANN 1915 und NAUMANN 1917) zur heute üblichen vierstufigen Definition von Seetypen. Innerhalb einer gleitenden Skala stehen auf der einen Seite der meist tiefe, nährstoffarme und gering produktive See mit klarem Wasser (oligotroph) und auf der anderen Seite der häufig flache, nährstoffreiche und hoch produktive See mit durch Algen getrübt Wasser (eutroph). Stark nährstoffübersättigte Gewässer werden als polytroph, extrem nährstoffübersättigte Gewässer als hypertroph bezeichnet; die mesotrophen Gewässer stellen eine Übergangsstufe zwischen oligo- und eutrophen Seen dar. Seen unterliegen im Laufe der Zeit einer schrittweisen Umwandlung vom nährstoffarmen und gering produktiven zu einem nährstoffreichen und hoch produktiven Gewässertypus. Menschliche Einflüsse haben diesen natürlichen, sehr langsam ablaufenden Prozess, die sogenannte Eutrophierung, in den vergangenen Jahrzehnten zum Teil enorm beschleunigt.

(Sauerstoffdefizit im Sommer). Da es für die spezifischen Verhältnisse in Baggerseen bisher kein geeignetes Bewertungssystem gibt, hat die LfU ein 3-Stufen-Verfahren erarbeitet, das im Wesentlichen auf dem von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) entwickelten Klassifikationsverfahren zur trophischen Bewertung natürlicher Seen basiert (Abb. 68).

Betrachtet man die Baggerseen nach diesem Bewertungsschema, so ergibt sich für die Seen der Oberrheinebene nach der Beurteilung des Trophiepotenzials und der seeinternen biologischen Produktion eine günstige Zustandsbewertung (Abb. 69). Beim Nährstoffhaushalt (Gesamtphosphor während der Frühjahrszirkulation) befinden sich etwa 88 % der untersuchten Seen in einem gering oder mäßig belasteten Zustand und weisen ein positives Gütebild auf. 12 % der Seen sind als hoch belastet bzw. als eutroph einzustufen. Zu ähnlichen Klassengrößen kommt man bei der Betrachtung der biologischen Produktion bzw. der Biomasse (Chlorophyll a während der Sommerstagnation): bei 73 % der Seen sind die Belastungen gering und mäßig; 27 % dagegen sind hoch belastet und werden als eutroph eingestuft. In der Donau-Bodensee-Region sind allerdings die Anteile der Belastungsklasse „hoch“ für die betrachteten Kriterien mit 21 % (Nährstoffhaushalt) und mit 42 % (Biomasse) nahezu doppelt

Nach Beendigung der Auskiesung sind Sauerstoffdefizite am häufigsten bei Seen mit Tiefen von 10 bis 30 m festzustellen. In etwa 80 % der oberrheinischen Baggerseen dieser Tiefe war Schwefelwasserstoff nachweisbar. In tieferen Seen (>30 m) stellt sich die Situation etwas günstiger dar, vermutlich weil das vergrößerte Seevolumen ein vergrößertes Sauerstoffreservoir bietet. Flachere Seen (<10 m), wie sie nahezu ausnahmslos in der Donau-Bodensee-Region vorkommen, haben ebenfalls eine bessere Sauerstoffversorgung über Grund, da sauerstoffreiches Oberflächenwasser nach unten geführt werden kann. Allerdings ist die sedimentative Festlegung von Nährstoffen in Flachseen vergleichsweise gering, so dass sich gerade in diesen Seen häufig übermäßig Biomassen entwickeln.

Außerdem wurden einmalig 1994 bis 1996 im Hinblick auf mögliche Schadstoffanreicherungen Sedimente aus Baggerseen am Oberrhein analysiert und schwerpunktmäßig die Schwermetallgehalte und das Vorkommen organischer Schadstoffe überprüft. Die Ergebnisse zeigen, dass die Belastungssituation vergleichsweise gering ist. So liegen beispielsweise die Schwermetallkonzentrationen von Sedimenten meist weit unterhalb bekannter Bodenrichtwerte. Auch im Vergleich mit anderen Sedimenten (Flüsse und natürliche Seen) sind die

Verteilungsstatistik	Parameter	Epilimnion (Oberfläche)						Hypolimnion (über Grund)					
		Oberrheinebene (n = 331)			Donau-Bodensee- Region (n = 178)			Oberrheinebene (n = 331)			Donau-Bodensee- Region (n=178)		
		Min	Mittel	Max	Min	Mittel	Max	Min	Mittel	Max	Min	Mittel	Max
Wassertemperatur	[°C]	13,2	20,4	26,9	10,1	20,1	26,0	4,9	12,9	24,9	6,3	16,6	24,0
Sauerstoff	[mg/l]	2,9	9,8	21,5	2,2	9,9	19,7	0,0	2,5	12,8	0,0	4,8	17,1
pH-Wert	-	7,1	8,2	9,3	7,0	8,2	9,3	5,6	7,4	9,0	6,2	7,6	9,3
Leitfähigkeit	[µS/cm]	162	511	1512	129	484	1621	175	596	2049	151	536	2500
Sichttiefe	[m]	0,3	2,7	10,0	0,0	1,8	7,4	-	-	-	-	-	-
Chlorophyll a	[µg/l]	0,1	12,2	107,6	0,7	20,0	117,1	-	-	-	-	-	-
Schwefelwasserstoff	[mg/l]	-	-	-	-	-	-	0,00	0,86	16,00	0,00	0,08	5,00
Ammonium-Stickstoff (NH ₄ -N)	[mgN/l]	0,02	0,04	0,85	0,02	0,04	0,19	0,02	1,00	16,97	0,02	0,31	6,86
Nitrit-Stickstoff (NO ₂ -N)	[mgN/l]	0,010	0,012	0,101	0,010	0,015	0,068	0,010	0,016	0,508	0,010	0,019	0,345
Nitrat-Stickstoff (NO ₃ -N)	[mgN/l]	0,50	0,95	16,74	0,50	1,57	11,38	0,50	0,77	14,50	0,50	1,40	11,86
Phosphat-Phosphor (PO ₄ -P)	[mgP/l]	0,005	0,006	0,294	0,005	0,008	0,258	0,005	0,071	1,500	0,005	0,019	0,759
Gesamt-Phosphor (TP)	[mgP/l]	0,005	0,025	0,208	0,005	0,040	0,489	0,005	0,132	2,017	0,005	0,073	0,954
Sulfat (SO ₄)	[mg/l]	7,3	63,8	386,1	1,9	54,8	736,0	1,6	56,2	351,5	2,0	55,9	1050,0
Chlorid (Cl)	[mg/l]	4,2	39,4	188,0	2,1	24,5	62,5	3,3	41,6	596,0	3,0	24,4	62,9
Hydrogencarbonat (HCO ₃)	[mmol/l]	0,8	2,5	6,2	0,5	3,2	6,3	0,9	3,4	9,7	0,5	3,6	9,0
Calcium (Ca)	[mg/l]	15,0	63,6	197,0	13,0	66,4	291,0	15,0	77,9	239,8	19,1	75,3	483,0
Magnesium (Mg)	[mg/l]	2,8	11,9	39,6	2,2	14,6	52,1	2,8	12,4	41,8	2,3	15,2	68,8
Natrium (Na)	[mg/l]	2,6	21,2	70,6	2,2	11,1	30,1	3,1	21,9	160,0	2,0	11,2	30,8
Kalium (K)	[mg/l]	0,5	4,6	54,3	0,5	2,7	12,2	0,8	4,7	54,0	0,5	2,7	13,4
Eisen (Fe)	[mg/l]	0,010	0,054	0,777	0,010	0,114	0,565	0,010	0,949	35,000	0,010	0,520	15,300
Silizium (Si)	[mg/l]	1,0	1,7	9,2	1,0	1,4	6,0	1,0	4,0	14,1	1,0	2,2	8,1
Mangan (Mn)	[mg/l]	0,005	0,029	0,700	0,005	0,041	0,489	0,005	0,842	13,000	0,005	0,351	4,832
Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	[mg/l]	0,3	3,1	20,1	0,6	3,5	19,0	0,3	2,9	24,8	0,5	3,3	17,0
Spektraler Absorptionskoeffizient (SAK ₂₅₄)	[Ext./m]	1,5	4,0	24,6	1,5	6,2	59,0	1,5	6,2	90,0	1,5	6,6	59,0

Tab. 18: Verteilungsstatistik und Kenngrößen aus den Sommerbeprobungen 1994-2002 (Quelle: LfU, 2003)

1. Eutrophierungspotenzial	2. Biologische Produktion	3. Sauerstoffverhältnisse
Nährstoffkonzentration gemessen als Gesamtphosphor	Algen-Biomasse gemessen als Chlorophyll a	Sauerstoffarme Wasserschicht über dem Seeboden (Mächtigkeit)
0-15 µg/L gering 15-45 µg/L mäßig > 45 µg/L hoch	0-4 µg/L gering 4-12 µg/L mäßig > 12 µg/L hoch	0-10 % günstig 10-30 % akzeptabel > 30 % ungünstig
Messung während der Frühjahrszirkulation	Messung während der Sommerstagnation	Messung während der Sommerstagnation

Abb. 68: Einteilungsklassen zur Trophieeinstufung und zum Sauerstoffhaushalt von Seen (Quelle: LfU, 2003)

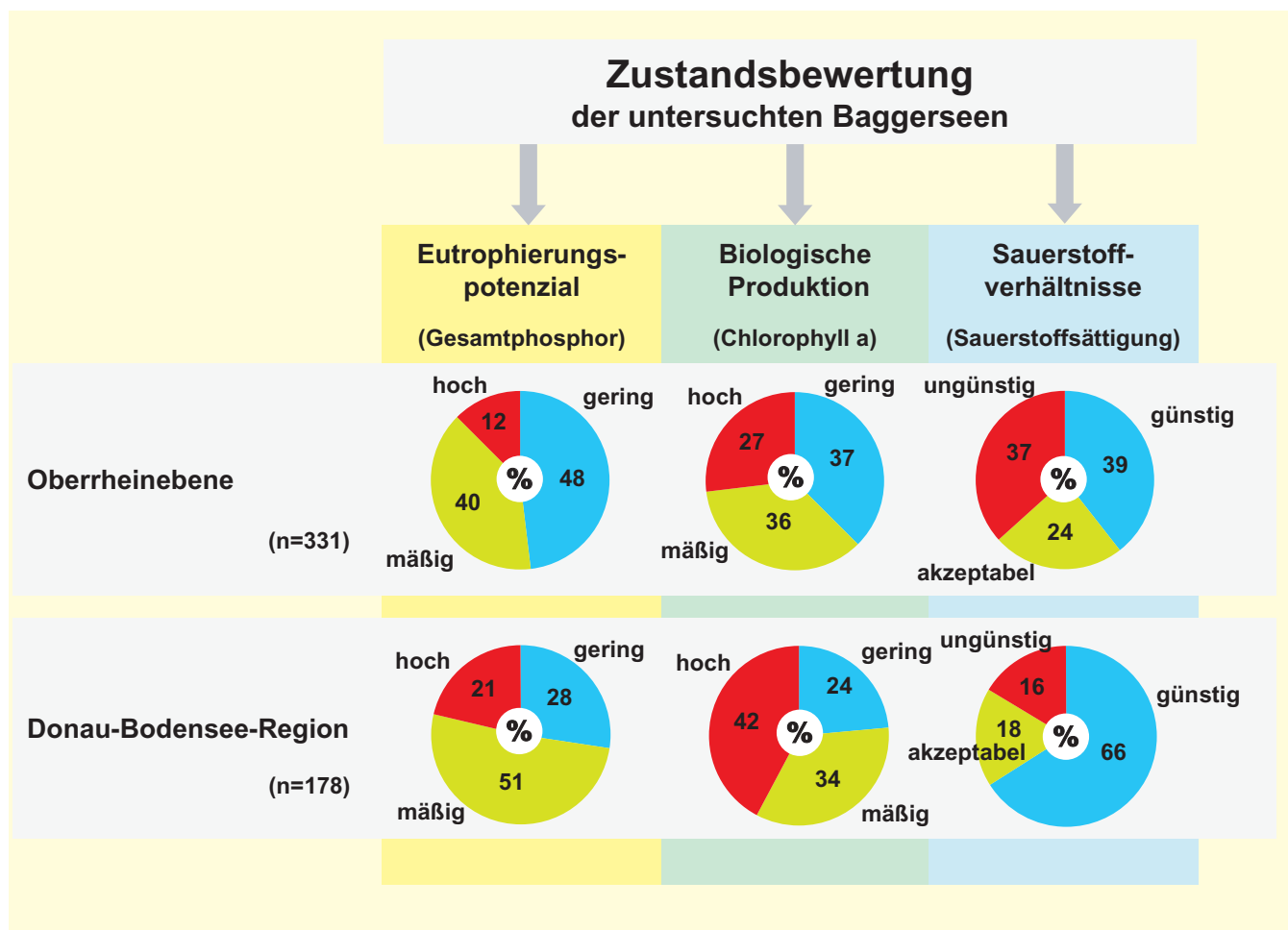


Abb. 69: Klassifizierung der Baggerseen anhand der Kenngrößen Gesamtphosphor, Chlorophyll a und Sauerstoffsättigung (Quelle: LfU, 2003)

vorgefundenen Gehalte niedrig. Besorgnis erregende Konzentrationen finden sich nur in Ausnahmefällen (z.B. bei Altlasten o.Ä.).

Von den organischen Schadstoffen wurden am häufigsten die ubiquitär in der Umwelt verbreiteten polycyclischen aromatischen Kohlen-

wasserstoffe (PAK) angetroffen, doch die Konzentrationen liegen weit unterhalb eines gesundheitsgefährdenden Bereichs. Bei den anderen untersuchten Parametern lagen die Gehalte in der Regel unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze. Bei Pflanzenschutzmitteln war bei keinem der 55 untersuchten oberrhei-

nischen Seesedimente ein Nachweis möglich. Polychlorierte Biphenyle (PCB) waren insgesamt nur zweimal in äußerst niedrigen Konzentrationen nachweisbar. Auch die gemessenen Chlorbenzole lagen meist unterhalb der Bestimmungsgrenze. Die Bestimmungsgrenze wurde nur bei 1,2-Di-

chlorbenzol und 1,4-Dichlorbenzol geringfügig überschritten.

8.5 Ergebnis

Die bisher durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass die häufig unbefriedigenden Sauerstoffverhältnisse im Tiefenbereich der Baggerseen bei gleichzeitig guten Trophieverhältnissen wesentlich durch den Grundwasserzufluss (und -austausch) beeinflusst werden. Dies trifft insbesondere auf die meist tiefen Baggerseen der Oberrheinebene zu. Die Qualität des Grundwassers mit seiner geogenen und hydrochemischen Hintergrundbelastung (z. B. hohe Sulfatkonzentrationen, sauerstoffarme Verhältnisse) bestimmt neben den anthropogen bedingten Einflussfaktoren maßgeblich den Zustand der Baggerseen. Ferner sind für die limnologische Situation dieser Seen auch sauerstoffverbrauchende seeinterne Prozesse, die charakteristische morphologische Ausgestaltung der Seen sowie deren Lage (z. B. Auenlage, Grundwasserlandschaft) von Bedeutung. Um die bestehende Güteproblematik an den Baggerseen im Lande exakt einzuschätzen, Veränderungen zu erkennen und langfristig Eutrophierungserscheinungen zu minimieren, bedarf es weiterer spezifischer Untersuchungsvorhaben und detaillierter Ursachenanalysen.

9. Bodensee

Auf Anregung der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB), die 1959 gegründet worden war, begannen 1961 regelmäßige Untersuchungen von Wasserproben aus Vertikalprofilen von zwei Entnahmestellen im zentralen Bodensee-Obersee. Das Programm wurde initiiert, um die Belastung des Sees und die Veränderungen in seinem Gütezustand zu erfassen. Wesentliches Anliegen dabei war, den in den fünfziger Jahren erstmals beobachteten Anstieg der Phosphorkonzentrationen im Freiwasser zu verfolgen, seine Auswirkungen auf den See zu erforschen und Handlungsbedarf aufzuzeigen. Bei den gemessenen chemischen Parametern

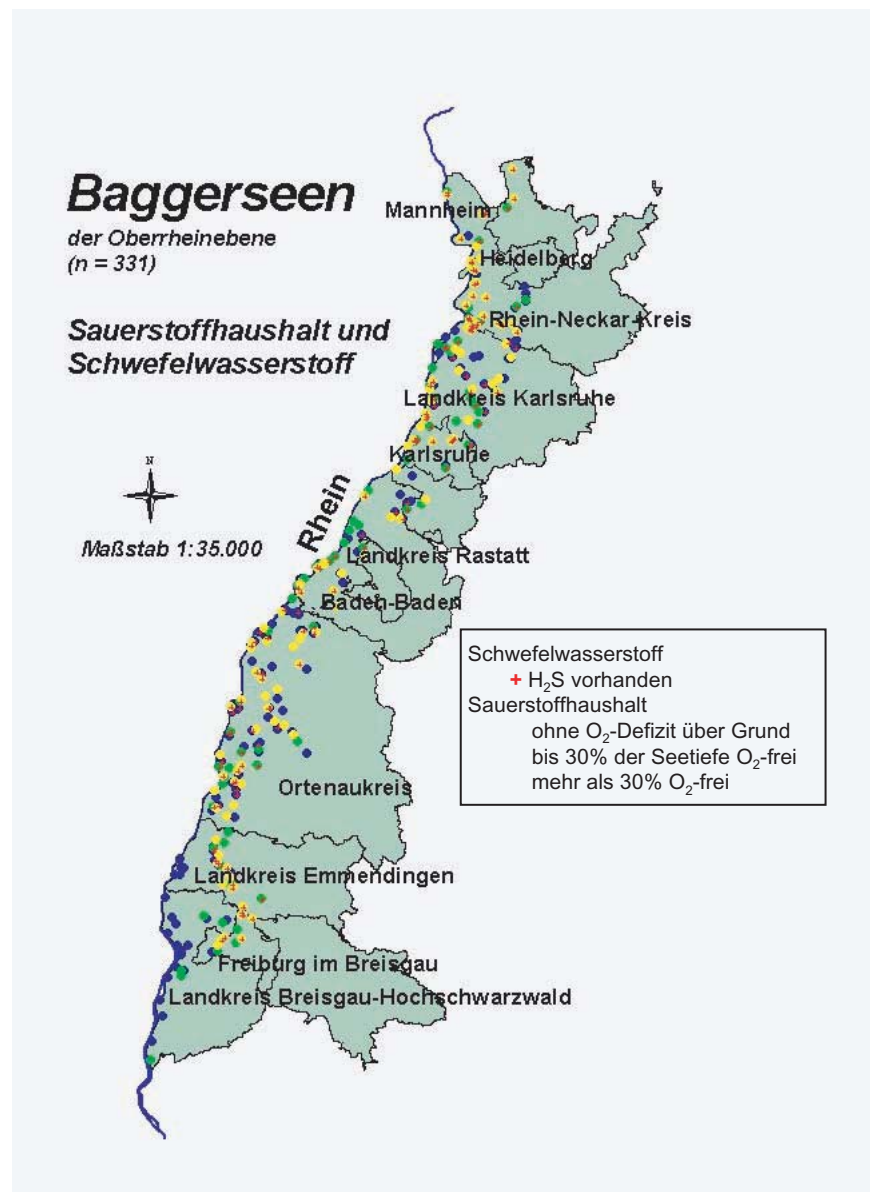


Abb. 70: Sauerstoffversorgung der Baggerseen in der Oberrheinebene (Quelle: LfU, 2002)

(etwa 30) stehen daher Pflanzennährstoffe, insbesondere Phosphorverbindungen, im Mittelpunkt. Erhoben werden aber auch Parameter, deren Indikatorfunktion Rückschlüsse auf dominante seeinterne Prozesse und äußere Einflussfaktoren zulässt. An biologischen Parametern wird die Artenzusammensetzung und die Biomasse des Phytoplanktons, die Individuenzahl und ebenfalls die Artenzusammensetzung des Zooplanktons und die Keimzahl wichtiger Bakteriengruppen bestimmt. Diese Untersuchungen führen verschiedene Institutionen der Schweiz, Österreichs und Deutschlands durch. Die Fischereistatistik wird durch die IBKF (Internationale Bevollmächtigten-

konferenz für die Bodenseefischerei) erhoben.

Die Freiwasseruntersuchungen finden monatlich an mehreren Untersuchungsstationen des Bodensee-Obersees und -Untersees statt (Abb. 71). Die langjährigen Phosphorkonzentrationen symbolisieren die zuerst negative und später positive Entwicklung des Seenzustandes (Abb. 72). Bis 2002 war der auf weit reichenden Sanierungsmaßnahmen beruhende, vor etwa 20 Jahren einsetzende Rückgang der Gesamtposphorgehalte ungebrochen.

Meßstellen der IGKB im Bodensee



Abb. 71: Untersuchungsstellen der Internationalen Gewässerschutzkommission im Bodensee (Quelle: Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB); Stand 2002)

9.1 Chemische Parameter

Die vorherrschende Stickstoffverbindung im Obersee ist das Nitrat. Zwischen 1961 und 1987 verdoppelten sich die Nitratstickstoffwerte im Obersee, seit etwa zehn Jahren liegen sie weitgehend konstant bei knapp 1 mg/l. Wegen der hohen Sauerstoffgehalte ist der Anteil von Nitrit und Ammonium sehr gering, er verminderte sich sogar noch weiter. Dies ist ein Hinweis auf einen weniger

intensiven Abbau eiweißhaltiger, organischer Substanzen und spricht für einen deutlichen Rückgang der pflanzlichen und tierischen Produktion im See. Zahlreiche Lebensvorgänge im See, wie auch die Vollständigkeit des bakteriellen Abbaus, sind vom Sauerstoffgehalt des Wassers abhängig. Im tiefen Bodensee müssen vor allem die grundnahen Wasserschichten ausreichend mit dem lebenswichtigen Gas versorgt sein. Dorthin gelangt der Sauerstoff

überwiegend im Winter, wenn infolge von sehr geringen Temperatur- und Dichteunterschieden die vertikalen Wasseraustauschprozesse von der Seeoberfläche zur Seetiefe hin besonders wirksam sind.

Es konnte belegt werden, dass auch andere Mechanismen den Sauerstoffnachschub in die Tiefe bestimmen, wie absinkende Wasser aus oberflächennahen Randzonen des Sees und aus tief eingeschichteten Zuflüssen.

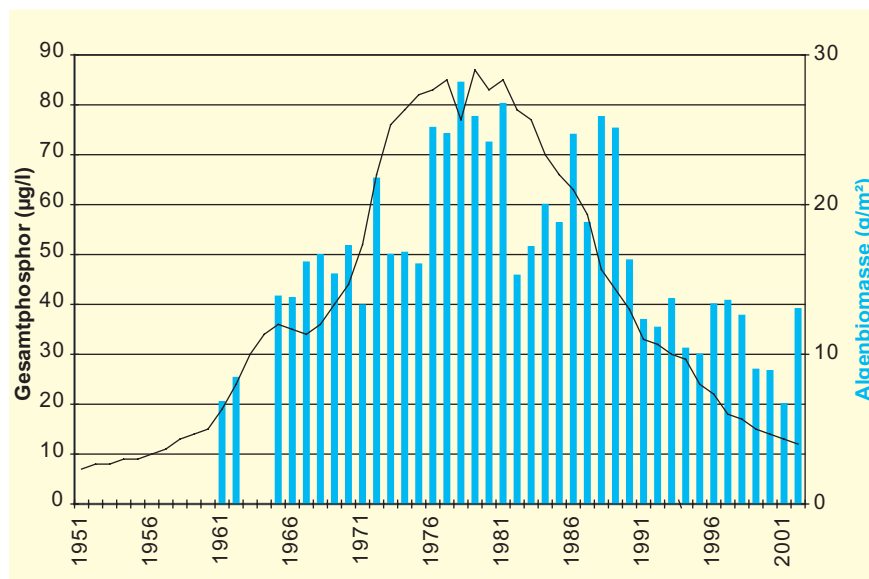


Abb. 72: Gesamt-Phosphor und Algenbiomasse im Bodensee-Obersee während der Durchmischungsphase (Quelle: Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee), 2003

Eng gekoppelt mit den Sauerstoffgehalten in den tiefen Seebereichen ist die Freisetzung von Stoffen aus den Sedimenten. Seit Jahren gehen nicht nur die grundnahen Gehalte des Ortho-Phosphats und von verschiedenen Stickstoffverbindungen, sondern vor allem auch die saisonalen Freisetzungen des sehr redoxempfindlichen Mangans aus den Sedimenten spürbar zurück. Dies besagt eindeutig, dass die Belastung des Seebodens mit organischen Stoffen und damit die Intensität der Sauerstoff aufzehrenden Prozesse in den oberen Sedimentschichten erheblich nachgelassen hat. Verantwortlich dafür sind die abnehmenden Biomassen im durchlichteten Oberflächenbereich des Sees. Sie dokumentieren gleichzeitig die nunmehr erreichte hohe

Wirksamkeit von weiter abnehmenden Phosphorkonzentrationen und bestätigen die Effektivität der Sanierungsmaßnahmen im Einzugsgebiet des Bodensees.

Die Trends der langjährigen Datenreihen belegen insgesamt eine positive Entwicklung bei den maßgeblichen chemischen Parametern. Insbesondere der weiterhin anhaltende Rückgang der Phosphorkonzentrationen im Freiwasser des Obersees verbessert den Seezustand entscheidend.

9.2 Biologische Parameter

Die Auswirkungen dieses Rückgangs sind in vielen Bereichen des Sees evident: alle Mitglieder der See-Lebensgemeinschaften haben im Zuge der Re-Oligotrophierung ihre Zusammensetzung geändert. Es gab es auch bedeutende Bestandsrückgänge. Durchgängig wurden bei allen Gruppen zunächst Artverschiebungen beobachtet, bevor Reaktionen der Gesamtbiosmassen sichtbar wurden.

Die Entwicklung der Algenbiomasse verlief zunächst nicht parallel zum Rückgang der Nährstoffbelastung, vielmehr wurden zwischen 1980 und 1990 vereinzelt noch hohe Jahresbiomassen des Phytoplanktons beobachtet. Die auffälligste Änderung beim Phytoplankton war jedoch die wieder zunehmende Dominanz von Kieselalgen und Abnahme von Blau- und Grünalgen. Innerhalb der Kieselalgen erfolgte eine Verlagerung hin zu früher dominanten Arten, die viele Jahre im Bodensee nicht mehr beobachtet worden waren. Seit Ende der 90er-Jahre werden konstant niedrige Algenbiomassen unter 10 g/m² beobachtet, allerdings erfolgte 2002 wieder ein Anstieg auf 13 g/m².

Im Jahresverlauf schwankt die Biomasse des Zooplanktons in Abhängigkeit von Faktoren wie Temperatur, Wind, Artenzusammensetzung des Zoo- und Phytoplanktons, Fraßdruck durch Fische und Nahrungsangebot sehr stark (um das 8fache), mit einem Minimum im Winter/Frühjahr und einem Maximum im Frühsommer. Mit dem Rückgang der Nährstoffbelastung ging zwar seit etwa 1990 auch

die Algenbiomasse zurück, zunächst aber nicht die Zooplanktonbiomasse. Wohl wurden jedoch Artverschiebungen beobachtet. Besonders auffällig ist die Rückkehr des seit 1956 nicht mehr im See beobachteten Planktonkrebses *Diaphanosoma*. Seit 1995 zeichnet sich im Obersee auch ein Rückgang der Zooplanktonbiomasse ab (Abb. 73).

Von den rund 30 im See vorkommenden Fischarten leben nur 3 Arten hauptsächlich im Freiwasser, nämlich Felchen (Blaufelchen (Abb. 82) und Gangfisch), Seeforelle und Seesaibling (Abb. 83). Die Nahrung der Felchen besteht ausschließlich aus Zooplankton, während die Seeforellen und Seesaiblinge überwiegend Fische fressen.

Der Fischbestand im Freiwasser schwankt heute saisonal zwischen 10 und 25 kg/ha. Der jährliche Fischertrag liegt im Obersee langfristig in der Größenordnung von 1000 t/Jahr, der Anteil der Felchen macht etwa 780 t/Jahr aus. Bis in die 1930er-Jahre lag der Felchenertrag noch um 300 t/Jahr. Während für die Felchen bislang keine signifikanten Ertragsänderungen im Zuge der Oligotrophierung festgestellt wurden, sind die Erträge beim Barsch (Abb. 81) deutlich zurückgegangen. Zur Prognose der weiteren Entwicklung der Fischbestände im See werden im Rahmen eines Forschungsprojektes umfangreiche zusätzliche Bestandsuntersuchungen erhoben (Abb. 74).

Phytoplankton

Als Primärproduzent spielt das Phytoplankton eine Schlüsselrolle im Stoffhaushalt des Sees. Die Entwicklung des Phytoplanktons ist abhängig von Nährstoffversorgung, Temperatur, Lichtangebot und Wechselwirkungen der Planktongesellschaft (Fressverluste durch Zooplankton, Konkurrenz, Toxine).

Zooplankton

Das Zooplankton des Bodensees setzt sich im Wesentlichen aus Kleinkrebsen – Hüpferlingen (Copepoda, Abb. 79) – und Rädertierchen (Rotatorien) zusammen. Zahlreiche Zooplankter ernähren sich von Algen (Abb. 75-77) Einzellern und Bakterien; es gibt aber auch einige wichtige räuberische Formen (z. B. *Cyclops spec.*, *Bythotrephes*, *Leptodora*).

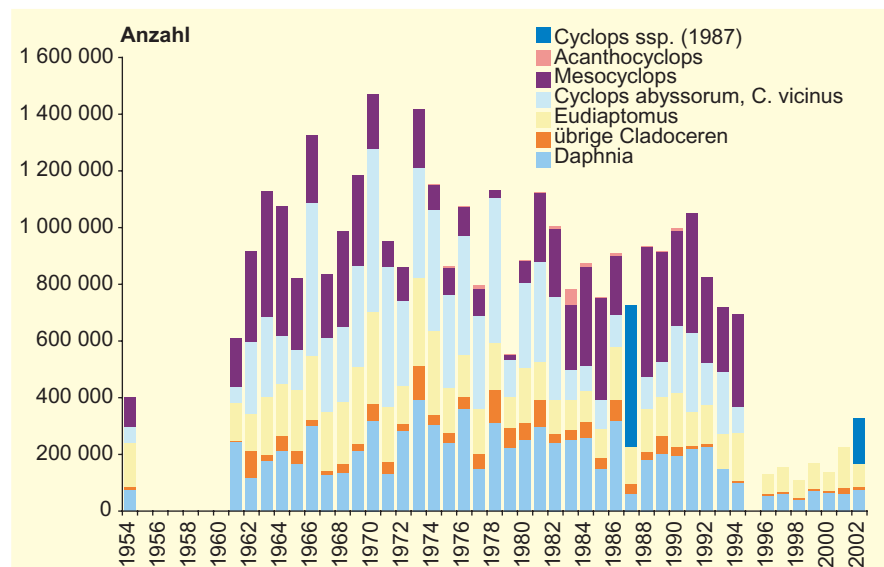


Abb. 73: Zooplankton (Quelle: LfU, 2003)

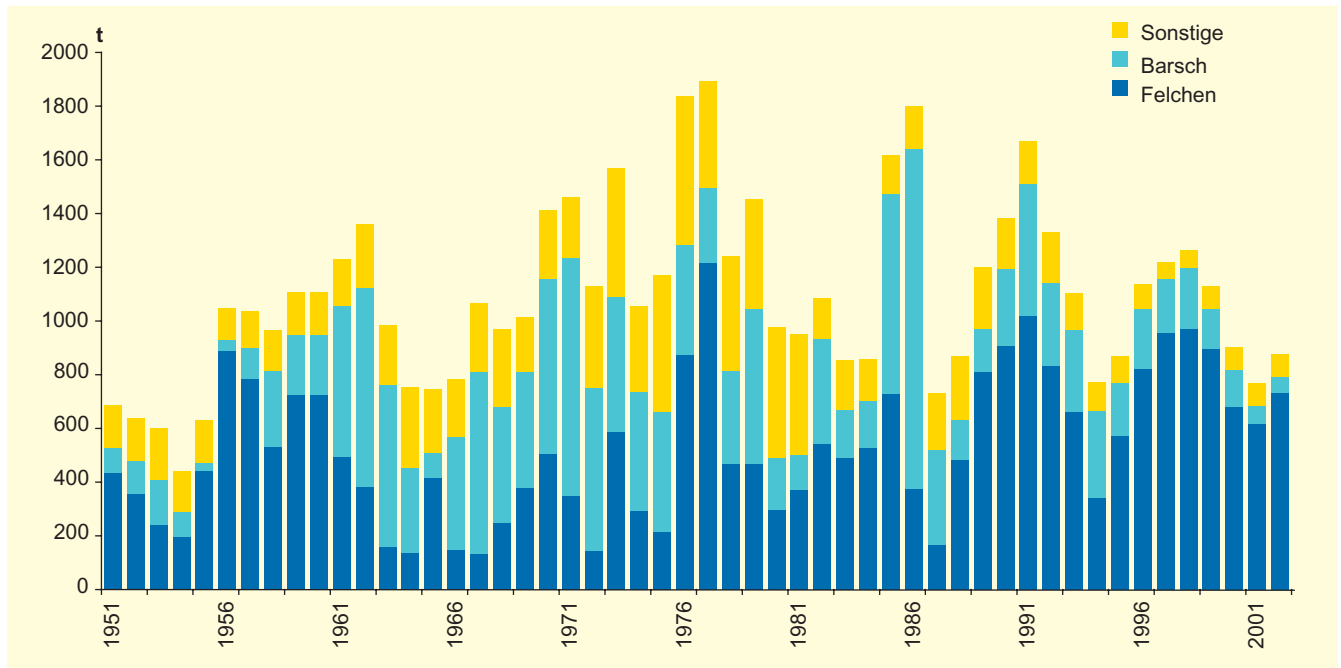


Abb. 74: Fischstatistik: Gesamtertrag am Bodensee-Obersee (Quelle: LfU, 2003)

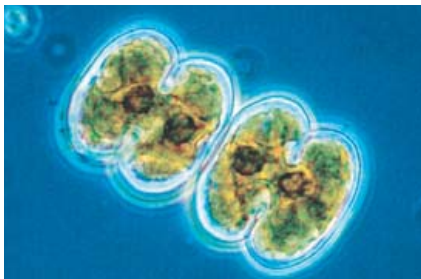


Abb. 75: Alge *Cosmarium depressum*



Abb. 76: Alge *Dinobryon sociale*

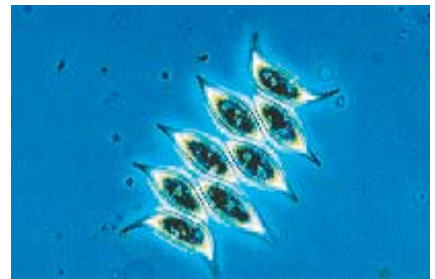


Abb. 77: Alge *Scenedesmus acuminatus*

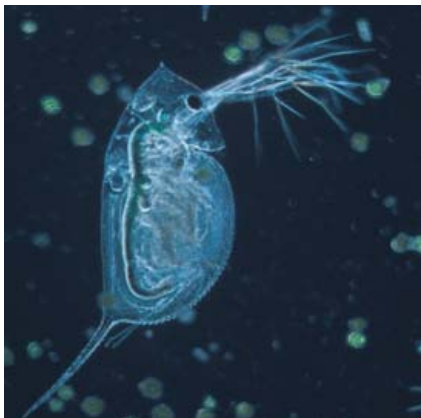


Abb. 78: Wasserfloh *Daphnia*



Abb. 79: Hüpfertling *Diaptomus*

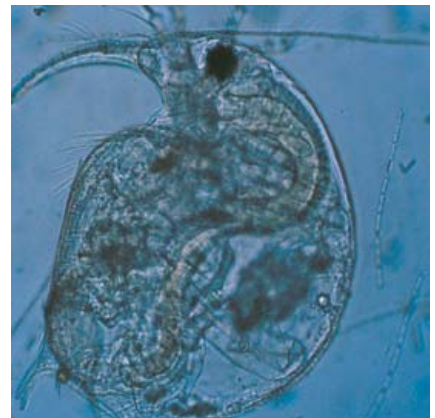


Abb. 80: Rüsselkrebs *Bosmina*



Abb. 81: Barsch



Abb. 82: Blaufelchen



Abb. 83: Seesaibling

Abb. 76-82 Fotos: Institut für Seenforschung Langenargen der Landesanstalt für Umweltschutz

Abb. 83-85 Fotos: R. Berg, Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg

10. Altlasten

Weit über 100 Jahre Produktion, Verarbeitung und Konsum von industriellen und gewerblichen Produkten und die Beseitigung entstandener Abfälle haben ihre Spuren im Boden und Grundwasser hinterlassen. Gefährliche Stoffe sind dabei durch Unkenntnis und Nachlässigkeit, manchmal auch durch bewusstes Handeln im Untergrund versickert und entsorgt worden. Die wichtigsten Schadstoffgruppen sind dabei Chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW), Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylole (BTEX), Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Schwermetalle, Polychlorierte Biphenyle (PCB).

Grundlage der Altlastenbearbeitung in Baden-Württemberg war zunächst die am 17. Oktober 1988 vom Ministerrat beschlossene „Konzeption zur Behandlung altlastverdächtiger Flächen und Altlasten in Baden-Württemberg“. Diese Konzeption hat zur Bewältigung des Altlastenproblems als politische Willensäußerung ein stufenweises Vorgehen wegweisend dargestellt sowie gleichzeitig die fachlichen Grundlagen für die Altlastenbearbeitung und ein Finanzierungskonzept für Baden-Württemberg entwickelt.

Mit dem Inkrafttreten des Gesetzes zum Schutz des Bodens im März 1999 (Bundesbodenschutzgesetz – BBodSchG) und der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung im Juni 1999 (BBodSchV) wurde die Altlastenbearbeitung erstmals bundesweit einheitlich geregelt. Unter anderem werden darin Aufgaben und Pflichten der Behörden zur Behandlung altlastverdächtiger Flächen und Altlasten formuliert. Die Bearbeitung wird in drei Gruppen eingeteilt: Erfassung von Verdachtsflächen, deren Untersuchung und gegebenenfalls Durchführung von Sanierungs- oder Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen. Das Vorgehen zur Untersuchung und Sanierung ist im Bundesgesetz einheitlich vorgeschrieben. Dagegen ist die Erfassung Angelegenheit der Bundesländer.

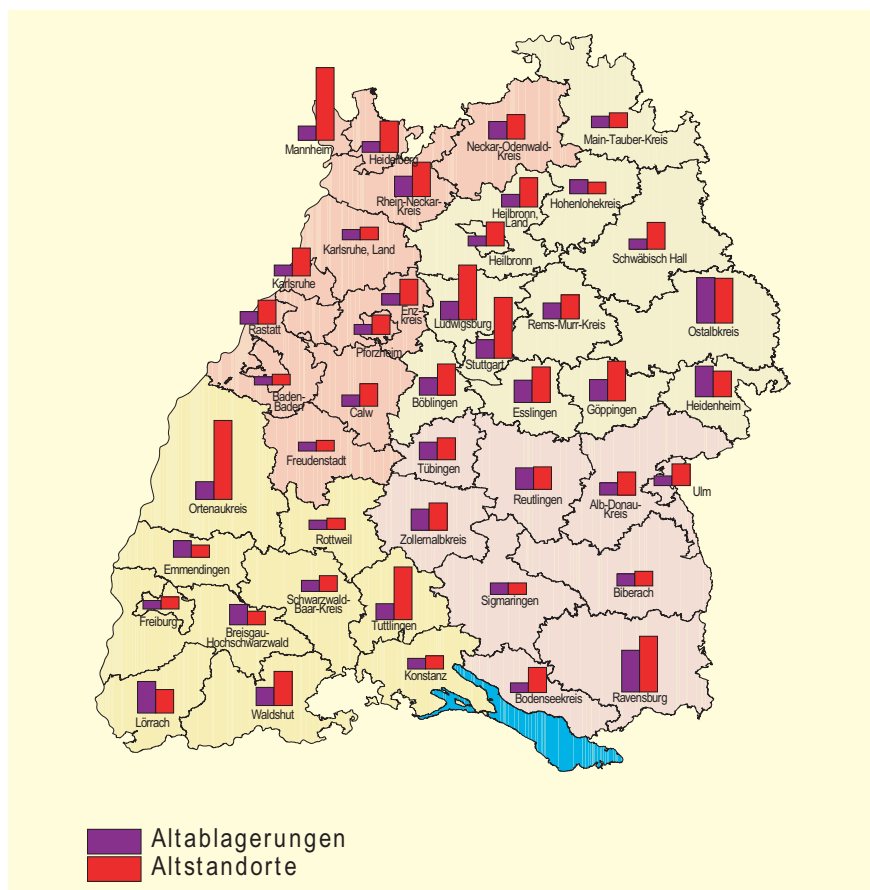


Abb. 84 Altlastverdächtige Flächen in den Kreisen (Quelle: LfU, 2002)

10.1 Erfassung

Baden-Württemberg machte bereits 1988 mit einer flächendeckenden historischen Erhebung aller altlastverdächtigen Flächen den Anfang. Die historische Erhebung als erstmalige landesweite Erfassung wurde 2002 abgeschlossen. Damit sind alle altlastverdächtigen Flächen bekannt, die im Zeitraum von 1993-2002 entstanden sind. Diese Zeitspanne erklärt sich daraus, dass die historische Erhebung im Allgemeinen einheitlich innerhalb eines Stadt- oder Landkreises abgearbeitet wird. Die ersten Erhebungen wurden 1991 im Landkreis Ravensburg und in der Stadt Karlsruhe begonnen. Sie, wie auch einige andere frühe Erhebungen, erfassen daher nur den Zeitraum bis Mitte der 90er-Jahre, während die jüngste abgeschlossene Erhebung Fälle bis 2002 berücksichtigt. Da alle abgemeldeten Betriebe oder in Teilen stillgelegte Bereiche, sofern sie einer altlastenrelevanten Branche angehören, als altlastverdächtige Fläche angesehen und überprüft werden müssen, finden in regelmäßigen Ab-

ständen Nacherhebungen statt, um eine möglichst aktuelle Übersicht zu erhalten. In einigen Kreisen haben solche Nacherhebungen bereits begonnen und sind auch in Einzelfällen abgeschlossen.

Mit der Erhebung werden altlastverdächtige Flächen flurstücksgenau erfasst, der Anfangsverdacht wird für jede Einzelfläche beschrieben und daraus ein Handlungsbedarf abgeleitet. Bis Ende 2002 wurden insgesamt 26 947 Altablagerungen und 55 172 Altstandorte betrachtet. Für ungefähr 20 % der Fälle wurde dabei ein Anfangsverdacht festgestellt, der weitere Untersuchungsmaßnahmen erforderlich macht. Im Rahmen einer Gefährdungsabschätzung muss dabei für jeden Einzelfall entschieden werden, ob Sanierungs- oder Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen erforderlich sind.

Insgesamt resultieren aus der Bearbeitung in Baden-Württemberg derzeit 11 019 altlastverdächtige Flächen, davon sind 7 766 Altstandorte,

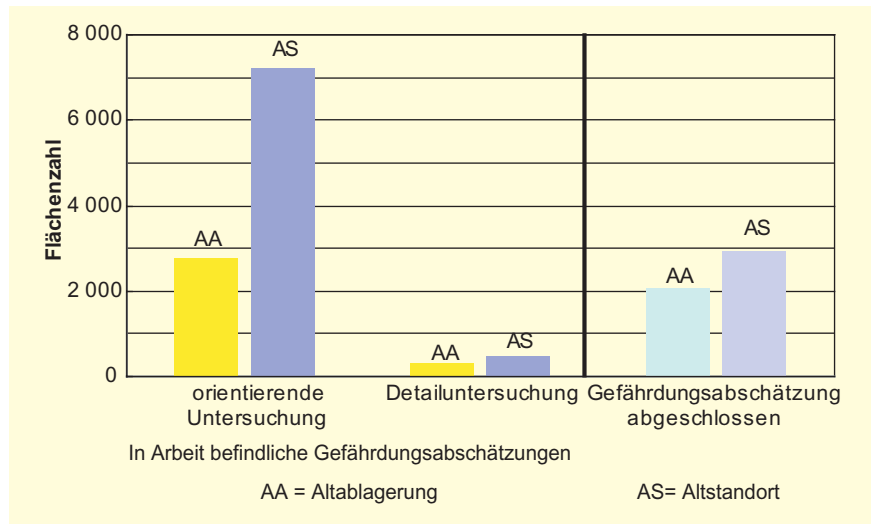


Abb. 85 Gefährdungsabschätzungen (Quelle: LfU; Stand 12/2002)

deren Gefährdungspotenzial noch untersucht werden muss.

Abb. 84 zeigt die Verteilung der Flächen über die einzelnen Stadt- und Landkreise. Damit sind etwa 120 km² von einem Altlastenverdacht betroffen (zum Vergleich: das Stadtgebiet von Heidelberg beträgt 109, das von Ulm 119 und das von Baden-Baden 140 km²). Diese nicht unbedeutende Fläche macht deutlich, wie wichtig die Altlastenbearbeitung im Umfeld von Planungsvorhaben, wie z.B. Regional-, Bauleit- oder Verkehrsplanung, aber auch im Grundstücksverkehr und beim Industriebranchenrecycling ist. Durch eine flächendeckende Bearbeitung entsteht Planungssicherheit.

10.2 Gefährdungsabschätzung

Das BBodSchG unterteilt die Gefährdungsabschätzung in zwei Stufen: die orientierende Untersuchung und die

Detailuntersuchung. Für den Großteil der erfassten altlastverdächtigen Flächen ist zunächst eine orientierende Untersuchung erforderlich. Sie dient der einfachen Überprüfung des Anfangsverdachts.

Bei den zu untersuchenden Fällen handelt es sich überwiegend um Altstandorte (Abb. 85). Betrachtet man die ehemalige Nutzung dieser Flächen, die den Altlastenverdacht begründen, zeigt sich, dass hier fünf Branchen dominieren: Tankstellen, metallverarbeitende Betriebe, Kfz-Werkstätten, Betriebshöfe und chemische Reinigungen. Mehr als 50 % der altlastverdächtigen Altstandorte können diesen Tätigkeiten zugeordnet werden (Abb. 86).

Seit Beginn der Altlastenbearbeitung in Baden-Württemberg wurde die Gefährdungsabschätzung bei 5010 Flächen abgeschlossen. Bei 1154

Flächen wurde ein Sanierungsbedarf festgestellt, bis Ende 2002 konnten davon 595 Sanierungen abgeschlossen werden (Abb. 87). Aus den o.g. Fällen, die in den nächsten Jahren noch untersucht werden müssen, werden weitere Sanierungsfälle entstehen.

10.3 Finanzierung

Altablagerungen als umweltgefährdende Hinterlassenschaft waren der Anstoß für die Altlastenbearbeitung. In Baden-Württemberg wurde der Altlastenfonds gegründet. Aus ihm werden die Erkundung und die Sanierung kommunaler Altablagerungen und Altstandorte finanziert. Mit diesen Fördermitteln ist die Abarbeitung der Altablagerungen im Vergleich zu den Altstandorten weiter vorangeschritten. Die Grundstücke von Altstandorten befinden sich fast ausschließlich in privatem Besitz, für deren Untersuchung bisher keine Finanzierungsmöglichkeit bestand.

Seit 2001 stellt die Landesregierung jährlich etwa 700 000 Euro zur Verfügung, mit denen die orientierende Untersuchung solcher altlastverdächtiger Flächen im privaten Besitz zu 50 % bezuschusst wird. Die andere Hälfte muss der jeweilige Stadt- oder Landkreis aufbringen.

Für die Altlastenbehandlung wurden in Baden-Württemberg mehr als 500 Mio. Euro aus dem Altlastenfonds ausgegeben.

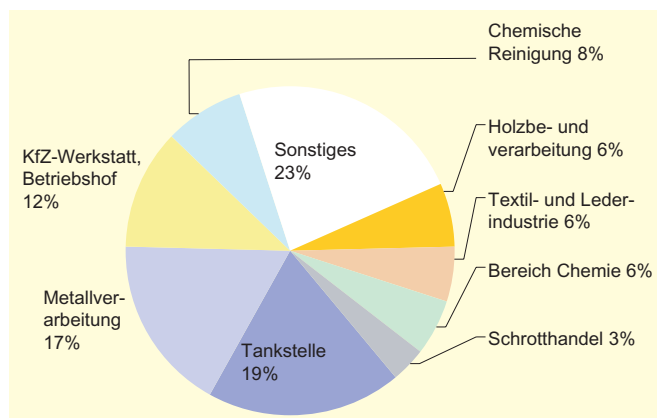


Abb. 86: Nutzungen, die zu einem Altlastenverdacht geführt haben (Quelle: LfU)

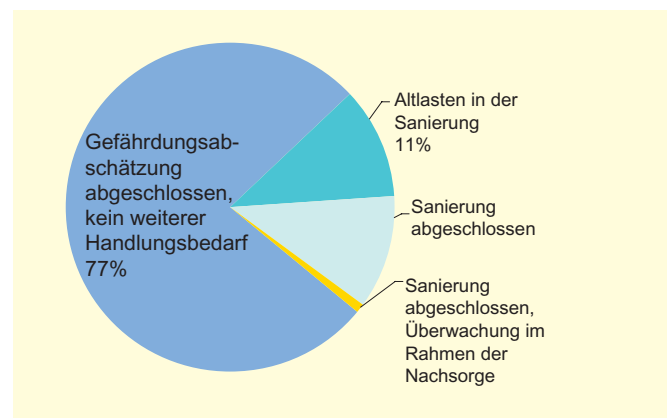


Abb. 87: Ergebnisse der Gefährdungsabschätzungen (Quelle: LfU; Stand 12/02)



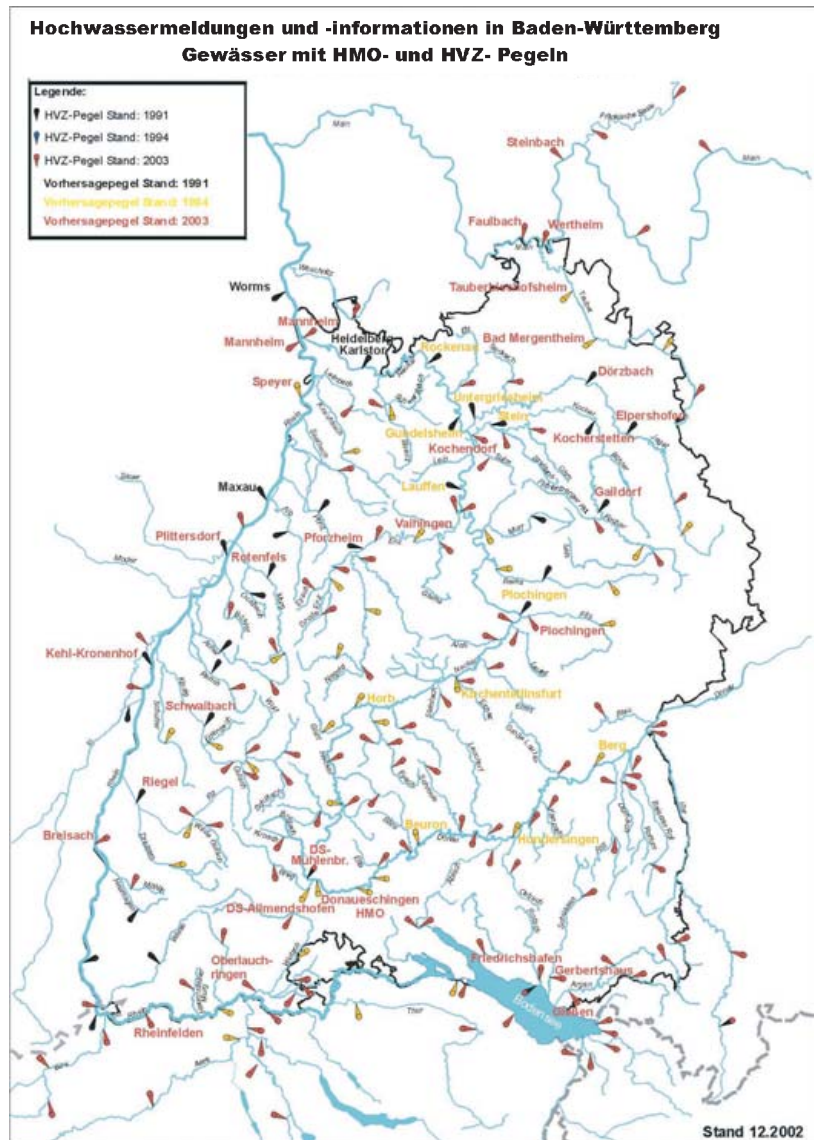
Abb. 88 Blick in die Hochwasservorhersagezentrale (Foto: LfU)

11. Hochwasservorhersage

Als Konsequenz des Donauhochwassers im Februar 1990 wurde bei der Landesanstalt für Umweltschutz im Jahre 1991 die Hochwasser-Vorhersage-Zentrale Baden-Württemberg (HVZ) eingerichtet (Abb. 88).

Aufgabe der HVZ ist es, aktuelle Hochwasserinformationen für Baden-Württemberg zu bündeln und diese weiteren Dienststellen, der betroffenen Bevölkerung sowie den Medien zugänglich zu machen. Die Hochwasserdaten werden im Bedarfsfall stündlich aktualisiert und graphisch aufbereitet auf zahlreichen Informationswegen veröffentlicht (siehe Informationswege HVZ).

Um dieser Aufgabe gerecht zu werden, wurde die HVZ seit ihrem Bestehen kontinuierlich ausgebaut. Dies betrifft die operationell verfügbaren Messdaten, die hydrologischen Vorhersagemodelle, Rechnerausrüstun-



HMO = Hochwassermeldeordnung

HVZ= Hochwasservorhersagezentrale

Abb. 89: Hochwassermeldungen und -informationen, Gewässer mit HMO- und HVZ-Pegeln (Quelle: LfU; Stand 12/2002)

gen, Datenabrufsysteme, Software zur Datenverwaltung und graphischen Darstellung sowie auf die verschiedenen Informationswege.

Während die HVZ im ersten Jahr ihres Bestehens nur für den Pegel Heidelberg/Neckar sowie die beiden Rheinpegel Maxau und Worms Vorhersagen berechnen konnte, liegt die Anzahl der Vorhersagepegel im Jahr 2002 bereits bei 45 Pegeln.

In engem Zusammenhang hiermit steht die zunehmende Anzahl online abrufbarer Messstationen, die als Eingangsdaten für die hydrologischen Vorhersagemodelle vorhanden sind:

- 1991 konnte die HVZ rund 30 Wasserstandspegel in Baden-Württemberg stündlich abrufen,
- 1994 erfasste die HVZ bereits über 70 online abrufbare Wasserstandspegel,
- Im Jahre 2003 werden bei Hochwasser rund 180 Wasserstandspegel stündlich abgerufen (Abb. 90).

Doch Wasserstandsdaten allein reichen in vielen Fällen für eine zuverlässige Hochwasservorhersage nicht aus. Insbesondere in Flussgebieten mit raschen Hochwasseranstiegen sind aktuelle Niederschlagsdaten ei-

Informationswege der HVZ

Internet:
www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/hvz
www.hvz.baden-wuerttemberg.de

Videotext: SWR3, Tafel 800 bis 809

Faxabruf: 0221-303-72001

Automatische Telefonansage
 mit stündlich aktualisierten Wasserständen von ausgewählten Pegeln:

- 0721-9804-61 (Oberrhein)
- 0721-9804-62 (Unterer Neckar)
- 0721-9804-63 (Oberer Neckar)
- 0721-9804-64 (Donau)
- 0721-9804-65 (Main und Tauber)

Mobilfunk-WAP (Handy):
wap.hvz.baden-wuerttemberg.de

Rundfunk: SWR 1, SWR 4

HVZ-Zentrale: Tel. 0721-9804-0

Online - Niederschlagsmessnetz in Baden - Württemberg



Abb. 90: Online-Niederschlagsmessnetz in Baden-Württemberg (Quelle: LfU; Stand 11/2001)

ne wesentliche Voraussetzung für die Hochwasservorhersage.

Daher wurde 1996 in Baden-Württemberg das bundesweit erste flächendeckende Messnetz mit online abrufbaren Niederschlagsstationen in Betrieb genommen (Abb. 91). In diesem vom Deutschen Wetterdienst (DWD) und vom Land gemeinsam betriebenen Ombrometermessnetz werden an rund 110 Stationen elektronische Niederschlagsmessungen vorgenommen und im Falle eines Hochwassers stündlich aktuell an die HVZ übermittelt. Hinzu kommen rund 50 weitere Ombrometer aus dem Luftmessnetz des Landes. Diese Niederschlagsmessungen sowie die numerischen Niederschlagsvorhersagen des DWD bilden seitdem den meteorologischen Input der HVZ-Vorhersagemodelle.

Einen weiteren Meilenstein in der Verbesserung des Hochwasservorhersagesystems stellte die Inbetriebnahme des Schneeschmelzmodells SNOW-BW 2001 dar, welches der Deutsche Wetterdienst im Auftrag der LfU entwickelte. Für den Betrieb von SNOW-BW werden u.a. die meteorologischen Messdaten von rund 50 Stationen im Luftmessnetz des Landes verwendet, um den Einfluss von Lufttemperatur,

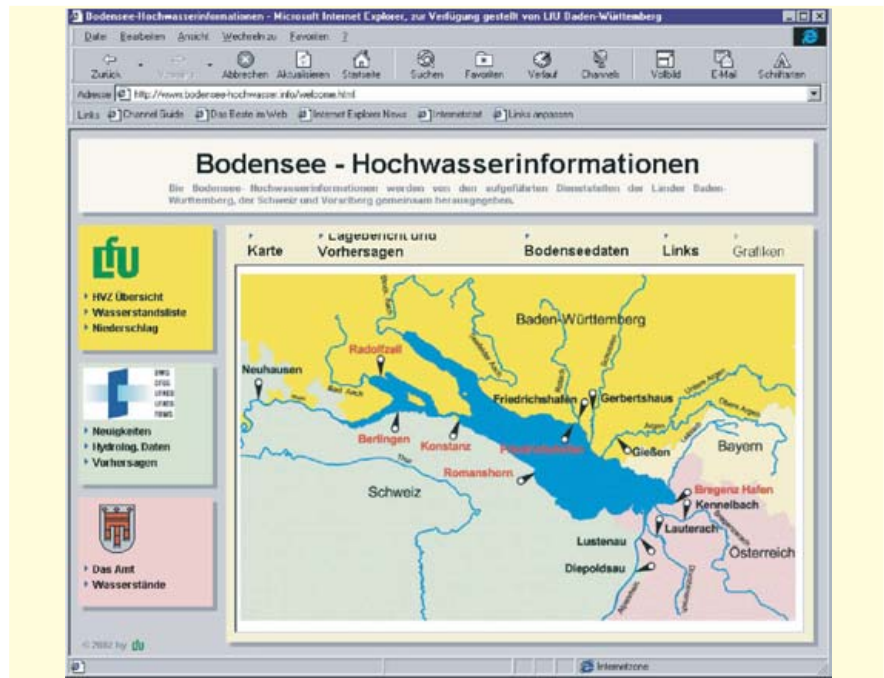


Abb. 91: Darstellung der Bodensee-Hochwasserinformationen im Internet (Quelle: LfU)

Windgeschwindigkeit und Globalstrahlung auf die Schneeschmelze zu berücksichtigen. Die Berechnungsergebnisse von SNOW-BW gehen in den Wintermonaten viermal täglich an die HVZ und stellen bei schneebeeinflusstem Hochwasser eine wesentliche Eingangsgröße für die hydrologischen Vorhersagemodelle dar.

Entwicklungsarbeiten der HVZ liegen u.a. im Bereich der Wasser-

standsvorhersage für den Bodensee, die gemeinsam mit der Schweiz und Vorarlberg betrieben werden soll (Abb. 91), sowie bei der Wasserstandsvorhersage für den Pegel Ulm-Bad Held/Donau, die gemeinsam mit dem Bayerischen Hochwassernachrichtendienst erstellt werden soll.

Weitere Entwicklungsvorhaben sind die Hochwasserfrühwarnung

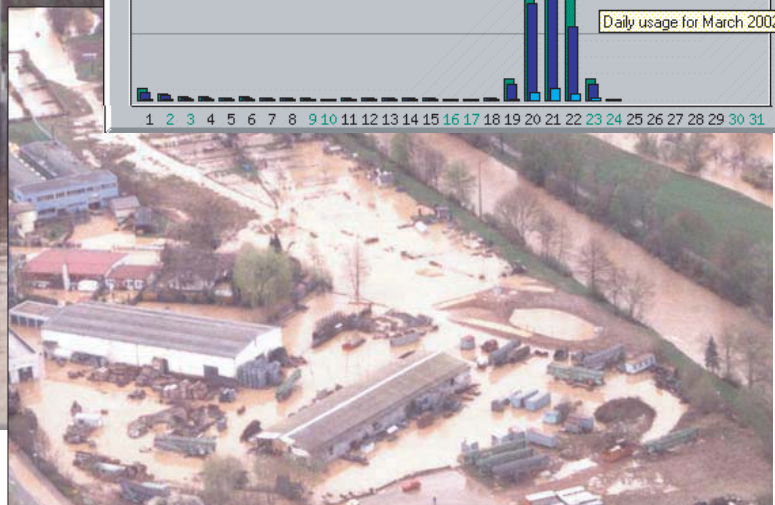


Abb. 92: Einstau der mobilen Schutzwand, Kochendorf am Kocher, März 2002 (links). Überflutungen bei Urbach/Reims, März 2002 (rechts), Anzahl der Internetzugriffe im März 2002 (Quelle und Fotos: LfU, 2002).

für kleine Einzugsgebiete unter 500 km² Flächengröße, die Niedrigwasservorhersage für den Neckar, die Integration radargemessener Niederschläge in die Hochwasservorhersage sowie die Integration von Satellitenmessungen zur Schneeflächenausdehnung.

Gerade auch die Erfahrungen aus dem Neckarhochwasser im März 2002 (Abb. 92) haben bestätigt, dass

- unter Nutzung der vorhandenen Vorhersagemöglichkeiten erhebliche Hochwasserschäden vermeidbar sind,
- die Vorhersagesysteme nach Möglichkeit auch auf kleinere Einzugsgebiete auszuweiten sind,
- die Hochwasserinformationen der HVZ intensiv genutzt werden (z.B. rund 250 000 Internetzugriffe am 21.3.2002).

Das Hochwasser der Elbe im August 2002 hat vor Augen geführt, dass auch in Deutschland extreme Hochwasser die Infrastruktur ganzer Regionen erheblich beschädigen und Menschenleben gefährden können. Die Investitionen zum Aufbau und Betrieb von technisch zuverlässigen Messnetzen, redundanten Datenübertragungen und operationell einsetzbare Vorhersagemodelle leisten einen wirkungsvollen Beitrag, um solche Schäden zu vermindern.

12. Anhang

12.1 Quellen- und Literaturhinweise

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (Hrsg.): Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland – Chemische Gewässergüteklassifikation. Reihe: Konzepte und Strategien. Oberirdische Gewässer. Berlin 1998

Umweltbundesamt (Hrsg.): Daten zur Umwelt. Der Zustand der Umwelt in Deutschland. Berlin 1997

Schmitt, Adam: Trophiebewertung planktondominierter Fließgewässer – Konzept und erste Erfahrungen. In: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft – Institut für Wasserforschung. Integrierte ökologische Gewässerbewertung – Inhalte und Möglichkeiten. Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flussbiologie, Band 51. München, Wien 1998

Banat, Khaled; Förstner, Ulrich; Müller, German 1972: Schwermetallanreicherungen in den Sedimenten wichtiger Flüsse im Bereich der Bundesrepublik Deutschland – eine Bestandsaufnahme. Vorläufiger Bericht des Laboratoriums für Sedimentforschung der Universität Heidelberg

Chemische Landesuntersuchungsanstalt Freiburg 1999: Jahresbericht 1998

Institut für Umweltchemie Bremen GmbH: Ökotoxikologische Bewertung von Chlor- und Phosphororganika sowie PAK in Sedimenten bremischer Gewässer. Ableitung von vorläufigen Orientierungswerten für Wasser und Sedimente. Bremen 1994

Popp, Wolfgang: Mikrobiologische Bewertung von Fließgewässern. In: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft – Institut für Wasserforschung. Integrierte ökologische Gewässerbewertung – Inhalte und Möglichkeiten. Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flussbiologie, Band 51. München, Wien 1998

Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg: Jahresberichte 1998 – 2000

Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart: Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in Oberflächengewässer am Beispiel des Bodensee-Zuflusses Seefelder Aach. Unveröffentlichter Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben vom Juli 2000

Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR): Kontamination von Rheinfischen 2000.

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Aromatische Sulfonate in Oberflächengewässern, Schwebstoffen und Sedimenten Baden-Württembergs. Reihe: Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 73. Karlsruhe 2002

Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg: Qualität des Neckars als mögliches Badegewässer, Stuttgart 2001

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Beschaffenheit der Fließgewässer – Jahresdatenkatalog 1972 – 2000. Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie, 71 (CD-ROM)

12.2 Informationsmöglichkeiten

www.uvm.baden-wuerttemberg.de

www.lfu.baden-wuerttemberg.de

www.statistik.baden-wuerttemberg.de

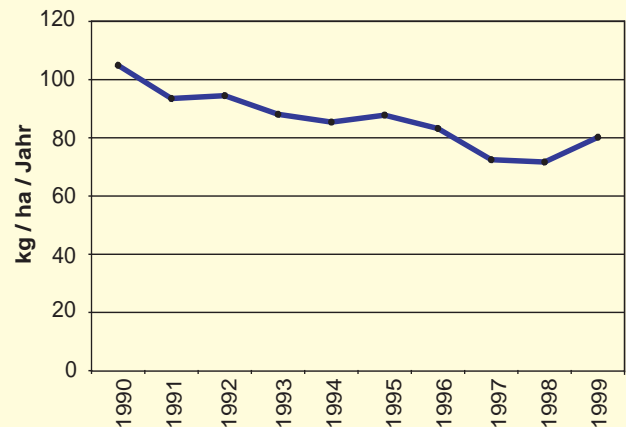
www.hochwasser.baden-wuerttemberg.de

Informationen zum Fischpass in Iffezheim können vom Landesfischereiverband Baden e.V. als PDF-Datei heruntergeladen werden.

BODEN

1. Erfassung und Überwachung des Zustands der Böden	181
2. Bodendauerbeobachtung	181
3. Ergebnisse der Basis-Dauerbeobachtung	183
4. Ergebnisse der Intensiv-Dauerbeobachtung	184
5. Anhang	188

Die Stickstoffeinträge auf landwirtschaftlich genutzten Flächen übersteigen im Land den Austrag um 80 kg pro Hektar und Jahr.



vgl. Kapitel „Umweltindikatoren“

1. Erfassung und Überwachung des Zustands der Böden

Der Boden steht mit den Umweltmedien Luft und Wasser in ständiger Wechselwirkung und unterliegt wie diese natürlichen und anthropogenen Einwirkungen. Schadstoffeinträge, Versiegelung, Verdichtung und Erosion gefährden den Boden und seine vielfältigen natürlichen Boden- und Nutzungsfunktionen. Wegen der begrenzten Belastbarkeit und der Gefahr einer schleichenden, nicht wiedergutzumachenden Schädigung der Böden ist die Vorsorge wesentlicher Bestandteil eines ganzheitlichen Bodenschutzes. Um schädliche Bodenveränderungen frühzeitig zu erkennen und Maßnahmen einleiten zu können, wurde es zur gesetzlichen Aufgabe der Landesanstalt für Umweltschutz (LfU), den Zustand der Böden regelmäßig zu erfassen und zu überwachen (Bodendauerbe-

obachtung; Bodenschutzgesetz Baden-Württemberg vom 24. Juni 1991). Auch im Bundes-Bodenschutzgesetz sind die Einrichtung und der Betrieb von Bodeninformationssystemen und damit die Bodendauerbeobachtung als Aufgabe der Länder benannt (§§ 19, 21).

Zur Bodenzustandserfassung gehören weitere thematische Programme wie die Erhebung von Bodenbelastungen durch historischen Bergbau und des Bodenzustands in Siedlungsräumen mit hohem Anteil an Industrie und Gewerbegebieten.

2. Bodendauerbeobachtung

Der Zustand der Böden wird in Baden-Württemberg seit 1986 durch ein Messnetz von landesrepräsentativen Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) erfasst (Abb. 1), an denen das Inventar und die stoffliche Beschaffenheit der Böden Nutzungsdifferenziert abgebildet werden. Im Vordergrund stehen die aktuellen Stoffgehalte der Böden (Stoff-Mengen). Neben der Dokumentation des Ist-Zustands werden langfristige, diffuse stoffliche Einwirkungen infolge der ubiquitären Stoffeinträge (z. B. Deposition aus der Luft, Eintrag mit Düngemitteln etc.) untersucht. Dabei werden die Eigenschaften z. B. von Waldböden als Schadstoffsenke genutzt, in deren organischen Auflagen und humusreichen Oberboden-Horizonten eingetragene Schadstoffe bevorzugt angereichert werden.

Wiederholungsuntersuchungen sind wegen der vergleichsweise geringen Einwirkungen in Zeitabständen von mehr als 10 Jahren vorgesehen.

Die wesentlichen Ziele der Bodendauerbeobachtung sind:

- aktuelle, gesicherte Umweltdaten als Grundlage für politische Entscheidungen bereitzustellen,
- Erfolgskontrolle von Umweltschutzmaßnahmen,
- Diagnose der qualitativen und quantitativen Funktionsfähigkeit der Böden im Naturhaushalt,
- Prognose der Entwicklung der Bodenqualität und frühzeitiges Erkennen schädlicher Einwirkungen auf Böden und
- Dokumentation des Ist-Zustands der Böden als Referenz für den Fall unvorhergesehener Kontaminationsereignisse.

Die daraus abgeleiteten Aufgaben der Bodendauerbeobachtung werden in zwei Teil-Programmen bearbeitet.

Bundes-Bodenschutzgesetz

Mit dem Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BBodSchG) und der Bundes-Bodenschutz- und Altlasten-Verordnung vom 12. Juli 1999 (BBodSchV) wurden erstmals bundeseinheitliche Regelungen zum Schutz des Bodens geschaffen. Zweck des BBodSchG ist es, die Boden-Funktionen nachhaltig zu sichern und wiederherzustellen. Schädliche Bodenveränderungen sind abzuwehren, Boden, Altlasten und dadurch verursachte Gewässerverunreinigungen zu sanieren sowie Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen.

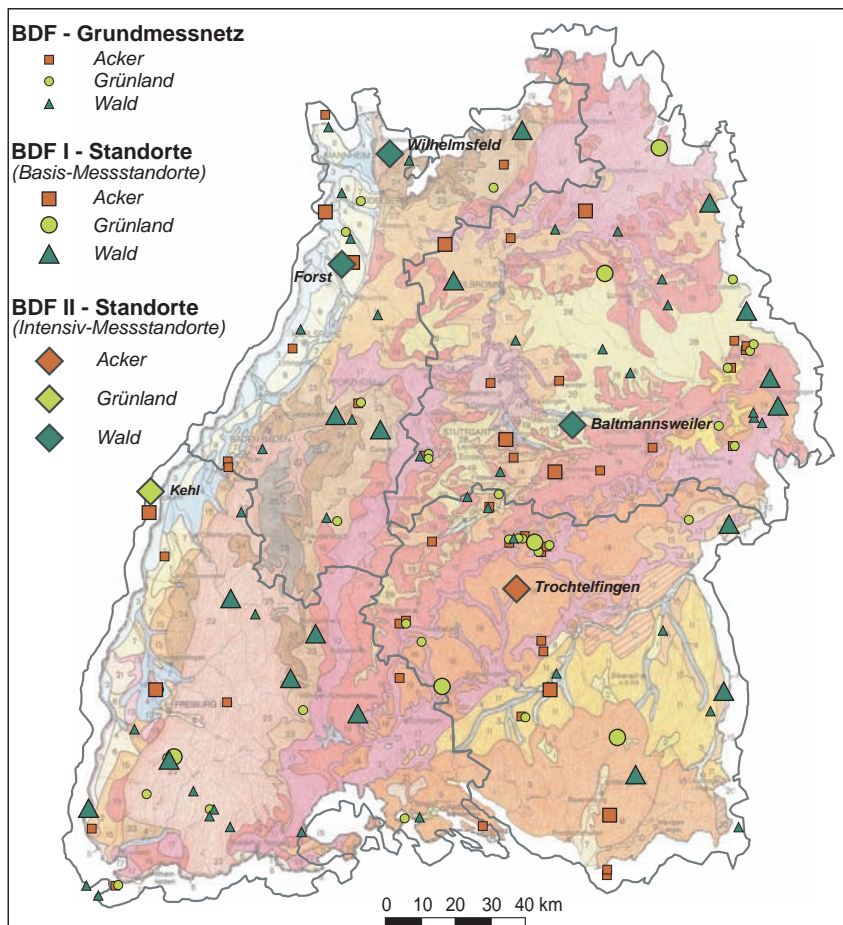


Abb. 1: Bodenübersichtskarte mit den Bodendauerbeobachtungsflächen (Quellen: Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB), LfU; Stand 2003)

2.1 Basis-Dauerbeobachtungsflächen

Seit 1999 wurden die Einrichtung und der Betrieb von BDF in Deutschland länderübergreifend angeglichen, um aus den Bodendauerbeobachtungsprogrammen der Länder Daten für ein bundesweites Boden-Monitoring verfügbar zu machen. Die Bodendauerbeobachtung Baden-Württemberg wurde deshalb gemäß den neuen Richtlinien neu konzipiert. Von den 155 Bodendauerbeobachtungsflächen wurden 33 Basis-BDF (BDF I) für regelmäßige Untersuchungen unter landesbezogenen Repräsentanzaspekten ebenso wie nach Kriterien des Bundes für eine länderübergreifend repräsentative Bodendauerbeobachtung ausgewählt. Daten dieser Basis-BDF werden seit 2002 auch an den Bund bereitgestellt. Die übrigen BDF werden als „Grundmessnetz“ für landesspezifische Fragen beibehalten.

2.2 Intensiv-Dauerbeobachtungsflächen

Seit 1991 wurden neben den Basis-BDF 5 Intensiv-BDF (BDF II) eingerichtet (Abb. 1; Tab. 1), an denen ein nach unterschiedlichen Themen ausgerichtetes, intensives Bodenmonitoring stattfindet. Jeder Standort wird auf ein Schwerpunktthema ausgerichtet und mit dem dazu gehörigen spezifischen Untersuchungsprogramm versehen.

Ziel dieses Programms ist es, Veränderungen gebietstypischer Böden und mögliche Beeinträchtigungen von Bodenfunktionen zu erfassen. Die Standorte weisen in der Regel empfindliche Böden auf, die einem hohen äußeren Veränderungsdruck ausgesetzt sind. Die Intensiv-BDF dienen auch dazu, schädliche Einwirkungen auf Böden rechtzeitig zu erkennen („Frühwarnsystem“). Sie bilden eine länderübergreifende Grundlage für die Beratung von Planern und politischen Entscheidungsträgern bezüglich der notwendigen Maßnahmen, um die Leistungsfähigkeit unserer Böden langfristig zu erhalten.

Intensiv-BDF sind umfangreicher ausgerüstet als Basis-BDF. Zeitliche und räumliche Veränderungen des Bodens werden in kürzeren Intervallen

	Betriebsbeginn	Lage über NN	Bodentyp/ Bodennutzung	Einwirkung
Forst (Landkreis Karlsruhe)	1992	107 m	Braunerde aus pleistozänem Sand unter Wald	Straßenverkehrsemissionen an der BAB 5 (Frankfurt – Basel) bei Bruchsal
Wilhelmsfeld (Rhein-Neckar-Kreis)	1995	350 m	Podsol-Braunerde (Buntsandstein) unter Wald	Diffuse Immissionen aus dem Ballungsraum Mannheim/Heidelberg
Baltmannsweiler (Landkreis Esslingen)	1995	510 m	Pseudogley-Parabraunerde (Stubensandstein) unter Wald	Diffuse Immissionen aus dem Ballungsraum Stuttgart
Kehl (Ortenaukreis)	1997	135 m	Auenbraunerde unter Grünland	Diffuse Immissionen aus dem Ballungsraum Kehl/Strasbourg
Trochtelfingen (Landkreis Reutlingen)	2002	730 m	Terra fusca unter Acker	Landwirtschaftliche Klärschlamm- und Bioabfallverwertung

Tab. 1: Intensiv-BDF (BDF II) und wichtige Kenndaten (Quelle: LfU; Stand 2003)

untersucht. Darüber hinaus wird hier der Zustand weiterer Umweltkompartimente (Bodensicker-, Grundwasser, Luft, Pflanzen, usw.) erfasst. Das Programm ist gekennzeichnet durch:

- Intensive Messungen (zeitlich, räumlich, erweiterte Parameteranzahl; Probennahme-Intervalle je nach Umwelt-Medium 14 Tage bis 3 Jahre),
- Stofffluss-/Bilanz-Ansatz (Einträge, Austräge, Mengenänderungen) und
- Frühwarnfunktion an Standorten mit erhöhten schädlichen Einwirkungen und empfindlichen Böden.

3. Ergebnisse der Basis-Dauerbeobachtung

Die Basis-BDF dienen vor allem dazu, den natürlichen Schadstoffhintergrund in nicht spezifisch belasteten Böden im ländlichen Raum zu ermitteln. Darüber hinaus sollen Informationen über geogene Besonderheiten gewonnen werden, d. h. über Böden und Bodenausgangsgesteine mit einem natürlich erhöhten Schwermetallhintergrund (z. B. Schichten des Schwarzen Jura oder Gesteine mit Erzgängen und darauf entwickelte Böden). Mit den Befunden der Basis-BDF wird auch beurteilt, wie weit Vorsorgewerte der BBodSchV infolge der ubiquitären anthropogenen Schadstoffeinträge ausgeschöpft sind.

Basis-BDF geben Aufschluss über die langfristige Entwicklung des landesweiten Bodenzustands. Eine mögliche schleichende Veränderung der Bodenqualität kann nur über einen langen Zeitraum erfasst werden.

3.1 Flächengröße bei BDF

Im Gegensatz zum Wasser und zur Luft ist der Boden ein heterogenes Medium. Stoffdaten von Böden werden deshalb in der Regel an Bodenmischproben erhoben, die aus wenigstens 20 Einzelproben erstellt werden. Die Fläche zur Entnahme der Einzelproben muss hinreichend groß dimensioniert werden, um zu einer flächenrepräsentativen Aussage zu gelangen.

Die Basis-BDF wurden mit 400 m² Flächengröße eingerichtet, die in 6 gleich

große Teilflächen unterteilt ist (Abb. 2, 3). Bei Bodenuntersuchungen wird von jeder Teilfläche eine Bodenmischprobe entnommen.

An ausgewählten Basis-BDF wurden Untersuchungen zur Flächenrepräsentanz der Daten des Bodendauerbeobachtungsprogramms durchgeführt. Dazu wurden jeweils Bodenproben sowohl von den 400-m²- als auch von vergrößerten 1000-m²-Probennahmeflächen (4 Teilflächen; Abb. 2, 3) in unterschiedlichen Bodentiefen entnommen und auf Schadstoffgehalte sowie ihre Variationsbreite untersucht.

Bei über 97 % der Stoff-Parameter haben sich sowohl die 400-m²- als auch die 1000-m²-Probennahmeflächen als in sich homogen erwiesen. Die Untersuchung der Bodenproben führte zu übereinstimmenden Werten der Stoffgehalte. Einzelne Ausreißer, bedingt durch die chemische Analytik, ergaben sich nur bei Stoffen, die in natürlichen, anthropogen wenig veränderten Böden sehr gering konzentriert

und analytisch schwer nachweisbar sind wie z. B. Quecksilber und Polycyclische Aromaten (PAK).

Aus den Analysedaten sind Stoffvorräte im Boden einer gegebenen Fläche berechnet worden. Auch dabei stimmen die Daten bei ca. 96 % der untersuchten Parameter zwischen den 400-m²- und den 1000-m²-Probennahmeflächen gut überein. Abb. 2 und 3 zeigen dies am Beispiel der Kupfer- und der Cadmiumgehalte im Boden.

In beiden Fällen hat sich eine vergleichbare Flächenrepräsentanz der Daten von BDF ergeben. Wird die gesamte Probennahmefläche einer BDF in mehr Teilflächen unterteilt, sind die Daten statistisch robuster. Aufgrund der Gleichwertigkeit beider Verfahren wird bei den Erhebungen an Basis-BDF die bisherige Untersuchungs-Systematik (400-m²-Probennahmeflächen) beibehalten.

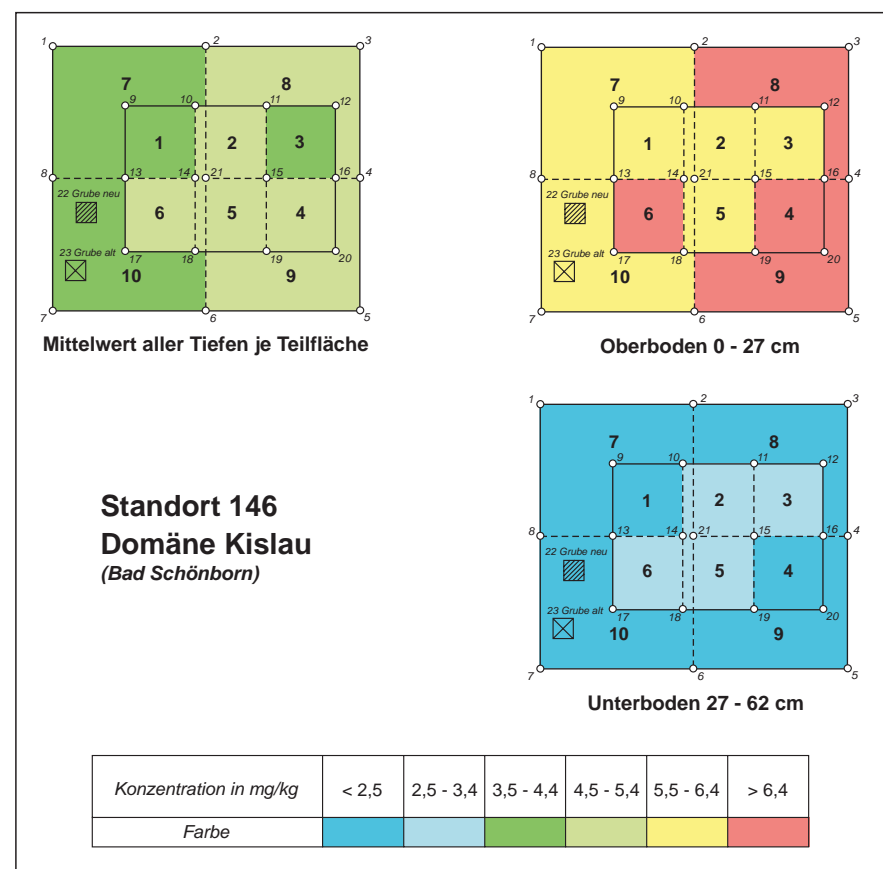


Abb. 2: Flächenhomogenität bei Basis-BDF; Beispiel Kupfer-Gehalte einer vergleyten podsoligen Braunerde unter Ackernutzung in unterschiedlichen Bodentiefen; Standort „Domäne Kislau“ (Bad Schönborn); Probennahmefläche 400 und 1000 m² (Quelle: LfU; Stand 2003)

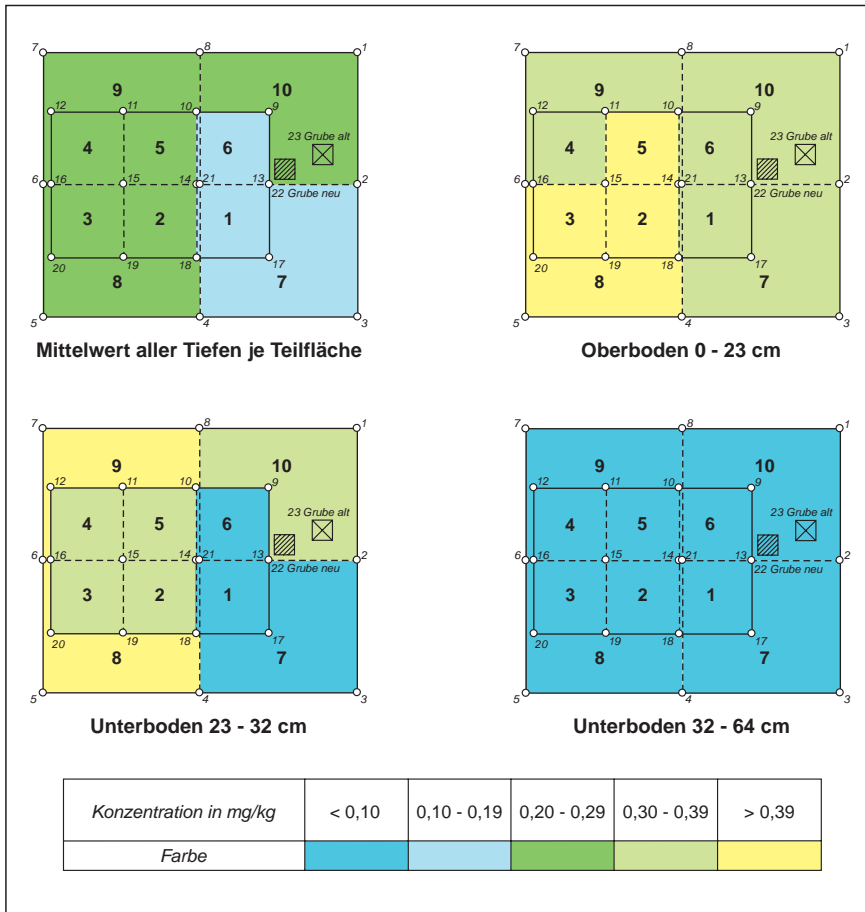


Abb. 3: Flächenhomogenität bei Basis-BDF; Beispiel Cadmium-Gehalte einer Parabraunerde auf Löß unter Ackernutzung in unterschiedlichen Bodentiefen, Standort „Tachenhäuser“, LK Esslingen; Probenahmefläche 400 und 1000 m² (Quelle LfU, Stand 2003)

3.2 Schadstoffgehalte der Böden

In den Jahren 2000 und 2001 fanden Wiederholungsuntersuchungen an den 33 Basis-BDF statt. Die Ergebnisse (Abb. 4, 5) zeigen, dass eine signifikante Änderung der Schadstoffgehalte im Boden von Basis-BDF selbst nach 15 Jahren nicht eindeutig belegbar ist. Dies unterstreicht die Notwendigkeit von Langzeit-Messreihen an Böden ausgewählter Standorte.

Abb. 4 zeigt, wie verschiedene Bodenausgangsgesteine den Schwermetallhintergrund der Böden beeinflussen. Während beispielsweise in Böden aus metamorphen Gesteinen (Gneis, Schiefer) der natürliche Kupfer-Gehalt über einen weiten Konzentrationsbereich variieren kann (rote Linien in Abb. 4), bewegt sich die Kupfer-Konzentration in Böden aus Sandsteinen in einem engen Bereich. Die Höhe der Balken gibt an, wo die an den BDF gemessenen Gehalte bei der Erst- (1986) und der

Wiederholungs-Untersuchung 2000/2001 lagen. Es zeigt sich:

- An einigen BDF haben die Schwermetallgehalte im (Ober-)Boden geringfügig zugenommen; bei weiteren sind abnehmende Gehalte registriert worden.
- Die Böden sind mit verschiedenen Schwermetallen unterschiedlich „ausgelastet“; beispielsweise werden bei Blei – vermutlich infolge diffuser anthropogener Einträge – Gehalte an der oberen Grenze der natürlichen Konzentrations-Spanne häufiger angetroffen als bei Kupfer.
- Die Schwermetallgehalte hängen ab vom Tongehalt der Böden; d.h. Böden der Hauptbodenart („Lehm/Schluff“) enthalten mehr Schwermetalle als „Sand“-Böden (Abb. 5).
- Die ubiquitären Schwermetallgehalte von nicht spezifisch belasteten

Böden nähern sich bei einigen Schwermetallen z.T. den Vorsorgewerten der BBodSchV (Abb. 5). Künftig wird es daher vermehrt darauf ankommen, zusätzliche Schadstoffeinträge in Böden zu minimieren.

4. Ergebnisse der Intensiv-Dauerbeobachtung

Die Intensiv-Dauerbeobachtungsflächen (BDF II; Tab. 1, S.182) dokumentieren einzelne Problemfelder und spezifische Gefährdungspotenziale für den Boden. In erster Linie sind dies Gefahren durch Schadstoffeinträge über die Luft, aber auch z. B. bei überschwemmungs- oder erosionsgefährdeten Flächen. Einerseits wird dabei die Wirksamkeit von Umweltschutzmaßnahmen betrachtet. So deutet sich beim Blei-Eintrag in den Boden beispielsweise ein Rückgang an, offensichtlich infolge von Maßnahmen der Luftreinhaltung, z. B. der Minderung von Kfz-Emissionen. Andererseits können auch „neue“ Stoffe wie Platingruppenelemente aus Kfz-Katalysatoren im Boden beobachtet werden.

Gesicherte Aussagen zur Entwicklung der Bodenqualität erfordern eigentlich einen längeren Messzeitraum, als es das 1991 begonnene Intensiv-Dauerbeobachtungsprogramm bisher ermöglicht. Dennoch ergeben sich an der BDF „Forst“ erste Hinweise über Veränderungen der Bodenqualität. Die BDF an der BAB 5 bei Bruchsal mit einem durchschnittlichen täglichen Verkehrsaufkommen von ca. 100 000 Kfz (20 % Lkw-Anteil) dient u. a. dazu, die Auswirkungen von Kfz-Emissionen auf Böden zu beurteilen.

Bisherige Ergebnisse zeigen: Durch die Umstellung auf bleifreien Kraftstoff ist der Bleieintrag in straßennahe Böden trotz hohem Verkehrsaufkommen auf das Hintergrund-Niveau an Standorten abseits von Verkehrswegen gesunken (Abb. 6).

Die Verbrennung von Kraftstoffen setzt u. a. Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) frei. Hier stellt sich die Situation anders dar als bei Blei. 1997 wurden an der Intensiv-BDF Forst 1925 mg/ha PAK (Summe von 16 PAK-Verbindungen nach US-

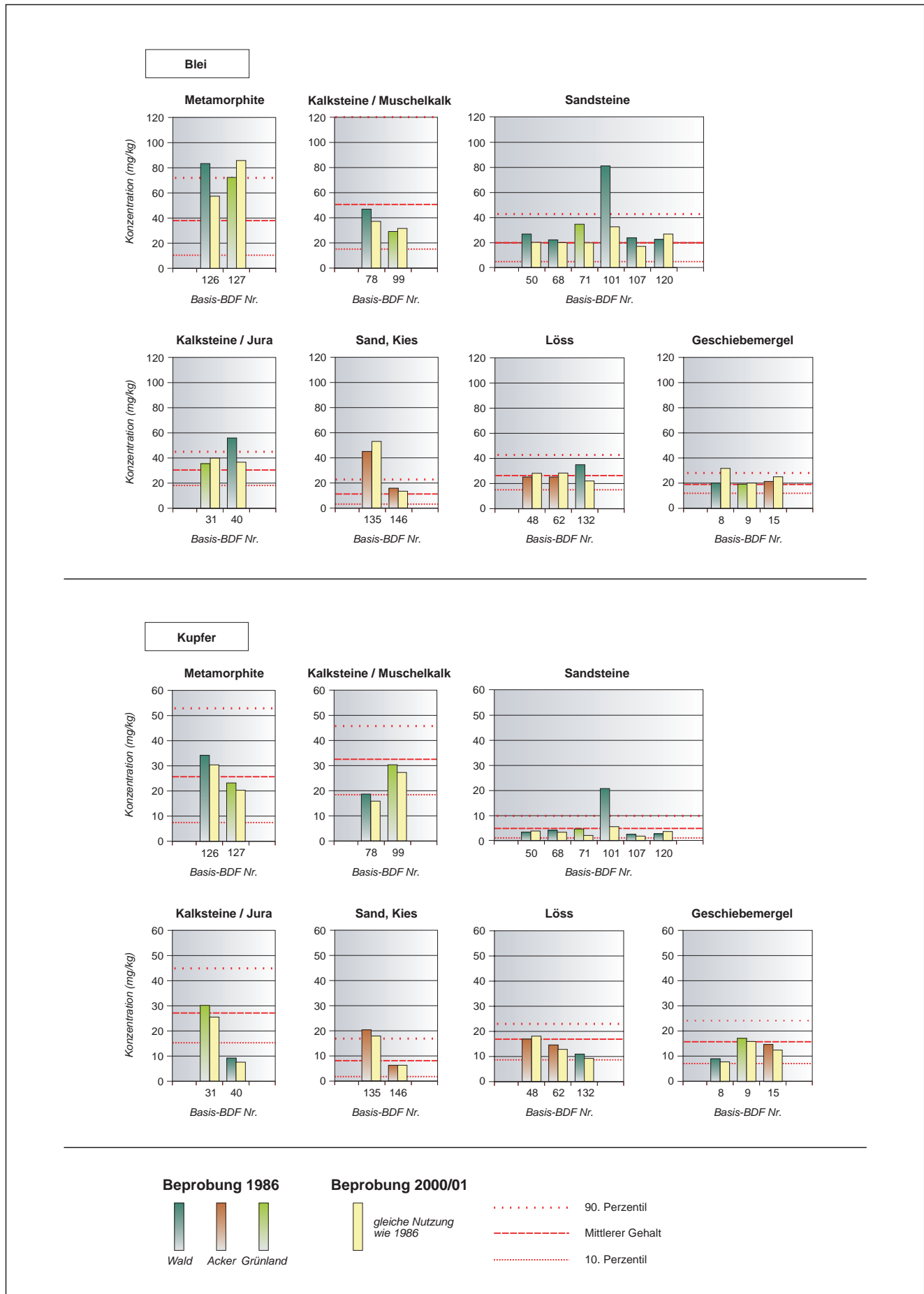


Abb. 4: Hintergrundgehalte in Böden an Basis-BDF aus verschiedenen Ausgangsgesteinen (oben: Blei, unten: Kupfer) (Quelle LfU; Stand 2003)



Abb. 5: Schwermetall-Hintergrund in Böden unterschiedlicher Bodenarten-Hauptgruppen an Basis-BDF (Quelle: LfU; Stand 2003)

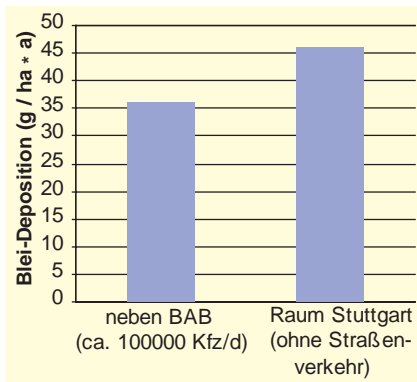


Abb. 6: Bleieintrag in den Boden im Jahr 1997 an den Intensiv-BDF Forst (BAB 5; 36 g/ha x a) und Baltmannsweiler (bei Esslingen, straßenfern; 46 g/ha x a)

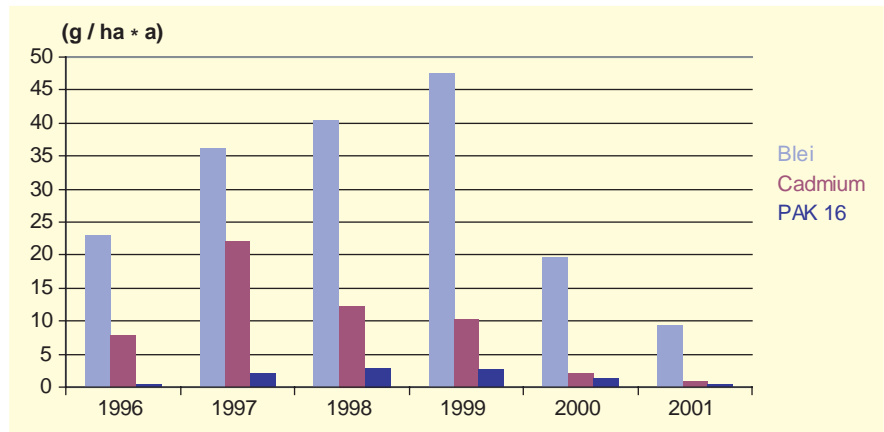


Abb. 7: Schadstoffeintrag in den Boden an der Intensiv-BDF Forst; Gesamtdeposition unter Wald

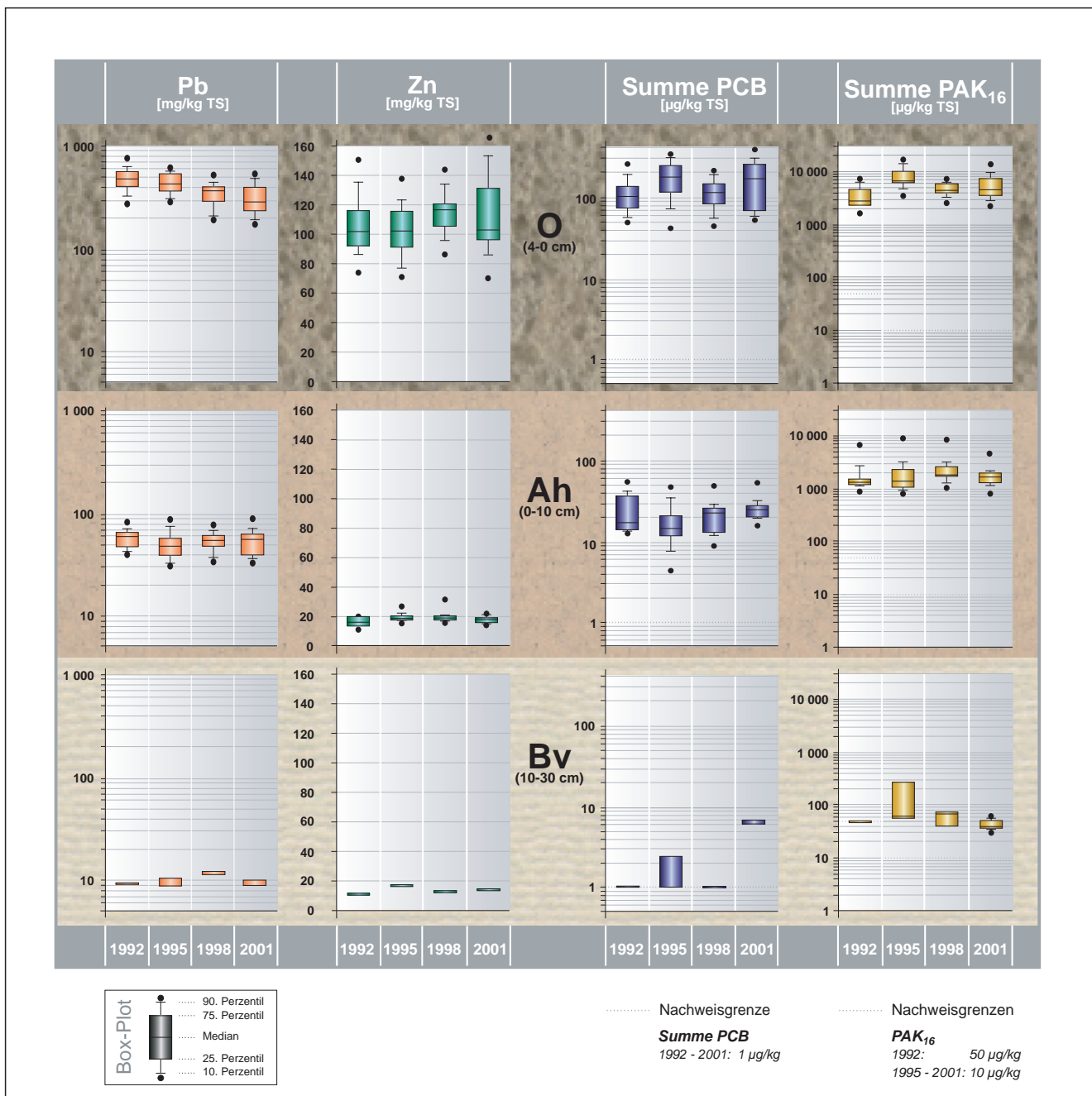


Abb. 8: Verteilung von Blei, Zink, PAK und PCB in der Humus-Auflage (O), im Ober- (Ah) und im Unterboden (Bv) in den Jahren 1992, 1995, 1998 und 2001; Intensiv-BDF Forst (Quelle: LfU; Stand 2003)

EPA Environmental Protection Agency) in den Boden eingetragen. An einer straßenfernen Intensiv-BDF südöstlich des Großraums Stuttgart lag der Eintrag im selben Zeitraum bei 1020 mg/ha. Dies zeigt, dass die Emissionen des Straßenverkehrs die Böden in Straßennähe direkt beeinflussen.

Bei einigen Stoffen, insbesondere bei Blei und PAK, ergibt sich über die ersten ca. sechs Jahre des Untersuchungszeitraums eine Zunahme der in den Boden eingetragenen Stofffracht. In den letzten Jahren wurde ein abnehmender Trend registriert (Abb. 7).

Auch in der obersten Mineralbodenschicht hat der PAK-Gehalt im Zeitraum 1992-1998 kontinuierlich zugenommen: von 1800 µg/kg Boden 1992 über 2185 µg/kg 1995 auf 2440 µg/kg 1998. Im Jahr 2001 wurde wieder ein geringerer Gehalt in der Größenordnung wie 1992 gemessen (1625 µg/kg Boden), allerdings bei großer Streubreite der Einzelmesswerte (Abb. 8).

Bei Blei hat in den vergangenen Jahren nicht nur die Depositions-Fracht auf den Boden, sondern auch die Konzentration in den obersten Bodenschichten abgenommen (Abb. 8). Bedingt durch den niedrigeren Boden-pH-Wert an der Intensiv-BDF Forst (pH 3-4) wurde Blei vermutlich aus dem Oberboden in tiefere Bodenschichten verlagert bzw. ausgewaschen. Durch die heute stark verringerte Bleiemission des Straßenverkehrs ist der aktuelle Eintrag in den Boden begrenzt. Die Entwicklung zeigt sich signifikant in der dem Boden aufliegenden Waldhumus-Schicht (O-Horizont) und tendenziell im Mineral-Oberboden (Ah-Horizont). Andererseits wird über die Jahre die Zunahme des Bleigehalts im Unterboden (Bv-Horizont) ebenfalls deutlich.

Bei den Polychlorierten Biphenylen (PCB) ergibt sich kein klarer Trend. Die PCB-Gehalte im Boden waren 1992 und 1998 vergleichbar.

Im Jahr 2002 wurde bei Trochtelfingen (Landkreis Reutlingen) die jüngste Intensiv-BDF eingerichtet. Untersuchungsschwerpunkt ist der Schadstofftransfer Boden-Pflanze

an einer mit Siedlungsabfällen und Wirtschaftsdüngern behandelten Ackerfläche. Auswahlkriterien bei der Standortsuche waren eine lange zurückreichende Klärschlammaufbringung und der langfristig gesicherte künftige Klärschlamm-, Bioabfall- bzw. Wirtschaftsdüngereinsatz. Darüber hinaus liegt an der BDF ein empfindlicher Boden mit geringem Schadstoff-Rückhaltevermögen vor.

5. Anhang

5.1 Quellen- und Literaturhinweise

Ballschmitter/Zell: Analysis of Polychlorinated Biphenyls (PCB) by Glass Capillary Gas Chromatography. Fresenius Z. Anal. Chem. 302, 20-31, 1980

DIN 51 527, Teil 1: Bestimmung polychlorierter Biphenyle (PCB). Deutsches Institut für Normung, Normenausschuss Materialprüfung (NMP), 5 S., 1987

Fritsche/Schmitz: Bestandsaufnahme von Rückstandshalden aus Bergbau und Erzaufbereitung in Baden-Württemberg; Forschungszentrum Karlsruhe, Technik und Umwelt, 3 Bände: FZKA 5768B, 5769B, 5770B; 1996

Landesanstalt für Umweltschutz: Schwermetallbelastungen durch den historischen Bergbau im Raum Wiesloch. Handbuch Boden Heft 7, 192 S.; Karlsruhe 1997

Landesanstalt für Umweltschutz: Bodenaushub ist mehr als Abfall. Bodenschutz, Heft 3, 78 S., Karlsruhe 1999

Landesanstalt für Umweltschutz: Erhebungsuntersuchungen zur Qualität von Geländeauffüllungen. Bodenschutz, Heft 4, 107 S., Karlsruhe 2000

Umweltministerium Baden-Württemberg, Reihe Luft – Boden – Abfall: Technische Verwertung von Bodenaushub. Heft 24, 95 S.; Stuttgart 1993

Leitfaden zum Schutz der Böden beim Auftrag von kultivierbarem Bodenaushub, Heft 28, 36 S.; Stuttgart 1994

Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit – Leitfaden für Planungen und Gestaltungsverfahren. Heft 31, 53 S.; Stuttgart 1995

Schwermetallgehalte in Böden und Pflanzen alter Bergbaustandorte im Südschwarzwald. Heft 32, 87 S.; Stuttgart 1995

Schwermetallgehalte in Böden und Pflanzen alter Bergbaustandorte im Mittleren Schwarzwald. Heft 33, 69 S.; Stuttgart 1995

Schadstoffbelastung der Böden und des Aufwuchses im Bereich von Wurf-tauben-Schießanlagen. Heft 38, 33 S.; Stuttgart 1995

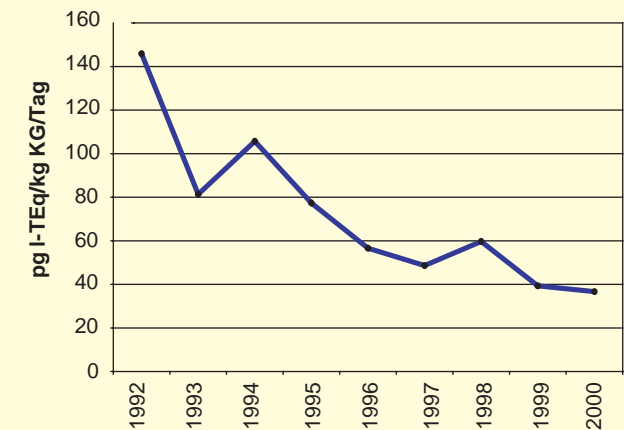
5.2 Informationsmöglichkeiten

www.lfu.baden-wuerttemberg.de
www.uvm.baden-wuerttemberg.de/xfaweb/

LEBENSMITTEL UND VERBRAUCHERSCHUTZ

1. Lebensmittelüberwachung	189
2. Natürlich bedingte Verunreinigungen	190
3. Umweltbedingte Verunreinigungen	193
4. Rückstände	194
5. Bestrahlung von Lebensmitteln und Kosmetika	199
6. Zusatzstoffe	200
7. Nachweis gentechnischer Veränderungen	201
8. Wasch- und Reinigungsmittel	203
9. Trinkwasser	204
10. Anhang	205

Die Dioxin-Aufnahme eines gestillten Säuglings ist im Vergleich zu der Dioxin-Aufnahme eines Erwachsenen um das 80fache erhöht. Trotzdem überwiegen beim Stillen die Vorteile.



vgl. Kapitel „Umweltindikatoren“

1. Lebensmittelüberwachung

Immer wieder wird die Forderung laut, die staatliche Kontrolle der Lebensmittel einschließlich des Trinkwassers, der Tabakwaren, der kosmetischen Mittel und der sonstigen Bedarfsgegenstände müsse flächendeckend und lückenlos sein. Oft trifft das zusammen mit der öffentlichen Diskussion von „Lebensmittelskandalen“ etwa beim missbräuchlichen Einsatz von Arzneimitteln in der Tiermast oder in Zubereitungsreaktionsprodukten wie Acrylamid. Eine derartige Vorstellung lässt die Grundsätze, die Möglichkeiten und die Zielsetzung einer für den Schutz des Verbrauchers und der seriösen Wirtschaft erforderlichen, finanzierbaren und praktikablen amtlichen Lebensmittelüberwachung außer Acht. Im Einzelfall sind bei erkannten Missständen auch jetzt schon umfassende Maßnahmen und Kontrollen zum Schutz der Verbraucher selbstverständlich.

Die EU hat in der EU-Basisverordnung für Lebensmittel die Grundlage für ein hohes Schutzniveau für die Gesundheit des Menschen und die Verbraucherinteressen bei Lebensmitteln zum Ziel gesetzt. In Deutschland dient hierzu das „Lebensmittel- und Bedarfsgegenständengesetz (LMBG)“ als Dach- und Rahmengesetz. Vom Grundsatz her aber kann die Lebensmittelüberwachung stets nur ein Stichprobensystem sein, dessen Aufgabe auch darin besteht, die Eigen-

verantwortlichkeit der Wirtschaft und des Handels gegenüber dem Verbraucher – also deren Sorgfaltspflicht – zu überprüfen. Dieser Grundsatz findet seinen Ausdruck sowohl im Ausführungsgesetz zum Lebensmittel- und Bedarfsgegenständengesetz (AGLMBG) als auch im gemeinsamen Überwachungserlass Baden-Württemberg.

An der Lebensmittelüberwachung in Baden-Württemberg sind verschiedene Institutionen beteiligt, von deren intensiver und sachgerechter Zusammenarbeit die Qualität der Überwachung entscheidend abhängt. Zuständige Vollzugsbehörde ist die Untere Verwaltungsbehörde. Zu deren Unterstützung kommt dem Wirtschaftskontrolldienst die Aufgabe zu, Proben zu entnehmen, Betriebe zu besichtigen, dies mit den wissenschaftlichen Sachverständigen zu koordinieren und zur Weiterverfolgung von Beanstandungen zu ermitteln. Zuständig für die Untersuchungen von amtlichen Proben im Labor und für deren Begutachtung sind die Chemischen und Veterinäruntersuchungsämter in den vier Regierungsbezirken.

Dabei werden bei der Lebensmittelüberwachung zahlreiche Parameter überprüft:

Im Rahmen der Betriebsbesichtigungen sind die hygienischen Betriebsbedingungen bei Herstellung und

Verkauf von Lebensmitteln besonders zu begutachten. Die Prüfer nehmen Inspektionen bei allen Sparten lebensmittelherstellender und -verarbeitender Betriebe und über alle Handelsstufen vor.

Für die Feststellung der stofflichen Zusammensetzung (Produktqualität) sind Laboruntersuchungen unerlässlich. Geprüft wird, ob die Proben den rechtlichen Anforderungen genügen, einwandfreie Rohstoffe (Zutaten) und nur zugelassene Zusatzstoffe wie z.B. Farb- und Konservierungsstoffe verwendet werden und ob die Proben die zulässigen Höchstmengen von Pflanzenbehandlungs- oder Tierarzneimitteln nicht überschreiten.

Zum Schutz des Verbrauchers vor Täuschung ist es auch notwendig, die Kennzeichnung und Kenntlichmachung aller Produkte zu prüfen. Einen ständig wachsenden Aufgabenbereich stellt die Kontrolle gegebenenfalls gesundheitsgefährdender Verunreinigungen (Kontaminanten) in Lebensmitteln dar. Verunreinigungen können natürlich bedingt sein, z.B. Mykotoxine, toxische Spurenelemente (Jod in Algen), oder durch Verarbeitungsprozesse und die allgemeine Umweltbelastung in die Produkte gelangen, z.B. 3,4-Benzpyren in Speiseölen, Quecksilber in Fischen, Mochusxytol in Humanmilch, Fischen und Kosmetika, Nitrat in Gemüse und Trinkwasser oder andere durch den

Menschen verursachte Verunreinigungen (z.B. polychlorierte Biphenyle, Dioxine, leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe, toxische Spurenelemente oder sonstige Umweltchemikalien).

In besonderem Maße muss der Verbraucher vor unzulässigen Rückständen an Pflanzenbehandlungs- und Tierarzneimitteln (pharmakologisch wirksamen Stoffen) geschützt werden. Daher haben diese Prüfungen eine besondere Bedeutung.

Aus aktuellen Gegebenheiten haben die Lebensmittelchemiker des Landes mit besonderem Nachdruck die Analytik zum Nachweis gentechnisch veränderter oder gewonnener Lebensmittel sowie zum Nachweis einer möglichen Behandlung von Lebensmitteln mit ionisierenden Strahlen fortentwickelt, um auch auf diesen Gebieten den ausreichenden Schutz der Verbraucher gewährleisten zu können.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass entgegen häufig anders lautenden Aussagen keineswegs stets die Kennzeichnungs- und Kenntlichmachungsmängel überwiegen, sondern durchaus in nennenswertem Umfang materielle Beeinträchtigungen festzustellen sind. Diese beruhen allerdings zu einem beträchtlichen Teil auf einem Fehlverhalten, das leicht abstellbar erscheint (Einsatz nicht zulässiger Zusatzstoffe, Nichtkenntlichmachung verwendeter Zusatzstoffe, unzulängliche Lagerbedingungen, Überlagerungen, unsachgemäßer Umgang mit der Ware, Manipulationen des Mindesthaltbarkeitsdatums).

Die für Lebensmittel getroffenen Feststellungen gelten in ähnlicher Weise auch für kosmetische Mittel und Bedarfsgegenstände (Einsatz ungeeigneter oder unzulässiger Stoffe, fehlende Warnhinweise). Besonders beobachtet werden hierbei übertriebene Werbeaussagen und verharmlosende Produktbeschreibungen.

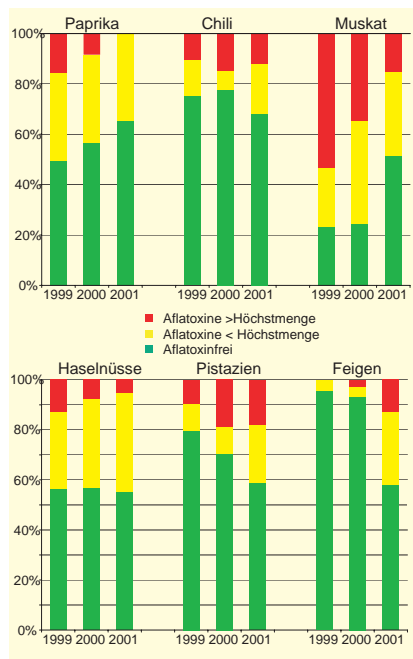


Abb. 1: Aflatoxine in Gewürzen, Nüssen, Pistazien und Feigen (Quellen: CVUAs Baden-Württemberg, 2002)

2. Natürlich bedingte Verunreinigungen

2.1 Aflatoxine

Mykotoxine (Pizgifte), vor allem Aflatoxine, gehören zu den gefährlichen Kontaminationen bei Lebensmitteln. Derartige Verunreinigungen sind aus gesundheitlicher Sicht als viel gravierender zu beurteilen als die durch die meisten Umweltchemikalien verursachten Verunreinigungen.

Hohe Gehalte an Aflatoxinen werden vorwiegend in pflanzlichen Lebensmitteln, die aus warmen, feuchten Regionen stammen, gefunden. Für Aflatoxinbildner sind dort die günstigsten Wachstumsbedingungen.

Die Kommission der Europäischen Gemeinschaft hat für die verschiedensten Lebensmittel wie Schalenfrüchte, Erdnüsse, Gewürze usw. Höchstgehalte festgeschrieben. Auffällige Befunde ergaben sich bei folgenden Lebensmittelgruppen:

Haselnüsse/Haselnusserzeugnisse gehören nach wie vor zu den Lebensmitteln, bei denen Höchstmengenüberschreitungen vorkommen können (Abb. 1). Aufgrund schlechter Ernten in der Türkei wurden des öf-

teren höhere Gehalte in derartigen Erzeugnissen beobachtet. Im Jahr 2002 hat daraufhin die Europäische Union Einfuhrbeschränkungen für Haselnüsse aus der Türkei ausgesprochen. Pistazien müssen weiterhin als ein hinsichtlich einer Schimmelpilzentwicklung besonders anfälliges Lebensmittel eingestuft werden. Sowohl bei den gerösteten Pistazien als auch bei Pistazieneis-Grundmassen muss nach wie vor mit Höchstmengenüberschreitungen gerechnet werden. Nach Jahren waren 2001 getrocknete Feigen wieder vermehrt mit Aflatoxinen belastet. Aflatoxinbildende Schimmelpilze können bereits bei der Bestäubung durch Insekten in die Blütenstände der Feigen übertragen werden. Feuchtwarmes Klima begünstigt dann die Aflatoxinbildung. Findet die Ernte der Früchte zudem nicht von Hand statt, werden viele Früchte beim Herabfallen verletzt und können am Boden erneut mit Schimmelpilzen infiziert werden.

Gewürze enthalten häufig hohe Aflatoxinmengen (Abb. 1). Hierfür sind in erster Linie mangelhafte Ernte- und Trocknungsmethoden in den Anbauländern verantwortlich. Eine Verbesserung der Situation ist bei den Produkten Paprika, Chili und Muskat durchaus erkennbar.

2.2 Ochratoxin A

Ochratoxin A ist ein in pflanzlichen Produkten, insbesondere in Getreide, vorkommendes Mykotoxin, das von einigen weit verbreiteten Schimmelpilzarten gebildet wird.

Im Gegensatz zu den Aflatoxinen ist es bevorzugt in landwirtschaftlichen Erzeugnissen der gemäßigten Klimaregionen nachzuweisen. Die Bildung wird besonders durch die Temperatur und den Feuchtigkeitsgehalt während der Ernte, der Weiterbearbeitung und der Lagerzeit beeinflusst. Sie lässt sich durch geeignete Trocknungs-, Transport- und Lagerbedingungen sowie durch einwandfreie Hygiene der Produkte und deren Herstellung weitgehend vermeiden.

Ochratoxin A gilt als nierentoxisch. Eine in Balkanländern beobachtete

Erkrankung der menschlichen Nieren („endemische Balkan-Nephropathie“) wurde mit dem Verzehr von Ochratoxin-A-haltigem Getreide und Brot in Verbindung gebracht. Ochratoxin A kann beim Menschen eine lange Halbwertszeit im Körper haben.

Auffällige Befunde ergaben sich bei folgenden Lebensmittelgruppen (Tab. 1):

Bei Getreide und Erzeugnissen aus Getreide wurde in den vergangenen Jahren eine Zunahme der Anzahl von Proben mit Gehalten bis 1 µg/kg beobachtet. Proben mit sehr hohen Gehalten traten dagegen nur noch selten auf. Vereinzelte Spitzenwerte über der Höchstmenge von 3 µg/kg sind wahrscheinlich auf Lagerprobleme oder nicht einwandfreie Müllereitechnik zurückzuführen. Grundnahrungsmittel wie Nudeln, Brot und Brötchen tragen nur gering zur Belastung des Menschen mit Ochratoxin A bei. Bei Braugerste und dem daraus hergestellten Bier konnten ebenfalls keine wesentlichen Ochratoxin-A-Belastungen nachgewiesen werden.

Da Rotwein bei der Maischegärung eine bestimmte Zeit „auf der Maische steht“ und im Süden teilweise hohe Temperaturen herrschen, sind hygienische Mängel bei der Weinbereitung als Ursache der Ochratoxin-A-Gehalte in der Diskussion. Inländische Weine waren weitestgehend unbelastet, südländische Weine hingegen häufiger kontaminiert. Auch Traubensaft enthielt vereinzelt sehr hohe Ochratoxin-A-Gehalte; der Spitzenwert lag bei 9,5 µg/l. Die Lebensmittelüberwachung beurteilt derart hohe Ochratoxin-A-Gehalte als kritisch, da Kinder diese Säfte oft in erheblichem Umfang konsumieren.

Nach wie vor bleibt die Situation bei Gewürzen angespannt. Ungefähr die Hälfte der überprüften Gewürzproben fielen durch zum Teil erhebliche Belastungen mit Ochratoxin A auf. Vor allem Paprika, Paprika-Gewürzzubereitungen (türkischer, gebrochener Paprika) für Döner Kebap, Chilis, Pfeffer und Muskat waren häufig belastet

Lebensmittel	1999			2000			2001		
	Anzahl positiv*Max.**			Anzahl positiv*Max.**			Anzahl positiv*Max.**		
Lebensmittel vom Tier	10	0		31	5	0,5	40	6	0,3
Getreide	213	29	5,5	43	18	1,3	75	46	2,6
Getreideprodukte	214	55	5	87	31	0,6	146	53	1,7
Ölsaaten, Nüsse	99	17	22	69	8	5,6	57	7	2,2
Trockenfrüchte	18	7	1,9	2	2	0,3	15	7	2,2
Traubensaft, rot	12	5	1,2	35	32	9,5	3	3	0,3
Wein, rot/rosé, D				30	9	0,3	75	4	0,1
Lakritzwaren				15	11	13	17	13	16
Kaffee	67	11	5,7	27	9	1,7	44	17	3,7
Säuglingsnahrung	18	1	0,05	24	2	0,1	32	2	1,3
Gewürze	59	28	31	101	54	44	107	50	38
Balsamessig				66	62	2,3	6	6	2,5

Tab. 1: Ochratoxin A in Lebensmitteln (Quelle: CVUA Sigmaringen, 2002)

2.3 Fusarientoxine

Fusarientoxine werden von Schimmelpilzen der Gattung Fusarium gebildet. Diese Schimmelpilze, Feldpilze, können Getreide schon vor der Ernte auf dem Feld besiedeln und Mykotoxine bilden. Feldpilze benötigen für ihr Wachstum eine hohe Luftfeuchtigkeit und ein relativ warmes Klima. Diese Bedingungen sind in regenreichen, warmen Sommern auch in Mitteleuropa erfüllt.

Geeignete Maßnahmen der guten landwirtschaftlichen Praxis (Standortwahl, Fruchtfolge, harmonische Düngung, sachgerechte Lagerung) können den Besatz des Getreides mit Fusarientoxinen gering halten. Zum Beispiel werden bei Getreide mit der Vorfrucht Mais und bei nicht wendender Bearbeitung des Bodens deutlich höhere Mykotoxin-Konzentrationen festgestellt.

Durch den Einsatz von Fungiziden (Applikation in die Blüte) lassen sich die Gehalte an Fusarientoxinen deutlich reduzieren. Dies ist wahrschein-

lich zum einen auf die Hemmung der Synthese der Toxine und zum anderen auf einen Verdünnungseffekt (Ausbildung einer größeren Anzahl an gesunden, unbefallenen Körnern) zurückzuführen.

Fusarientoxine werden in verschiedene Gruppen eingeteilt: Fumonisine, Zearalenon, Trichothecene und andere Fusarientoxine (Deoxynivalenol).

In der EU gibt es derzeit keine Regelungen für Höchstgehalte an Fumonisinen in Lebensmitteln. In Deutschland dagegen liegt ein Verordnungsentwurf vor, der bestimmte Höchstmengen vorsieht (Tab. 2). Dieser Entwurf ist derzeit im Notifizierungsverfahren der EU.

2.3.1 Fumonisine (B1, B2 und B3)

Schimmelpilze der Gattung Fusarium, insbesondere F. moniliforme, bilden Fumonisine. Diese Schimmelpilze kommen vorrangig in tropischen und subtropischen Gebieten vor; sie sind jedoch auch in der Lage, in unseren Breiten die Toxine zu produzieren.

Mykotoxin	Gehalte in Lebensmitteln	Gehalte in Säuglingsnahrung
Fumonisine	500 µg/kg Mais, Maiserzeugnisse 100 µg/kg Cornflakes	100 µg/kg
Zearalenon (ZEA)	50 µg/kg Getreide, Getreideerzeugnisse, Teigwaren, Brot, Backwaren	20 µg/kg
Deoxynivalenol (DON)	500 µg/kg Getreide, Getreideerzeugnisse, Teigwaren (außer Hartweizen) 350 µg/kg Brot, Backwaren	100 µg/kg

Tab. 2: Geplante Höchstmengen für Fusarientoxine (Quelle: BMVEL, Entwurf einer Verordnung zur Änderung der Mykotoxin-Höchstmengenverordnung und der Diätverordnung, Stand November 2001)

Lebensmittel	1999			2000			2001		
	Anzahl	positiv*	Max.**	Anzahl	positiv*	Max.**	Anzahl	positiv*	Max.**
Mais, -erzeugnisse	42	15	3015	23	4	846	10	0	
Weizen, -erzeugnisse				14	3	150			
Andere Getreide				12	2	120			

* Fumonisin-haltige Proben, ** Gehalt an Fumonisin in µg/kg

Tab. 3: Fumonisine in Lebensmitteln (Quelle: CVUA Sigmaringen, 2002)

Lebensmittel	1999			2000			2001		
	Anzahl	positiv*	Max.**	Anzahl	positiv*	Max.**	Anzahl	positiv*	Max.**
Lebensmittel vom Tier	18	0							
Weizen, -erzeugnisse	49	15	18	10	4	32	40	10	56
Mais, -erzeugnisse	41	13	59	24	14	37	8	3	37
Andere Getreide	96	4	8	6	0		6	1	8
Getreideprodukte	12	1	15	5	3	19	2	0	
Teigwaren	12	0		20	0		1	0	
Ölsaaten, Nüsse	114	4	8						
Trockenfrüchte	11	0					6	1	10
Kaffee	2	0		27					
Säuglingsnahrung	9	1	7	8	3	7			

* Zearalenon-haltige Proben, ** Gehalt an Zearalenon in µg/kg

Tab. 4: Zearalenon in Lebensmitteln (Quelle: CVUA Sigmaringen, 2002)

Lebensmittel	1999			2000			2001		
	Anzahl	positiv*	Max.**	Anzahl	positiv*	Max.**	Anzahl	positiv*	Max.**
Weizen	50	40	900	15	8	1200	27	18	990
Hartweizen							32	31	2180
Mais, -erzeugnisse	36	15	592	17	7	350	7	2	290
Andere Getreide	96	31	318	7	0		11	0	
Getreideprodukte	19	11	264	5	3	150	2	1	260
Teigwaren	12	7	335	20	9	320	2	2	436
Säuglingsnahrung	10	6	537	9	3	316			

* Deoxynivalenol-haltige Proben, ** Gehalt an Deoxynivalenol in µg/kg

Tab. 5: Deoxynivalenol in Lebensmitteln (Quelle: CVUA Sigmaringen, 2002)

Die erstmals 1988 in Südafrika isolierten und charakterisierten Schimmelpilzgifte sind in ihrer Struktur Zellwandbestandteilen ähnlich und verursachen verschiedene Krankheiten an Nutztieren. Sie stehen im konkreten Verdacht, Tumorpromotoren und Tumorinitiatoren zu sein. Möglicherweise haben die Toxine im menschlichen Organismus kanzerogene und teratogene (fruchtschädigende) Wirkung.

Als höher belastete Lebensmittel sind hauptsächlich Mais und daraus hergestellte Produkte zu nennen, wobei sich die Situation in den vergangenen Jahren deutlich verbessert hat.

Teilweise enthielten Maismehl und Maisgrieß aus kontrolliert biologischem Anbau höhere Mengen an Fumonisin. Dies ist vermutlich auf den Verzicht von Pflanzenschutzmitteln (Pilzbehandlungsmitteln) und

auf eine nicht sachgemäße Lagerung nach der Ernte zurückzuführen. Fumonisin-positive Befunde bei Lebensmitteln aus kontrolliert biologischem Anbau betrachtet die Lebensmittelüberwachung als kritisch, da der Verbraucher in der Regel davon ausgeht, dass derartige Produkte weitestgehend frei von gesundheitlich relevanten Stoffen sind (Tab. 3).

2.3.2 Zearalenon

Als Hauptproduzenten von Zearalenon treten *Fusarium avenaceum* und *Fusarium graminearum* auf. Die Gefahr für Mensch und Tier liegt in der östrogenen Wirkung dieser chemischen Verbindung. Die Stoffwechselprodukte des Zearalenons sind östrogen noch wesentlich wirksamer als die Muttersubstanz. Diese werden z.B. mit der Milch wieder ausgeschieden und stellen daher auch eine besondere Gefahr für Mensch und Tier dar.

Außerdem steht Zearalenon im Verdacht, bei der Entstehung von Krebs eine Rolle zu spielen. Studien zur Erfassung der Toxizität von Zearalenon und Einschätzung des Verbraucherrisikos sind noch nicht abgeschlossen.

Das Vorkommen von Zearalenon beschränkt sich nicht auf Getreide und Getreideprodukte. Auch in Nüssen, Tomaten und Bananen konnte dieses Mykotoxin nachgewiesen werden. Einzelne Proben (vor allem Weizen und Mais) wiesen Gehalte über der derzeit diskutierten Höchstmenge von 50 µg/kg auf (Tab. 4).

2.3.3 Trichothecene und andere Fusarientoxine

Die Toxine dieser Gruppe sind chemisch eng miteinander verwandt. Als Hauptproduzenten gelten *Fusarium graminearum*, *Fusarium culmorum* und andere Fusarienarten, die häufig auf Getreide vorkommen.

Als „Leittoxin“ wurde stellvertretend für die anderen Trichothecene das in aller Regel am häufigsten in belasteten Getreideproben auftretende Deoxynivalenol bestimmt.

Die Aufnahme dieser Mykotoxine mit der Nahrung bewirkt Veränderungen des Blutbildes sowie Erkrankungen innerer Organe (Herz, Nieren) und des Magen-Darm-Traktes (Erbrechen, Durchfall). Weiterhin besitzt Deoxynivalenol mutagene und immunsuppressive Eigenschaften (Anfälligkeit gegenüber Infektionserkrankungen). Studien zur Erfassung der Toxizität von Deoxynivalenol und Einschätzung des Verbraucherrisikos sind noch nicht abgeschlossen.

Es sind hauptsächlich Lebensmittel wie Getreide, Getreideprodukte, Backwaren und andere Weiterverarbeitungsprodukte kontaminiert (Tab 5).

Hartweizen (Durum), aus dem in der Regel Teigwaren hergestellt werden, scheint gegenüber Fusarien besonders anfällig zu sein. Teilweise wiesen Hartweizenproben erhebliche Gehalte an Deoxynivalenol auf (Spitzenwert: 2180 Mikrogramm/kg).

Im übrigen Speisegetreide oder in Mehlen waren bisher nur wenig auffallend hohe Belastungen (>500 µg/kg) festzustellen. Dieser Befund könnte darauf beruhen, dass die Mühlenbetriebe, besonders sorgfältig das Getreide in Speise- und Futtergetreide trennten und somit nur besonders ausgewähltes Getreide als Nahrungsmittel in den Verkehr gelangt. Außerdem scheint durch die Reinigung des Getreides in der Mühle ein hoher Anteil des belasteten Getreides ausgesondert zu werden.

3. Umweltbedingte Verunreinigungen

Anthropogen bedingte Verunreinigungen gelangen unbeabsichtigt in die Lebensmittel (Abb. 2). Sie entstammen Emissionen der verschiedensten Quellen, kommen über Boden, Luft und Wasser in die Lebensmittel und reichern sich in der Nahrungskette an. Sie können für den menschlichen Körper akut (z.B. Nitrat in Säuglingsnahrung) oder durch Anreicherung auch langfristig schädlich sein. Daher ist die ständige Überwachung des Gehalts in der Nahrung für den Verbraucherschutz unerlässlich. Aus der Gruppe der umweltbedingten Verunreinigungen sind im Folgenden die Schwermetalle exemplarisch dargestellt.

3.1 Schwermetalle

Die Abb. 3 und 4 stellen die Gehalte an Blei und Cadmium in 3 Lebensmitteln dar, die in Messprogrammen untersucht wurden. Im Rahmen des Nationalen Rückstandskontrollplans wurde Kalbsleber untersucht. Leber wie Nieren von Schlachttieren dienen zur Ausschleusung von Stoffwechselprodukten, Giftstoffen usw. aus dem tierischen Organismus. Jegliche Schadstoffe – Tierarzneimittel, Pestizide und Schwermetalle – reichern sich dort bevorzugt an. Eine einzelne Probe mit 0,54 mg/kg Blei war nach der Kontaminanten-Verordnung der EG zu beanstanden, alle anderen 87 Proben waren verkehrsfähig.

Bleikontaminationen erfolgen in der Regel durch Luftstaub, die Ergebnisse für Salate und Wein zeigen jedoch,

dass eine Bleibelastung im Normalfall nicht gegeben ist. Dies ist unter anderem auf den drastisch reduzierten Eintrag von Blei durch den Verkehr seit der Abschaffung verbleiten Benzins zurückzuführen. Kopfsalat und Wein wurden im Rahmen des bundesweiten Monitorings erhoben. Hierbei handelt es sich um ein gesetzlich verankertes Untersuchungsprogramm, das jährlich bezüglich Schadstoffen und Probenarten fortgeschrieben wird. Die Salat- und die Weißweinproben waren allesamt verkehrsfähig.

3.2 Radioaktivität in Wildpilzen aus Baden-Württemberg

Am Chemischen und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg wurden im Jahr 2002 insgesamt 38 Proben Wildpilze aus dem Regierungsbezirk Freiburg auf Radioaktivität untersucht.

Wie auch in den vergangenen vier Jahren wurde der für Importlebensmittel als Höchstmenge festgesetzte Wert von 600 Bq Gesamtcäsium von keiner Probe überschritten. Dieser Wert wird bei der Beurteilung hei-

mischer Lebensmittel als Richtwert herangezogen.

Grundsätzlich ist für Wildpilze wie auch für Wildfleisch eine große Schwankungsbreite der Messergebnisse, je nach Herkunft, zu verzeichnen. Der Grund hierfür liegt zum einen in der unterschiedlichen Kontamination als Folge des Reaktorunfalls von Tschernobyl 1986. Zum anderen spielt die Bindung des Cäsiums in den verschiedenen Böden eine große Rolle für die Aufnahme durch Pflanzen und Tiere. Außerdem reichern manche Pilzarten, wie z.B. der Maronenröhrling, das Cäsium besonders an. Deshalb ist ein Vergleich mit den Vorjahreswerten strenggenommen nur bei der selben Pilzart und vom selben Standort möglich. Derartige Proben stehen jedoch nicht in jedem Jahr ausreichend zur Verfügung.

Trotz dieser Einschränkungen werden die Werte dargestellt, wobei aufgrund der geringen Probenzahl nicht mehr nach Pilzart unterschieden wurde (Abb. 5, 6). Eine allgemein sinkende Kontamination von Pilzen mit Cs-137 zeichnet sich im letzten Fünfjahreszeitraum nicht ab. Im Gegensatz zu den anderen Probenahmeorten

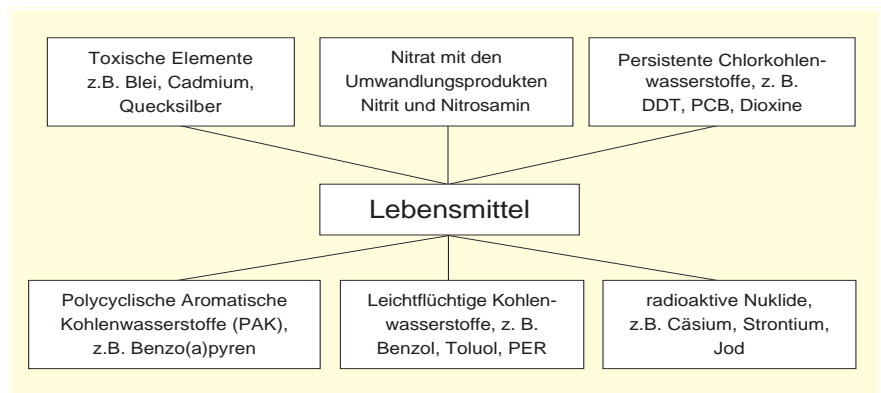


Abb. 2: Anthropogen bedingte Verunreinigungen in Lebensmitteln

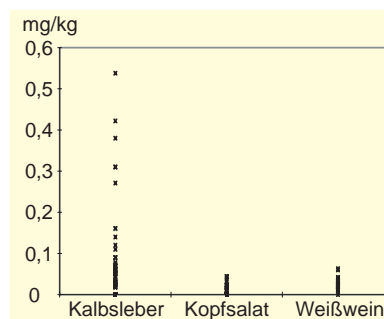


Abb. 3: Blei in Lebensmitteln (Quellen: CVUAs Baden-Württemberg, 2001)

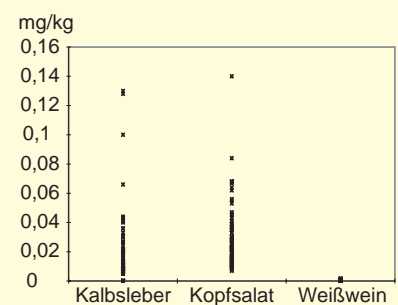


Abb. 4: Cadmium in Lebensmitteln (Quellen: CVUAs Baden-Württemberg, 2001)

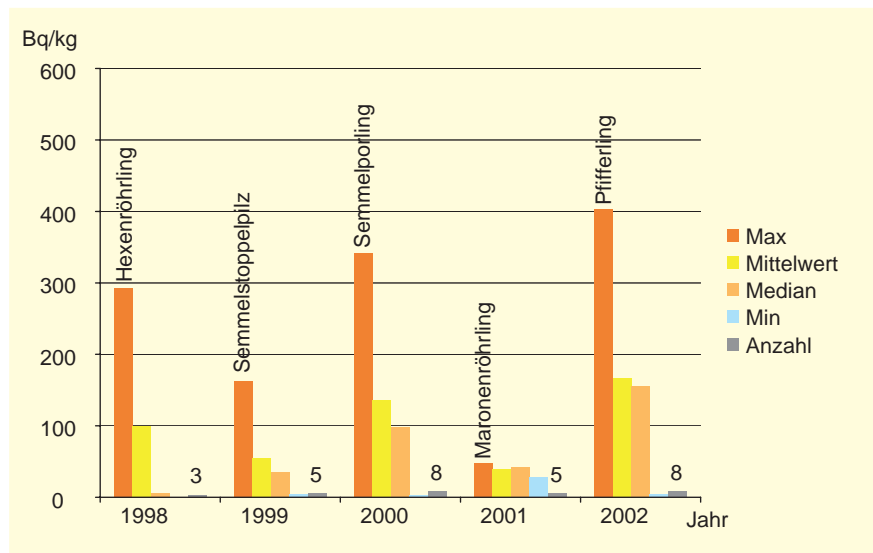


Abb. 5: Cäsium in Wildpilzen, Kehl (Rhein-Auwald) (Quelle: CVUA Freiburg)

konnten aus dem Rhein-Auwald bei Kehl in jedem Jahr Proben untersucht werden. Die Werte zeigen, dass auch in der Rheinebene vergleichsweise höhere Kontaminationen vorkommen können. Jedoch erhält ein Erwachsener selbst bei regelmäßigem Verzehr von 200 g Pilzen pro Woche, die mit 1000 Bq Cs-137/kg kontaminiert sind, im Jahr lediglich eine zusätzliche Strahlendosis von 147 Mikrosievert (μSv). Die durchschnittliche natürliche Strahlenbelastung in Deutschland beträgt 2400 $\mu\text{Sv}/\text{Jahr}$.

3.3 Radioaktivität in Wildfleisch

Seit dem Reaktorunfall von Tschernobyl 1986 wurden in Baden-Württemberg überwiegend Wildproben aus dem Raum Bodensee-Oberschwaben regelmäßig und ausreichend häufig gemessen, da hier bisher immer die höchsten Gehalte zu verzeichnen wa-

ren. Etwa seit 1999 bestand Grund zu der Annahme, dass die Cs-137-Gehalte im Schwarzwild wieder ansteigen. Um auch für die übrigen Landesteile möglichst schnell eine bessere Datenbasis zu bekommen, hat das CVUA Freiburg in einem einjährigen Projekt 2000/2001 verstärkt Wildfleisch aus mehreren Gebieten untersucht. Ein privates Institut wurde mehr als ein Jahr lang mit der Entnahme und Anlieferung von etwa 600 Wildproben beauftragt. Auch nach dem Auslaufen des Projektes werden noch Wildproben aus einigen Forstamtsbezirken zur Messung eingesandt. Dadurch stehen noch einige aktuelle Werte zur Verfügung.

Während aus dem Raum Bodensee-Oberschwaben auch heute noch Spitzenwerte von etwa 7000 Bq/kg Wildfleisch gemeldet werden, ergibt sich für die übrigen Gebiete des Landes eine im Durchschnitt eher geringe Belastung mit radioaktivem

Cäsium, wobei jedoch immer wieder auch Cäsiumgehalte festgestellt werden, die über dem Richtwert von 600 Bq Gesamtcesium/kg liegen. Eine weitere Zunahme der Belastung von Schwarzwild zeichnet sich nach den Untersuchungen des CVUA Freiburg ab (Abb. 6). Die weitere Beobachtung dieser Entwicklung wäre über ein Wildmonitoring in Zusammenarbeit mit den Forstämtern möglich. Nach einer Vereinbarung zwischen der Landesregierung und dem Landesjagdverband soll Wild mit einem Gesamtcesiumgehalt von mehr als 600 Bq/kg nicht in den Handel kommen.

4. Rückstände

Rückstände sind Stoffe, die bei der landwirtschaftlichen Erzeugung oder bei der Vorratshaltung absichtlich mittelbar oder unmittelbar in die Lebensmittel pflanzlicher oder tierischer Herkunft gelangen. Hierzu gehören vor allem Pflanzenbehandlungsmittel und pharmakologisch wirksame Stoffe (Tierarzneimittel). Die Entwicklung in beiden Bereichen ging zu Substanzen, die schnell abbaubar sind und somit eine Akkumulation im menschlichen Körper und damit eine giftige Langzeitwirkung vermeiden.

4.1 Pflanzenschutzmittelrückstände in Obst und Gemüse

In der EU sind über 700 Pflanzenschutzmittelwirkstoffe zugelassen, weltweit werden über 1400 Wirkstoffe eingesetzt. Durch die Vielzahl der chemischen Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und die re-

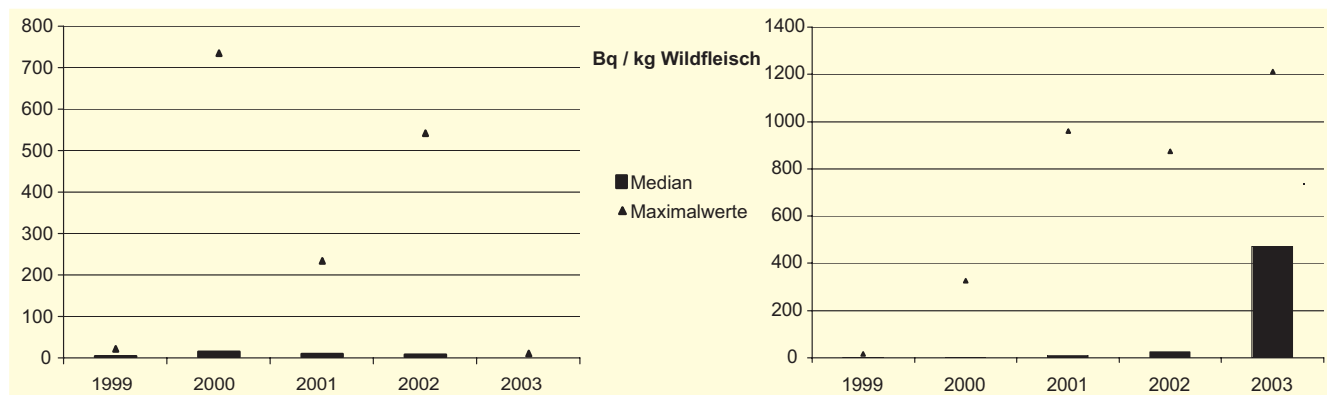


Abb. 6: Radioaktivität in Rehwild (links) und Schwarzwild (rechts) im Regierungsbezirk Freiburg Anmerkung: Der Median ist der Wert unter dem 50 % der Proben liegen. (Quelle: CVUA Freiburg, 2002)

Regelmäßige Markteinführung neuer Wirkstoffe steigen die Anforderungen an die Rückstandsanalytik von Pflanzenschutzmitteln stetig. Auch gerade der Einsatz zunehmend polarer Wirkstoffe erfordert den Einsatz neuer Analysemethoden. Daher sind eine wirksame Überwachung nur durch eine gezielte Rückstandsuntersuchung – abgestimmt auf Kultur und Herkunftsland – und eine ständige Erweiterung des Untersuchungsspektrums durch die Entwicklung neuer Analysemethoden möglich.

Die Rückstandsbefunde seit 1998 für Obst und Gemüse ergeben, dass der Anteil an Proben mit Pestizidrückständen über den zulässigen Höchstmengen zugenommen hat (Abb. 7, 8). Dieser höhere Anteil ist im Wesentlichen Folge der konsequenten Erweiterung des untersuchten Wirkungsspektrums mit neuen analytischen Methoden. Der Anteil der Proben mit Höchstmengensüberschreitung lag im Untersuchungsjahr 2001 bei Frischgemüse bei etwa 9 % und bei Frischobst bei etwa 10 %, wobei ausländische Ware im Allgemeinen stärker mit Rückständen an Pflanzenschutzmitteln belastet ist als inländische Ware. Dies ist hauptsächlich auf den hohen Anteil importierter Unterglasproduktionen im Winterhalbjahr zurückzuführen.

Die hohe Beanstandungsquote 2001 beruht vor allem auf dem Nachweis, dass die Wachstumsregulatoren Chlormequat und Mepiquat im Obst- und Gemüseanbau missbräuchlich angewendet wurden. Chlormequat und Mepiquat hemmen die Biosynthese pflanzeigener Wachstumsstoffe, wodurch beim Pflanzenwachstum die Zellstreckung unterdrückt wird. Diese Wirkstoffe beeinflussen auch den Entwicklungszyklus einer Pflanze und führen so zu vermehrter Blütenbildung, stärkerem Fruchtansatz, vermindertem Triebwachstum und somit zu einer Ertragssteigerung. Chlormequat wird in der EU vor allem für die Halmverkürzung (Stauchung und Verstärkung der Halme) im Getreideanbau eingesetzt und ist auch in Deutschland nur im Getreideanbau zugelassen. Die Untersuchungen zeigten jedoch, dass diese

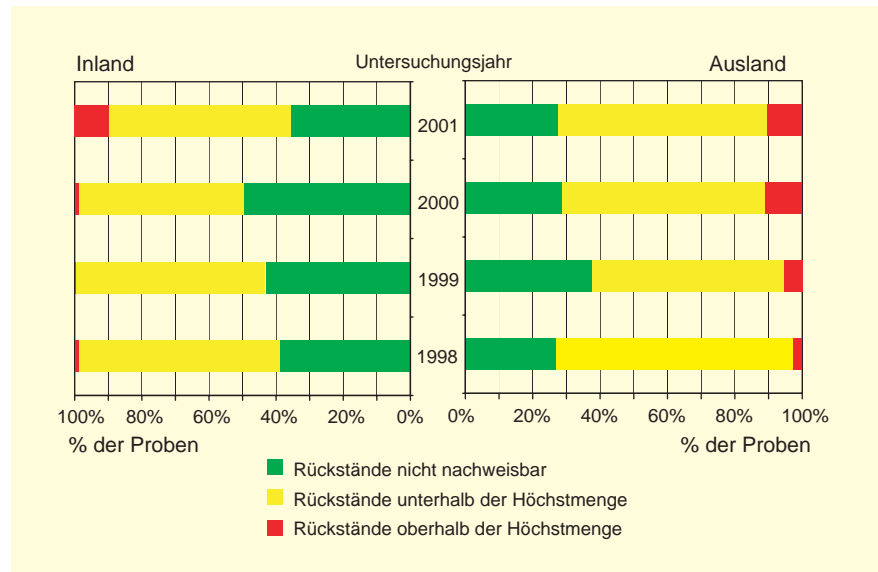


Abb. 7: Pestizide in Obst (Quellen: CVUAs Baden-Württemberg, 2002)

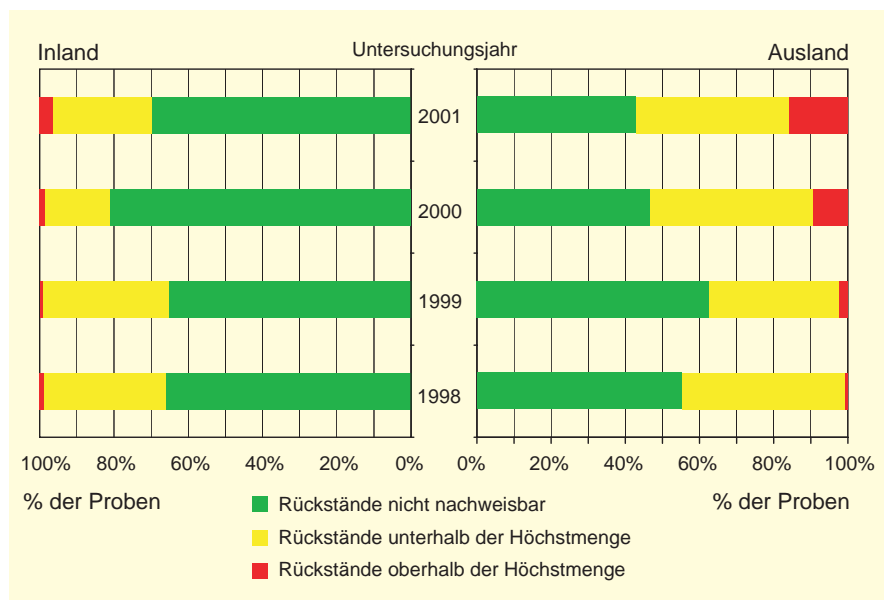


Abb. 8: Pestizide in Gemüse (Quellen: CVUAs Baden-Württemberg, 2002)

Substanzen offensichtlich sehr viel umfangreicher eingesetzt wurden. In Bundkarotten, vor allem italienischer Herkunft, wurden in großem Umfang Rückstände von Chlormequat festgestellt. Auch bei Birnen aus Süddeutschland wurde in 58 % der Proben Chlormequat nachgewiesen, 16 % der Proben wurden aufgrund der Überschreitung der EU-harmonisierten Höchstmenge beanstandet.

Nach wie vor werden bei bestimmten Kulturen vermehrt Mehrfachrückstände nachgewiesen. Tafelweintruben, Erdbeeren und Gemüsepaprika weisen beispielsweise häufig mehrere verschiedene Wirkstoffe in ein und demselben Erzeugnis auf. In einer

Probe ausländischen Gemüsepaprikas wurden sogar 18 verschiedene Wirkstoffe gleichzeitig nachgewiesen.

Die baden-württembergischen Behörden erfuhrn 2001 durch eine anonyme Anzeige vom Einsatz nicht zugelassener Pflanzenschutzmittel im Erzeugungsgebiet Bodensee. Anschließende Untersuchungen von Äpfeln zeigten bei 20 von 71 analysierten Proben für Kernobst nicht zugelassene Pflanzenschutzmittel. Auch innerhalb der integrierten Produktion wurden mehrfach Verstöße festgestellt.

Die bisherige Untersuchung von Proben aus ökologischem Landbau

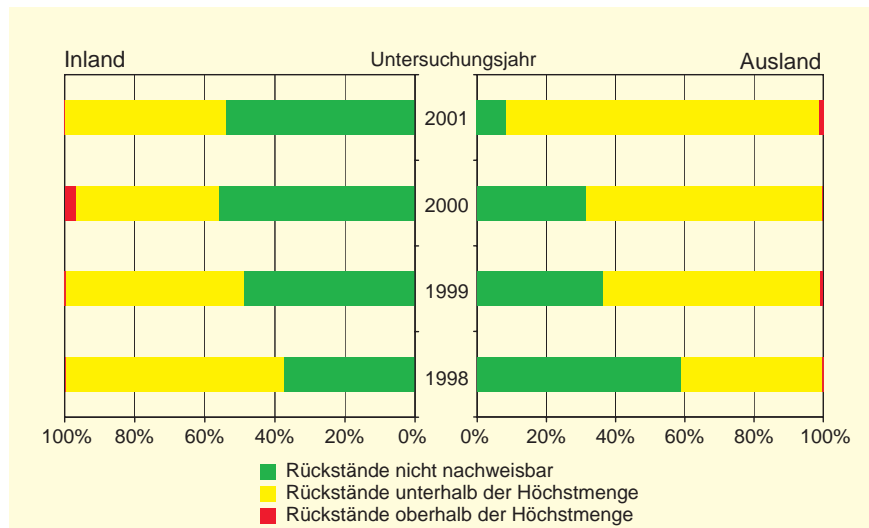


Abb. 9 Pestizide in Lebensmitteln tierischer Herkunft (Quellen: CVUAs Baden-Württemberg)

zeigt, dass diese Proben im Vergleich zu Proben aus konventionellem Anbau deutlich geringere oder häufig keine nachweisbaren Pestizidrückstände aufweisen. Gemäß der EG-Verordnung über den ökologischen Landbau dürfen bei so genannten „Bioprodukten“ keine synthetisch-chemischen Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden.

4.2 Lebensmittel tierischer Herkunft

Von den 1999 bis 2001 untersuchten 4925 Lebensmittelproben tierischer Herkunft aller Handelsstufen und den rund 800 Proben, die im Rahmen des Nationalen Rückstandskontrollplans auf Rückstände an Pflanzenschutzmitteln und Kontaminanten untersucht wurden, wiesen 50 bis 60 % Rückstände bei einer analytisch mindestens erfassbaren Bestimmungsgrenze von 0,005 mg/kg Fett auf (Abb. 9). Die Gehalte an chlororganischen Pestiziden und Polychlorierten Biphenylen haben sich z.B. in Milch, Fleisch und daraus hergestellten Erzeugnissen in den vergangenen 10 Jahren so weit verringert, dass die durchschnittliche Rückstandsbelastung inzwischen im unteren analytischen Nachweisbereich, das heißt unter 0,005 mg/kg Fett, liegt. Da für diese Stoffe schon seit fast zwei Jahrzehnten Anwendungsverbote oder -beschränkungen gelten, gelangen sie nur noch über Altlasten in die Umwelt und in Lebensmittel, wobei die alternativ

erzeugten Produkte ebenso betroffen sind wie die konventionell erzeugten.

Höchstmengenüberschreitungen traten im Vergleich zu den pflanzlichen Lebensmitteln nur bei einem geringen Anteil der untersuchten Proben auf (0,4–2,4 %). Dabei handelte es sich vorwiegend um Überschreitungen der Höchstmengen von HCB (Hexachlorbenzol) bei Aalen aus einheimischen Gewässern (Rhein), vereinzelt um Lindan und Endosulfan bei Milchprodukten sowie 1999 speziell um PCB bei Geflügel und Fleischerzeugnissen aufgrund eines Kontaminationsfalles in Belgien. Dort war PCB- und dioxinhaltiges Öl in Futtermittel zum größten Teil für die Geflügelproduktion gelangt, wobei sich eine Kontamination von Lebensmitteln auch durch einige positive Befunde in Baden-Württemberg nachweisen ließ.

Die überwiegende Zahl der untersuchten Lebensmittel wies keine Auffälligkeiten an organischen Umweltkontaminanten und Rückständen von Pflanzenschutzmitteln auf. Maßnahmen im Sinne des vorbeugenden Verbraucherschutzes waren daher nicht erforderlich.

Bedeutung als Umweltkontaminanten erlangten weitere Stoffgruppen, vor allem die Organozinn- und Organobromverbindungen.

Organozinnverbindungen (OZV) sind metallorganische Verbindungen mit

einer hohen Verweildauer in der Umwelt. Im Vordergrund steht derzeit Tributylzinn, dessen Anwendung in Antifoulingfarben zum Bewuchsschutz von Schiffsrümpfen zur Anreicherung in Sedimenten und aquatischen Organismen geführt hat. Als weitere triorganische Zinnverbindung ist Triphenylzinn, das als akarizid (milbentoxisch) und fungizid wirksames Pflanzenschutzmittel sowie Antifouling-Wirkstoff eingesetzt wurde, von ökologischer Bedeutung. OZV wirken stark toxisch insbesondere auf Wasserlebewesen. Bei Weichtieren und Fischen zeigten sich Veränderungen des Sexualhormonsystems bei OZV-Konzentrationen im Spurenbereich. Auch beim Menschen sind diese Verbindungen wirksam, indem sie das Immunsystem schädigen und das Hormonsystem beeinträchtigen können.

Untersucht wurden Speisefische und Flussfische – als Umweltindikatoren – auf Mono-, Di-, Tri- und Tetrabutylzinn, Mono-, Di-, Tri- und Tetraphenylzinn sowie Dioctylzinn bis zu einer Bestimmungsgrenze je OZV von 0,005 mg Organozinn/kg Frischsubstanz (FG). Schollen wiesen fast ausschließlich Triphenylzinn mit Gehalten von 0,005–0,020 mg/kg FG (Median 0,006 mg/kg FG) auf und waren damit nur gering belastet. Die Forellen aus einheimischen Zuchtanlagen waren alle ohne Rückstände. In Korrelation dazu wiesen die Futtermittel auch nur Spuren von Tributylzinn im Bereich der Bestimmungsgrenze auf.

Bei den Bodensee- und Rheinfischen stellte sich die Situation abhängig von der Fischart unterschiedlich dar. Butylzinnverbindungen (als Summe) waren bei Rhein-Karpfen, Schleie und Aal nicht nachweisbar. Bei den anderen Fischarten lagen die Gehalte (als Mediane) von 0,005–0,018 bzw. von 0,005–0,008 mg/kg FG in einem niedrigen Konzentrationsbereich.

Phenylzinnverbindungen (als Summe) wurden dagegen weitgehend auf höherem Konzentrationsniveau bestimmt. Die höchsten Gehalte wiesen eine Rhein-Barbe und ein Güster mit 0,053 bzw. 0,050 mg/kg FG sowie die Rhein-Aale mit 0,006–0,063 mg/

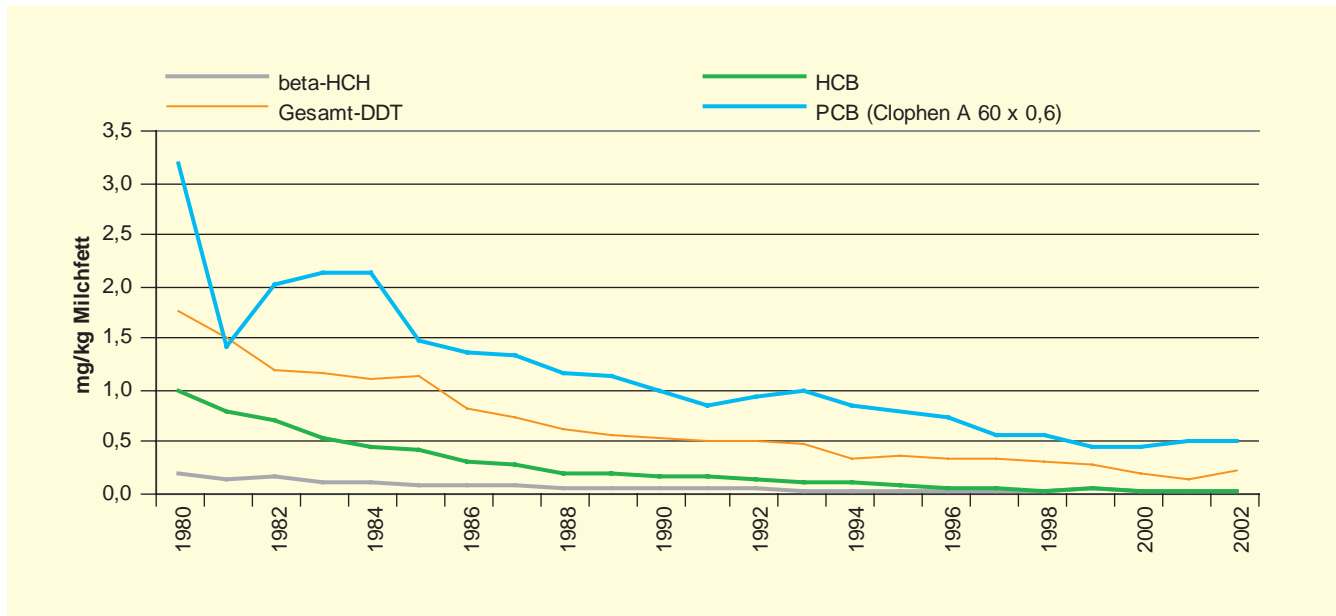


Abb. 10: Mittlere Gehalte von Organochlorverbindungen in 17 151 Humanmilchproben (Quellen: CVUAs Baden-Württemberg, 2003)

kg FG auf Bodenseefelchen waren frei von Phenylzinn-Rückständen.

Den diskutierten Summenwert von 0,030 mg OZV/kg FG zur Beurteilung der Verkehrsfähigkeit der Fische als Speisefische hielten alle Bodenseefische und der überwiegende Teil der Rheinfische – außer 2 Aalen, 1 Barbe und 1 Güster – ein.

Seit einiger Zeit ist bekannt, dass auch bromierte Verbindungen sich in der Nahrungskette anreichern. Dabei sind insbesondere die polybromierten Diphenylether (PBDE) von Interesse, die in großen Mengen als Flammschutzmittel verwendet werden. Die jährliche Produktionsmenge beträgt weltweit rund 70 000 t. Eingesetzt werden diese Stoffe in Kunststoffen, Elektro- und Elektronikgeräten, Dämmmaterialien, Teppichen und Textilien und gelangen durch Ausgasung, Verbrennung, Verarbeitung und Recycling bevorzugt in die aquatische Nahrungskette. Dort werden sie aufgrund ihrer Eigenschaften im Fettgewebe von Fischen angereichert. Genau wie chlorierte Verbindungen weisen sie die Eigenschaften auf, die zur Einstufung als „persistent organic pollutants“ (POPs) führen: Persistenz, Bioakkumulation, Toxizität und das Potenzial zum Ferntransport. Die PBDE enthalten ebenso wie die PCB und das Toxaphen eine Vielzahl von Kongeneren. Der Hauptbestand-

teil in Fischen ist der 2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether (PBDE 47). Außerdem sind die PBDE 28, 99, 100, 153 und 154 – ein Tri-, zwei Penta- und zwei Hexabromdiphenylether – von Bedeutung. Bei der Untersuchung von 4 Seefischarten (Butterfisch, Hai, Scholle, Rotbarsch) zeigten sich die höchsten Gehalte an PBDE 47 bei den Hai- und Schollen-Proben (mittlere Gehalte von 0,034 und 0,030 mg/kg Fett). Verglichen mit Rheinfischen sind deren Gehalte jedoch überwiegend niedriger. Rheinaale wiesen je nach Rheinabschnitt (km 3–432) im Mittel PBDE 47-Gehalte von 0,02–0,07 und Rotaugen von 0,03–0,46 mg/kg Fett auf.

4.3 Humanmilch

Seit 1980 untersuchen die Chemischen und Veterinäruntersuchungsämter in Baden-Württemberg für die Mütter im Land kostenlos nach vier Monaten Stillzeit die Humanmilch auf persistente chlororganische Kontaminanten. Die Probenzahlen sind von 1990 bis 2001 kontinuierlich von 1983 auf 94 Proben zurückgegangen. Dieser Trend zeigt das deutlich abnehmende Interesse der Mütter. Dies ist verständlich, da die Rückstandsgelalte stark zurückgegangen sind. Bei den Hauptkontaminanten PCB, DDT, HCB und beta HCH ist seit 1980 eine massive Abnahme um 80–95 % der Gehalte festzustellen (Abb. 10).

Die Nationale Stillkommission der Bundesrepublik Deutschland hat sich ausführlich mit dem Problem befasst und 1995 festgestellt, dass die Rückstände in der Muttermilch kein gesundheitliches Risiko für den Säugling darstellen und damit keinen Anlass mehr bieten, das Stillen einzuschränken. Die Kommission fordert jedoch aus Gründen der Vorsorge, auch weiterhin geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um die Rückstände zu minimieren. Sie empfiehlt den Müttern, ihre Kinder bis zum Übergang auf die Löffelnahrung (das heißt 4 bis 6 Monate lang) voll zu stillen, und sieht kein gesundheitliches Risiko für den Säugling, wenn danach – zusätzlich zu Beikost und Kleinkindernahrung – noch weiter gestillt wird.

4.4 Dioxine

Unter dem Begriff Dioxine werden insgesamt 210 chemische Verbindungen mit einer ähnlichen Struktur zusammengefasst: 75 Polychlorierte Dibenz-p-dioxine (PCDD) und 135 Polychlorierte Dibenzofurane (PCDF). Dioxine gehören zu den giftigsten chlororganischen Verbindungen. Durch ihre gute Fettlöslichkeit und ihre Langlebigkeit reichern sie sich in der Nahrungskette an. Der Mensch nimmt diese Substanzen fast ausschließlich über die Nahrung auf. Mit Dioxinen belastete Lebensmittel

können daher für die Verbraucher ein gesundheitliches Risiko darstellen.

4.4.1 Gesundheitliche Beurteilung

Bei einem beträchtlichen Teil der Bevölkerung wird die vom wissenschaftlichen Lebensmittelausschuss der EU empfohlene duldbare Aufnahme an Dioxinen überschritten. Die EU-Kommission entwickelte daher eine Strategie, um die Dioxingehalte in der Nahrungskette zu reduzieren.

Zwei bedeutende Neubewertungen der duldbaren Aufnahme wurden 2001 durchgeführt. Sie gelten als Maßstab für zukünftige Bewertungen:

- Der wissenschaftliche Lebensmittelausschuss der EU-Kommission (Scientific Committee on Food, SCF) leitete eine duldbare Aufnahme von 14 Picogramm Toxizitätsäquivalenten pro kg Körpergewicht und Woche (pg WHO-TEQ/kg KGW/Woche) ab. Dabei wies SCF darauf hin, dass bei einer durchschnittlichen täglichen Aufnahme in europäischen Ländern mit 1,2–3,0 pg WHO-TEQ/kg KGW/Tag

ein beträchtlicher Teil der Bevölkerung die neu abgeleitete empfohlene Aufnahme überschreitet. Daraus wurde geschlossen, dass die im November 2000 abgeleiteten Maßnahmen und Empfehlungen weiterhin unverändert gültig sind. Somit ist es auch zukünftig notwendig, sich kontinuierlich um Verminderung des Eintrags von Dioxinen und dioxinähnlichen Verbindungen zu bemühen und „risk reduction strategies“ zu verfolgen.

- Das Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) leitete im Juni 2001 für die „Food and Agriculture Organization of the United Nations“ (FAO) und „World Health Organization“ (WHO) als Grundlage für internationale Harmonisierungen eine duldbare monatliche Aufnahme von 70 pg WHO-TEQ/kg KGW ab. Weltweite Abschätzungen der täglichen Aufnahme zeigen, dass ein beträchtlicher Teil der Bevölkerung diese Menge überschreitet.

Auf der Grundlage dieser übereinstimmenden toxikologischen Neubewertungen entwickelte die Kom-

mission eine Strategie zur Reduktion der Dioxingehalte in der Nahrungskette. Die Kommission begründete die Notwendigkeit damit, dass die toxischen Eigenschaften wohl unterschätzt worden seien. Ferner hätten Maßnahmen zur Begrenzung von Dioxinfreisetzung zwar zu einer beträchtlichen Verringerung der Aufnahme dieser Verbindungen geführt. Diese Tendenz habe aber seit 1995 nachgelassen, und die Werte danach seien sogar leicht angestiegen.

Zur Verringerung der Gehalte von Dioxinen und PCB in Lebensmitteln und Futtermitteln verfolgte die Kommission eine Strategie, die sich bei legislativen Maßnahmen auf drei Säulen stützt:

- die Festlegung von Höchstmengen für Lebensmittel (VO EG Nr. 2375/2001 des Rates vom 29.11.2001) und Futtermittel (Richtlinie 2001/102/EG des Rates vom 27.11.2001) auf einem niedrigen, aber praktikablen Niveau;
- die Festlegung von Werten, die bei höheren als erwünschten Dioxinwerten in Lebens- und Futtermitteln „Frühwarnungen“ auslösen (Empfehlung der Kommission vom 4.3.2002);
- die Festlegung von Zielwerten, die erreicht werden müssen, dass die Exposition der großen Mehrheit der Bevölkerung in die durch die Wissenschaftlichen Ausschüsse empfohlenen Grenzen gebracht wird (für Ende 2004 geplant).

Die Höchstgehalte wurden somit auf einem solchen Niveau festgelegt, damit der weitaus größte Teil der Lebensmittel und Futtermittel, der die übliche Hintergrundbelastung aufweist, verkehrsfähig ist, aber deutlich erhöhte Belastungen aus speziellen Kontaminationen verfolgt werden können. Ausschließlich auf der Festsetzung von Höchstgehalten basierende Maßnahmen würden die Dioxinexposition nicht ausreichend reduzieren, es sei denn ein großer Teil des Lebensmittelangebots hätte als ungeeignet für den menschlichen Verzehr zu gelten. Daher sind die drei

Produktbezeichnung	Probenzahl	Höchster Wert	Niedrigster Wert	Mittelwert	Median
Humanmilch aus Deutschland	6	20,0	8,01	13,5	11,4
Humanmilch aus anderen Ländern	59	51,5	2,73	10,7	8,39

Tab. 6 Ergebnisse von Dioxinuntersuchungen in Humanmilch der WHO-Studie (Angaben in ng WHO-TEQ/kg Fett) (Quelle: CVUA Freiburg)

Land	Anzahl an Sammelproben	PCDD/F WHO-TEQ pg/g Fett		Dioxin-ähnliche PCB WHO-TEQ pg/g Fett		Summe Indikator PCB ng/g Fett	
		Median	Bereich	Median	Bereich	Median	Bereich
Ägypten	7	22,79	17,16 – 51,50	6,01	4,43 – 8,26	116	97 – 140
Australien	2	5,65	5,50 – 5,79	3,09	2,48 – 3,69	30	25 – 35
Brasilien	9	3,93	2,73 – 5,34	1,81	1,30 – 12,30	16	10 – 96
Bulgarien	3	6,14	5,08 – 7,11	4,21	3,74 – 4,70	42	32 – 52
Finnland	2	9,44	9,35 – 9,52	5,85	5,66 – 6,03	91	84 – 98
Irland	3	6,91	6,19 – 8,54	4,66	2,72 – 5,19	61	41 – 64
Italien	4	12,66	9,40 – 14,83	16,29	11,02 – 19,33	253	195 – 323
Kroatien	2	6,40	5,99 – 6,80	7,17	6,82 – 7,52	135	121 – 150
Neuseeland	3	6,86	6,08 – 7,00	3,92	3,50 – 4,71	37	30 – 41
Niederlande	3	18,27	17,09 – 21,29	11,57	10,90 – 13,08	191	178 – 210
Norwegen	2	7,30	7,16 – 7,43	8,08	6,56 – 9,61	119	106 – 132
Rumänien	3	8,86	8,37 – 12,00	8,06	8,05 – 8,11	173	165 – 198
Russland	4	8,88	7,46 – 12,93	15,68	13,38 – 22,95	138	83 – 311
Schweden	1	9,58	–	9,71	–	146	–
Slowakei	4	9,07	7,84 – 9,87	12,60	10,72 – 19,49	443	331 – 621
Spanien	3	11,90	10,41 – 18,32	11,65	9,96 – 16,97	399	278 – 469
Tschechien	3	7,78	7,44 – 10,73	15,24	14,32 – 28,48	502	496 – 1009
Ukraine	3	10,04	8,38 – 10,16	19,95	14,10 – 22,00	136	102 – 148
Ungarn	3	6,79	5,26 – 7,46	2,87	2,38 – 4,24	34	29 – 59

Tab. 7: Gehalte von PCDD/F, dioxin-ähnlichen PCB und „Indikator PCB“ in Humanmilch (Quelle: CVUA Freiburg; Stand 2001/2002)

Säulen der legislativen Maßnahmen nur im Verbund und zusammen mit Maßnahmen zur Emissionssenkung geeignet, die Exposition zu verringern.

4.4.2 Muttermilch

Die Belastung von Muttermilch mit Dioxinen ist in den Ländern sehr unterschiedlich. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) führt derzeit die dritte weltweite Studie zur Untersuchung von Humanmilchproben auf Dioxine, dioxin-ähnliche PCB und „Indikator PCB“ durch. Dazu werden aus verschiedenen Ländern „gepoolte“ Muttermilchproben eingesandt, die für bestimmte Regionen bzw. Sonderfragestellungen repräsentativ sind. „Gepoolte“ Proben der WHO-Feldstudie sind Mischproben aus mindestens 10 Einzelproben. Hierdurch erhält man mit einer relativ geringen Probenzahl ein zuverlässiges Spiegelbild der Belastung der kompletten Nahrungskette. Die WHO hat das CVUA Freiburg als Referenzlabor zur Durchführung der Untersuchungen ausgewählt.

Im Rahmen der „WHO Feldstudie“ wurden 6 Mischproben Humanmilch aus Deutschland und 59 Proben aus anderen Ländern untersucht (Tab. 6).

18 Länder haben bis Ende 2001 dem Referenzlabor Proben gesandt (Ägypten, Brasilien, Bulgarien, Finnland, Irland, Italien, Kroatien, Neuseeland, Niederlande, Norwegen, Rumänien, Russland, Schweden, Slowakische Republik, Spanien, Tschechische Republik, Ukraine, Ungarn). Anfang 2002 kamen zwei Proben aus Australien an. Die Anzahl der Proben pro Land schwankt bisher zwischen 1 und 11.

Die Unterschiede zwischen den Ländern sind viel höher als innerhalb eines Landes (Tab. 7). In Europa zeigen Industriestaaten wie die Niederlande, Italien und Spanien relativ hohe Dioxinwerte. Die höchsten Dioxingehalte wurden in Ägypten angetroffen, die niedrigsten in Brasilien. Hohe Gehalte an dioxin-ähnlichen PCB wurden in der Ukraine, Italien und der Tschechischen Republik gefunden, die nied-

rigsten Gehalte dagegen in Brasilien, Ungarn, Australien und Neuseeland.

Auch die Gehalte des „Indikators PCB“ (als Summe von PCB 28, 52, 101, 138, 153 und 180) unterscheiden sich deutlich zwischen den Ländern, wobei die niedrigsten Gehalte in Brasilien, Australien und Neuseeland gefunden wurden und die höchsten in Spanien, der Slowakischen und der Tschechischen Republik.

26 Länder haben bis zum Abschluss der Studie Ende 2002/ Anfang 2003 Proben eingesandt. Der Abschlussbericht (van Leeuwen und Malisch) wurde im Mai 2003 vom Umweltbundesamt herausgegeben.

4.4.3 Wanderfalkeneier

Am Ende einer langen Nahrungskette steht der Wanderfalken. Seine Eier sind daher bis zu 250 - mal höher mit Dioxinen belastet als Hühnereier.

Mehrere Proben Wanderfalkeneier von Standorten in den Bereichen Mannheim, Karlsruhe, Freiburg, Reutlingen und Wolfental wurden auf Dioxine und dioxinähnliche PCB untersucht. Mit etwa 100–250 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g Fett und 540–3750 pg WHO-PCB-TEQ/g Fett wiesen die Proben sehr hohe Gehalte an Dioxinen und dioxin-ähnlichen PCB auf. Während bei Lebensmitteln die WHO-TEQ-Gehalte für dioxin-ähnliche PCB etwa um das Doppelte höher liegen als für Dioxin, liegen in diesem Fall die PCB-TEQ-Gehalte etwa um das 6- bis 15- fache über den Dioxin-TEQ-Gehalten.

Die übliche Hintergrundbelastung von Hühnereiern aus Käfighaltung liegt bei etwa 1 pg WHO-TEQ/g Eifett (nur Dioxine einbezogen). Bei Bodenhaltung liegen die Dioxingehalte etwas höher. Lediglich bei Geflügel, das auf hochbelastetem Boden einer Sondermülldeponie gehalten wurde, waren in Baden-Württemberg vor Jahren ähnlich hohe Dioxingehalte gemessen worden wie jetzt in den Falkeneiern (Bereich 100–300 pg WHO-TEQ/g Fett, nur Dioxine einbezogen). Mit etwa 550–3750 pg Gesamt-WHO-TEQ/g Fett sind damit die

Falkeneier im Vergleich zu Hühnereiern massiv mit Dioxinen und PCB kontaminiert.

Diese Ergebnisse ergänzen die bisher an Wanderfalkeneiern aus Baden-Württemberg in einem längerfristigen Projekt erhaltenen Rückstandsdaten bei anderen Chlorierten Kohlenwasserstoffen. Dabei waren insbesondere bei PCB und DDE, dem Hauptstoffwechselprodukt von DDT, durchweg sehr hohe Gehalte gemessen worden. Die jetzt nachgewiesene hohe Belastung mit Dioxinen zeigt auch für diese Stoffgruppe die Eignung bestimmter Greifvogelarten als Bioindikatoren. Ursache ist die Anreicherung der langlebigen, fettlöslichen Schadstoffe im Verlauf besonders langer Nahrungsketten.

5. Bestrahlung von Lebensmitteln und Kosmetika

In allen EU-Mitgliedstaaten dürfen seit September 2000 getrocknete, aromatische Kräuter und Gewürze mit ionisierenden Strahlen behandelt (bestrahlt) werden. Die Bestrahlung anderer Lebensmittel ist in Deutschland zurzeit noch verboten.

Hingegen ist es in anderen Mitgliedstaaten, z.B. Frankreich, Niederlande, Belgien, erlaubt und üblich, auch andere Erzeugnisse zu bestrahlen. Das Verbringen derartiger Produkte nach Deutschland ist jedoch nicht zulässig, es sei denn, es liegt eine entsprechende Genehmigung durch das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft vor.

Nach wie vor betrachten viele Verbraucher die Lebensmittelbestrahlung sehr kritisch. Nach dem Kenntnisstand des CVUA Karlsruhe befinden sich daher nur sehr wenige bestrahlte getrocknete Kräuter und Gewürze auf dem deutschen Markt. Schätzungen zufolge werden Kräuter und Gewürze weltweit jedoch am häufigsten bestrahlt. Die mikrobiologische Belastung dieser Lebensmittelgruppe mit Verderbnis- oder Krankheitskeimen und Toxinbildnern kann für die Hersteller leicht verderblicher Lebensmittel ein Problem sein. Die Bestrahlung stellt daher eine

wirksame Methode zur Keimreduzierung bzw. -abtötung dar.

Ein Bericht der Europäischen Kommission gibt dem Verbraucher unter anderem Aufschluss über Menge und Art der Lebensmittel, die in den Mitgliedstaaten von 9/2000 bis 12/2001 bestrahlt wurden. Danach wurden in Frankreich und Belgien neben Kräutern und Gewürzen insbesondere auch Hühnerseparatorenfleisch, Hühnerfleisch, Trockengemüse und Froschschenkel bestrahlt.

Weltweit werden nur etwa 1 % der Lebensmittel bestrahlt. Daher fällt der Nachweis der Bestrahlung bei nur wenigen untersuchten Erzeugnissen positiv aus. In den Jahren 2000 und 2001 wurden 1059 Lebensmittel untersucht. Lediglich bei 11 Erzeugnissen konnte eine Bestrahlung nachgewiesen werden. Hierbei handelte es sich um 5 Proben Gewürze, Gewürzmischungen oder Gewürzsalze, 2 Froschschenkelproben, 3 Frischkäseerzeugnisse mit bestrahlten Kräutern und eine Probe getrocknete Steinpilze aus Italien.

Außerdem wurden exotische Früchte, die in einigen Ländern zur Verzögerung der Reifung, aber auch zur Bekämpfung von Schadinsekten bestrahlt werden dürfen, untersucht, ebenso „Burger“, die bei der Herstellung von Hamburgern verwendet werden. In den USA ist die Bestrahlung derartiger Produkte zugelassen.

Aufgrund verschiedener Hinweise wurden auch kosmetische Mittel untersucht. Geprüft wurden 19 Henna-Haarfarbeprodukte und ein Seesand-Mandelkleie-Gesichtspeeling. Sowohl bei einem Hennaerzeugnis als auch bei der Seesand-Mandelkleie konnte eine Bestrahlung nachgewiesen werden.

6. Zusatzstoffe

Zusatzstoffe dürfen Lebensmitteln nur zugesetzt werden, wenn sie dafür ausdrücklich zugelassen sind. Dabei kommt es immer wieder bei der Abgrenzung zu technischen Hilfsstoffen und Lebensmitteln, deren Verwen-

dung ohne Zulassung möglich ist, zu Problemen.

6.1 Gefälschte Zusatzstofflisten

Besonders besorgniserregend sind gefälschte Listen mit unseriösen Warnungen und gesundheitlichen Bewertungen über Zusatzstoffe, die auch über das Internet verbreitet werden.

Seit Beginn des Jahres 1986 kursiert in der Bundesrepublik Deutschland - inzwischen auch über das Internet - eine Liste, in der E-Nummern von Lebensmittelzusatzstoffen mit Bewertungen wie „harmlos“, „gefährlich“, „krebserregend“, „Darmstörungen“, „Verdauung“ usw. versehen sind. Diese Liste wurde angeblich vom „Forschungszentrum des Villejuiffer-Krankenhauses“ veröffentlicht. Den Beurteilungen der Zusatzstoffe in der genannten Liste kann nach dem Stand der Wissenschaft keineswegs gefolgt werden. Die Liste ist geeignet, die Verbraucher zu verunsichern. Es ist auch nicht bekannt, wer diese Listen in Umlauf gebracht hat.

Die Liste enthält auch einige E-Nummern, die nie vergeben worden sind, ferner einige Nummern von in der EU nicht zugelassenen Stoffen. Die Aussagen zu Zusatzstoffen, soweit sie sich auf „verdächtig“, „gefährlich“, „krebserregend“ oder die Eignung zur „Störung der Gesundheit“ beziehen, sind unzutreffend. Die Bewertung in der Liste, die den betreffenden Stoffen gesundheitsschädigende Eigenschaften unterstellt, entbehren jeglicher Grundlage.

Zusatzstoffe dürfen in der Bundesrepublik Deutschland bei der Herstellung von Lebensmitteln nur verwendet werden, wenn sie durch Rechtsverordnung allgemein oder für bestimmte Zwecke und für bestimmte Lebensmittel und gegebenenfalls mit bestimmten Mengenbeschränkungen ausdrücklich zugelassen worden sind. Zugelassen wird ein Zusatzstoff, wenn keine gesundheitlichen Bedenken gegen den Stoff und seine Anwendung bestehen und wenn die Verwendung des Stoffes technologisch erforderlich ist. An die gesund-

heitliche Prüfung der Zusatzstoffe werden strenge Maßstäbe angelegt. Die Zulassungen werden so begrenzt, dass die annehmbare tägliche Aufnahmemenge eines Stoffes auch bei einseitiger Ernährungsweise nicht erreicht oder überschritten wird.

6.2 Frittierhilfsmittel

Frittierfett ist aufgrund der hohen thermischen Belastung nur sehr begrenzt haltbar. Verdorbenes Fett, das an stechendem Geruch, bräunlicher Verfärbung, übermäßigem Schäumen oder starker Rauchentwicklung zu erkennen ist, ist vor allem in der Gastronomie häufig zu beanstanden. Rechtzeitige Ölwechsel und peinliche Sauberkeit in der Friteuse sind unerlässlich.

Diese Schwierigkeiten im Umgang mit Frittierfett sollen nun durch so genannte „Oil stabilizer“ behoben werden. Laut Firmenangaben soll durch Zugabe dieser Stabilisatoren (unter anderem Vulkanerde) die Haltbarkeit von Frittierfett entscheidend verlängert werden. Durch Neufettzugabe ist laut Firmenangabe immer eine optimale Regeneration des Fettes möglich. Eine Entsorgung des Altfettes entfällt. Von Seiten der Überwachung bestehen Zweifel hinsichtlich der Verkehrsfähigkeit dieser Produkte, da sie zum Teil nicht zugelassene Zusatzstoffe enthalten. Der Hersteller beruft sich auf die Verwendung als technische Hilfsstoffe, für die keine Zulassung erforderlich ist und für die es im deutschen Recht (Verwendung nur, wenn der Hilfsstoff aus dem Lebensmittel wieder entfernt wird) im Vergleich zur Definition in den europäischen Zusatzstoffrichtlinien eine unterschiedliche Handhabung gibt. Produkte unterschiedlicher Zusammensetzung liegen momentan der für den Inverkehrbringer zuständigen unteren Lebensmittelüberwachungsbehörde zur Prüfung vor. Eine Entscheidung steht jedoch noch aus.

7. Nachweis gentechnischer Veränderungen

Der Einsatz der Gentechnik spielt im Lebensmittelbereich eine bedeutende Rolle. Neben der Gewinnung von Einzelsubstanzen (z.B. Enzymen und sonstigen Zusatzstoffen) nimmt weltweit insbesondere die Vermarktung pflanzlicher Produkte zu. In den USA, Kanada und Argentinien wachsen gentechnisch veränderte Nutzpflanzen wie herbizid- oder insektenresistente Mais-, Raps- oder Sojapflanzen auf großen Anbauflächen. Auch in der EU bestehen bereits Vermarktungszulassungen für Produkte aus der gentechnisch veränderten Sojabohne „Roundup Ready“, für Produkte aus 5 Maissorten und für Öle aus 7 Rapsorten. Allerdings ist noch nicht abzusehen, ob und wann in Europa gentechnisch veränderte Pflanzen (GVP) großflächig angebaut werden. GVP werden als genetisch modifizierte Organismen (GMO) nachgewiesen.

7.1 Kennzeichnungspflicht

Ab einem Anteil von mehr als 1% gentechnisch veränderter Pflanzen, bezogen auf die Lebensmittelzutat, muss gekennzeichnet werden. Bei dem Produkt Tortilla-Chips ist dies

z.B. der Fall, wenn die Zutat Maismehl zu mehr als 1% aus gentechnisch verändertem Mais Bt-176 hergestellt worden ist. Dieser „Schwellenwert“ darf auch bei mehreren in einer Zutat enthaltenen gentechnisch veränderten Pflanzen, z.B. Maismehl mit den so genannten Transformations-Events Bt-176, MON 810 und Bt-11, in der Summe 1% nicht übersteigen.

Auch Anteile von weniger als 1% können eine Kennzeichnungspflicht auslösen, vorausgesetzt, sie sind nicht „zufällig“. Bei einem positiven Befund unter 1% müssen deshalb Nachweise für die „Zufälligkeit“ gegenüber den zuständigen Behörden geliefert werden können. Ansonsten ist auch in solchen Fällen eine Kennzeichnung erforderlich.

Gekennzeichnet werden muss im Zutatenverzeichnis mit der Angabe „aus genetisch verändertem Mais hergestellt“ bzw. „aus genetisch veränderten Sojabohnen hergestellt“.

7.2 Untersuchungsergebnisse

Für alle in der EU zugelassenen oder notifizierten GVP und für weitere weltweit angebaute GVP gibt es an

dem landesweit zentral zuständigen CVUA Freiburg spezifische Nachweisverfahren. Diese werden neben so genannten Screening-Verfahren zur Untersuchung amtlicher Lebensmittelproben eingesetzt. Für alle nachgewiesenen GVP stehen darüber hinaus quantitative Untersuchungsverfahren zur mengenmäßigen Bestimmung im Lebensmittel zur Verfügung.

Seit 1995 werden im Handel oder beim Hersteller im Betrieb erhobene Lebensmittelproben auf gentechnisch veränderte Bestandteile überprüft. Eine verlässliche mengenmäßige Bestimmung ist oft nur in den Rohstoffen oder unverarbeiteten Erzeugnissen möglich. Bei der Auswahl der Stichproben wird deshalb einerseits auf einen möglichst repräsentativen Querschnitt des Warenangebotes von Produkten mit Mais, Soja oder Tomaten, andererseits auf die analytischen Untersuchungsmöglichkeiten in den Produkten geachtet.

So waren 2001 bei 250 untersuchten Proben in 33 Fällen (= 13 %) Bestandteile aus gentechnisch veränderten Pflanzen nachweisbar (Tab. 8).

Allerdings war in nur einer Probe (= 0,4 %) ein GVP-Anteil von mehr als

Produktgruppe	Zahl der untersuchten Proben	Zahl der negativen Proben	Zahl der positiven Proben	Proben >1 %	Proben 0,2-1 %	Proben 0,1 % und weniger	nicht bestimmbar*
Sojabohnen	5	5	-	-	-	-	-
Sojaschrot, -flocken, -mehl	27	23	4	-	3	1	-
weiterverarbeitete Sojaerzeugnisse	18	14	4	1	-	2	1
Tofu	21	21	-	-	-	-	-
Sojabrot, Brot mit Sojazusatz	1	1	-	-	-	-	-
Säuglings- und Kleinkindernahrung auf Sojabasis	9	3	6	-	-	6	-
Sojakeimlinge	1	1	-	-	-	-	-
Sojasaucen	16	16	-	-	-	-	-
Lecithin	5	5	-	-	-	-	-
Gesamt: Soja-Erzeugnisse, Erzeugnisse mit Zutat Soja	103	89	14	1	3	9	1
Maiskörner, Popcorn-Mais	5	5	0	-	-	-	0
Maisgrieß, Maismehl	35	24	11	-	-	11	-
Maisstärke	6	6	-	-	-	-	-
Cornflakes	5	5	-	-	-	-	-
Brot (mit Maismehl)	6	4	2	-	-	-	2
Maischips, Tortillachips	19	13	6	-	-	6	-
Mais-Snack	10	10	-	-	-	-	-
Kindernahrung	2	2	-	-	-	-	-
Teigwaren mit Mais	4	4	-	-	-	-	-
Gesamt: Maiserzeugnisse	92	73	19	0	0	17	2

*Keine ausreichende DNA-Menge aus Lebensmittel extrahierbar; daher keine mengenmäßige Bestimmung des GVP-Anteils möglich. Weitere Untersuchung am Ort des Herstellers erforderlich

Tab. 8: Untersuchung von Lebensmitteln mit Soja und Mais auf Bestandteile von gentechnisch veränderten Organismen (Quelle: CVUA Freiburg; Stand 2001)

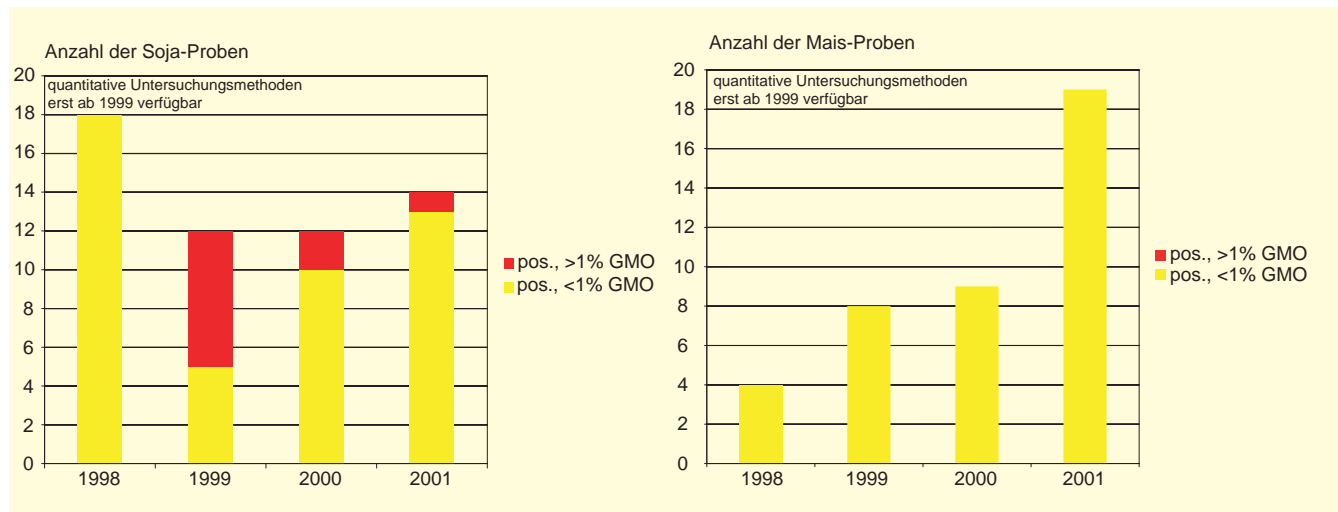


Abb. 11: Nachweis von GVP in Soja (Quelle: CVUA Freiburg)

Abb. 12: Nachweis von GVP in Mais (Quelle: CVUA Freiburg)

1% feststellbar: Ein Proteinpräparat zur Ergänzungsnahrung für Sportler enthielt in der Zutat „Sojaproteinisolat“ mehr als 20 % Anteile der gentechnisch veränderten Sojabohne „Roundup Ready“.

Insgesamt ist jedoch ein rückläufiger Prozentsatz von Proben mit über 1% GVP-Anteil feststellbar. Bei Erzeugnissen aus Mais wurde 2001 wie auch in den Vorjahren bei keiner Probe der Grenzwert überschritten.

Für Soja- und Mais-Produkte ist allerdings bei der Zahl der positiven Proben mit nachgewiesenen Anteilen von gentechnisch veränderter Soja bzw. Mais ein umgekehrter Trend erkennbar: In einer zunehmenden Zahl von Proben sind GVP-Bestandteile nachweisbar, allerdings ganz überwiegend im Spurenbereich unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze von etwa 0,1 % (Abb. 11, 12).

Anteile von unter 0,1 % wurden als zufällig und technisch unvermeidbar und damit als nicht kennzeichnungspflichtig angesehen.

Insbesondere für Soja ist die Anzahl an Erzeugnissen mit gentechnisch veränderter Soja angesichts der großen Anbauflächen weltweit erstaunlich niedrig. Die Lebensmittelindustrie legt verstärkt Wert auf eine „Nulltoleranz“ bei der Rohware Soja und Mais, um eine Kennzeichnungsverpflichtung vermeiden zu können.

Diese Untersuchungsergebnisse und Tendenzen, die übrigens auch durch Untersuchungen anderer Behörden auf nationaler oder europäischer Ebene vergleichbar erhalten wurden, zeigen allerdings auch, dass eine absolute Nulltoleranz („0% GVP“) bei Lebensmitteln kaum mehr machbar und realistisch ist. So waren bei 19 von 92 untersuchten Mais-Erzeugnissen (= 21%) GVP-Anteile nachweisbar, jedoch jeweils nur Spuren von weniger als 0,1%.

Bei Mais kann der Bedarf für Lebensmittelzwecke durch die Erzeugung in der EU gedeckt werden; hier findet ein Anbau von gentechnisch verändertem Mais, wenn überhaupt, nur in sehr begrenztem Umfang statt. Dennoch können Spuren-Kontaminationen offensichtlich auch bei Mais nicht mehr ganz ausgeschlossen werden. Dies ist nicht verwunderlich, da angefangen vom Saatgut bis hin zum verarbeiteten Endprodukt auf vielen Ebenen der Herstellung Kontaminationsmöglichkeiten bestehen.

Die in den vergangenen Jahren weiter fortgeführte Untersuchung von Tomaten und Tomatenerzeugnissen unterschiedlicher Herkunft ergab jeweils negative Befunde: Die „Gen-Tomate“ war bei 53 untersuchten Proben weder in Tomaten noch in Verarbeitungsprodukten wie Tomatenmark nachweisbar. Gentechnisch veränderte Tomaten scheinen am europäischen Markt auch künftig keine Rolle zu spielen, zumal ein Antrag auf Zulassung gentechnisch veränderter,

reifungsverzögerter Tomaten nach Einwänden verschiedener EU-Mitgliedstaaten endgültig zurückgezogen wurde.

7.3 Überwachung der Kennzeichnung „ohne Gentechnik“

Von der hervorhebenden Kennzeichnung „ohne Gentechnik“, die die Neuartige Lebensmittel- und Lebensmittelzutatenverordnung (NLV) regelt, machen nur wenige Hersteller Gebrauch. Bei einer solchen bewerbenden Angabe dürfen keine Zutaten, einschließlich der Zusatzstoffe, und auch keine als Hilfsstoffe verwendeten Enzyme gentechnisch hergestellt worden sein. Industriell hergestellte, komplex aus vielen Zutaten zusammengesetzte Produkte kommen für eine solche Werbung deshalb kaum in Frage. Insbesondere bei der Verwendung von Zusatzstoffen und Enzymen ist ein verlässlicher Nachweis der Herkunft „ohne Gentechnik“, der zu dokumentieren und belegen ist, nur schwer möglich oder gar unmöglich. Bisher ergaben quantitative Untersuchungen der verwendeten Rohstoffe und die Inspektion der betriebseigenen Kontrollsysteme bei baden-württembergischen Anbietern von Produkten „ohne Gentechnik“ keinen Grund zur Beanstandung.

7.4 Neue Regelungen bei gentechnisch veränderten Lebens- und Futtermitteln

Die Europäische Kommission hat Mitte 2001 die von vielen Seiten geforderte Neukonzeption der Vorschriften für gentechnisch veränderte Lebensmittel und Futtermittel vorgestellt. Näheres dazu ist im Internet unter www.europa.eu.int/comm/dgs/health_consumer/library/press/press172_de.pdf zugänglich. Mit einem Inkrafttreten der neuen EU-Verordnungen ist nicht vor Ende 2003 zu rechnen.

Die neuen Vorschläge zur Kennzeichnungspflicht können wesentlich zur Erhöhung der Transparenz für den Verbraucher bzw. Anwender beitragen, da der Anteil der künftig kennzeichnungspflichtigen Lebensmittel stark ausgeweitet wird. So müssen alle Produkte aus gentechnisch veränderten Organismen (GVO) nunmehr gekennzeichnet werden (z.B. raffiniertes Sojaöl aus GVO-Sojabohnen, Zusatzstoff Riboflavin aus gentechnisch veränderten Bakterien). Mit der neuen Regelung dürfte sich der bisher verschwindend geringe Anteil der gekennzeichneten Lebensmittel deutlich erhöhen.

8. Wasch- und Reinigungsmittel

Das CVUA Karlsruhe ist für Baden-Württemberg zentral zuständig für die Untersuchung und Beurteilung von Wasch- und Reinigungsmitteln nach dem Wasch- und Reinigungsmittelgesetz und arbeitet hierbei mit dem Umweltbundesamt (UBA) eng zusammen.

Das UBA führt eine Datenbank, in der alle Inverkehrbringer von Wasch- und Reinigungsmitteln ihre Produkte mit der Rahmenrezeptur melden müssen. Aus Baden-Württemberg sind rund 500 Hersteller/Inverkehrbringer registriert.

Untersucht wird bei den Proben sowohl über Studium der Firmenunterlagen als auch über analytische

Stichproben, ob die Meldungen beim UBA mit der tatsächlichen Zusammensetzung übereinstimmen.

Regelmäßig werden die Wasch- und Reinigungsmittel auf die Komplexbildner Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA) und Nitrilotriessigsäure (NTA) untersucht. EDTA wird in Reinigerformulierungen aufgrund der guten komplexbildenden Eigenschaften mit Metallionen eingesetzt: Störungen durch unerwünschte Metallionen, z. B. Zersetzung von Rezepturbestandteilen oder Beschädigung des zu reinigenden Materials, werden vermieden. EDTA ist aber nach bisherigen Kenntnissen ökologisch bedenklich. In Kläranlagen wird es weder abgebaut noch an den Klärschlamm angelagert. Es ist somit davon auszugehen, dass die eingesetzten Mengen an EDTA in die Gewässer gelangen.

Deshalb wurde 1991 die Erklärung zur Reduzierung der Gewässerbelastung durch EDTA (GMBI. 1991) des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit mit den betroffenen Industrien/Industrieverbänden unterschrieben. Ziel war, den EDTA-Eintrag in die Gewässer in Deutschland während des Zeitraums von 5 Jahren zu halbieren. Dieses Ziel wurde bisher nicht erreicht, die EDTA-Erklärung wurde verlängert.

Enthalten Proben mehr als 0,5 % EDTA, werden die Hersteller aufgefordert, EDTA durch weniger problematische Komplexbildner, wie z. B. Citrat oder Tartrat, zu ersetzen. Ab einer Konzentration von 0,2 % sollten sowohl EDTA als auch NTA deklariert werden.

Ein weiterer Untersuchungsparameter ist das nichtionische Tensid Alkylphenoethoxyat (APEO). Alkylphenoethoxyate sind nichtionische Tenside mit guter Primärabbaubarkeit. Ihre Abbauprodukte sind jedoch ökologisch bedenklich, da sie sich in der Nahrungskette anreichern. Ein Abbauprodukt ist z.B. das Nonylphenol, das als Stoff mit endokriner Wirkung in Gewässern nachgewiesen werden kann. Aus diesem Grund wurde 1986 eine freiwillige Vereinbarung zwischen den betroffenen Industrie-

verbänden und dem Bundesinnenministerium mit dem Ziel geschlossen, APEO in den Formulierungen durch weniger problematische Tenside zu ersetzen. Auch heute noch ist diese Vereinbarung von Bedeutung. Die Hersteller der Produkte werden aus ökologischen Gründen aufgefordert, APEO durch weniger problematische Tenside zu ersetzen.

Über Stichprobenuntersuchungen wird auch kontrolliert, ob die nach der Phosphathöchstmengenverordnung verbotenen Phosphate in Textilwaschmitteln eingesetzt werden und wie der Trend bei Haushaltsreinigungsmitteln verläuft.

Außer bei den Waschmitteln sind steigende Tendenzen des Phosphateinsatzes in Reinigungsmitteln festzustellen. Besonders viel Phosphat wird in Geschirrspülmitteln für die Spülmaschinen eingesetzt. Viele untersuchte Maschinengeschirrspülmittel enthalten mehr als 30 % Phosphate, meistens 40–60 % Pentanatriumtriphosphat. Diese Entwicklung ist aus ökologischen Gründen unerwünscht, eine rechtliche Handhabe dagegen besteht derzeit nicht.

Ein regelmäßiger Untersuchungsschwerpunkt sind lösungsmittelhaltige Reinigungsmittel, insbesondere Abbeizmittel und Fassadenreiniger. Es gibt immer noch Produkte auf dem Markt, die hohe Anteile an Dichlormethan (70–85 %) enthalten.

Leichtflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe wie Dichlormethan sind nach Chemikalienrecht als „gesundheitsschädlich Xn“ eingestuft und schädigen die Umwelt. Die Industrieverbände TEGEWA (Verband der Textilhilfsmittel-, Lederhilfsmittel-, Gerbstoff- und Waschrrohstoff-Industrie, Frankfurt), IPP (Industrieverband Putz- und Pflegemittel, Frankfurt) und die Fachvereinigung Industriereiniger, Düsseldorf, hatten sich deshalb 1987 bereit erklärt, auf die Verwendung leichtflüchtiger chlorierter Kohlenwasserstoffe in Wasch- und Reinigungsmitteln zu verzichten und diese bis Mitte 1988 durch umweltverträglichere Inhaltsstoffe zu ersetzen.

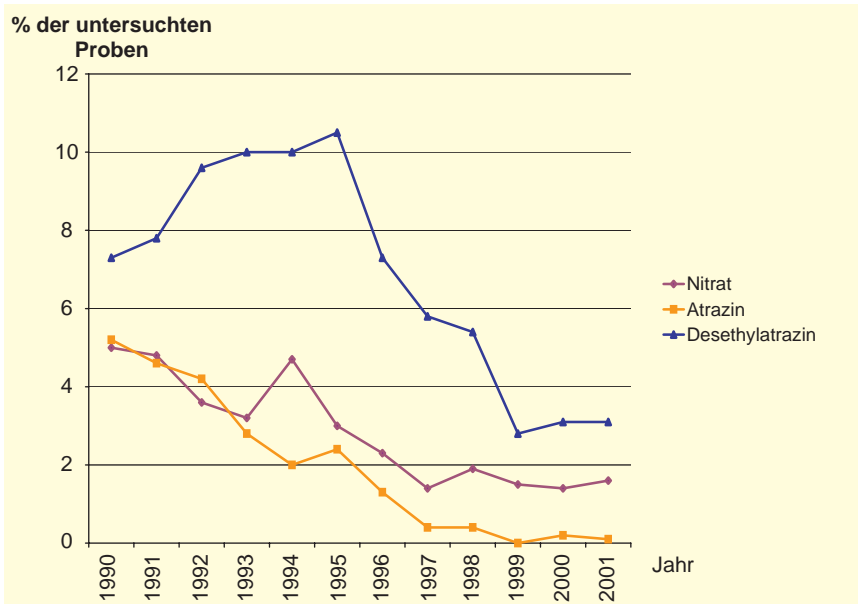


Abb. 13: Grenzwertüberschreitungen bei Herbiziden
(Quelle: Zentrale Trinkwasserdatenbank Baden-Württemberg, 2002)

Wichtig sind auch die Technischen Regeln zur Gefahrstoffverordnung: TRGS 612 Ersatzstoffe, Ersatzverfahren und Verwendungsbeschränkungen für dichlormethanhaltige Abbeizmittel (Ausgabe 1998, BArbBl, 3/98 S. 54). In diesen Regeln werden Ersatzstoffe mit geringerem Risiko für Mensch und Umwelt aufgelistet, die dichlormethanhaltige Abbeizmittel ganz oder teilweise ersetzen können. Die Hersteller werden aufgefordert, ihre Produkte auf weniger schädliche Inhaltsstoffe umzustellen.

9. Trinkwasser

Von den Wasservorräten der Erde findet hierzulande zur reinen Ernährung jeder hunderttausendste Liter Verwendung. Das vergleichsweise geringe Dargebot an nutzbarem Süßwasser (0,6 % der Gesamtvorräte der Erde) gelangt nur zu einem kleinen Bruchteil in Haushalte (10 % des nutzbaren Süßwassers) und wird dort auch nur zu 2 % zum Kochen und Trinken verwendet. An dieses Wasser werden vergleichsweise hohe Anforderungen in Bezug auf Reinheit gestellt.

Die Sorge um dieses zu Recht als „wichtigstes“ bezeichnete Lebensmittel beginnt dabei nicht erst mit der Aufbereitung im Wasserwerk. Schutz

auf mehreren Ebenen und durch mehrere Barrieren ist die grundlegende Voraussetzung für eine Versorgung mit einwandfreiem Trinkwasser. Neben dem Schutz des Grundwassers durch Ausweisung von Wasserschutzgebieten bilden auch Maßnahmen zur Vermeidung des Eintrags von Krankheitserregern (z.B. über Kläranlagen) einen wichtigen Beitrag zum Ressourcenschutz. Die Untersuchung der Beschaffenheit des Grundwassers, des Rohproduktes, bildet einen Teil der Überwachung, die Überwachung des daraus gewonnenen Trinkwassers, des Fertigproduktes, den anderen.

Tragende Säulen in der Überwachung bilden die Grundwasserdatenbank (bei der LfU geführt) und die zentrale Trinkwasserdatenbank (beim CVUA Stuttgart geführt). Fragen nach der Eignung eines Rohwassers für Trinkwasserzwecke oder nach Eintragspfaden von Kontaminanten wie Pflanzenschutzmitteln oder Düngemitteln lassen sich aus der Grundwasserdatenbank beantworten. Für Fragen nach der Beschaffenheit des Trinkwassers, wie es der Verbraucher erhält, wird die Trinkwasserdatenbank herangezogen. Schnittstellen zwischen beiden Datenbanken sind dort gegeben, wo nicht aufbereitetes Grundwasser unmittelbar an Verbraucher abgegeben wird.

Ergebnisse aus Grundwasseruntersuchungen sind jedoch meist nicht vollständig auf die Trinkwasserbeschaffenheit übertragbar, da Trinkwasser in aller Regel noch eine mehr oder weniger umfangreiche Aufbereitung erfährt, in deren Verlauf eventuell vorhandene Schadstoffe beseitigt werden. Häufig ist in der Presse zu lesen: „In x % der Grundwasserfassungen wird der Nitratgrenzwert überschritten.“ Gemeint ist der Wert für Trinkwasser. Solche Darstellungen sind falsch, da man Grundwasser nicht pauschal mit Trinkwasser gleichsetzen darf. Nur unbehandelt abgegebenes Trinkwasser kann mit Grundwasser verglichen werden.

Gerade Pflanzenschutzmittel und Düngemittel sind Verunreinigungen, die in der Wasserversorgung die größten Probleme bereiten, da die gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte einzuhalten sind. Auswertungen aus der Trinkwasserdatenbank zeigen, dass in den vergangenen 12 Jahren die Gehalte vor allem im abgegebenen (in der Regel aufbereiteten) Trinkwasser stark zurückgegangen sind. Das seit 1991 verbotene Herbizid Atrazin ist so gut wie nicht mehr vorhanden, ebenso sind Grenzwertüberschreitungen bei Nitrat deutlich gesunken und stagnieren seit 1999 bei etwa 1,5 %. Die Trinkwasserbelastungen mit dem Abbauprodukt des Pflanzenschutzmittels Atrazin, dem Desethylatrazin, sind zwar ebenfalls deutlich gesunken, jedoch liegt die Zahl der Grenzwertüberschreitungen immer noch bei etwa 3 %. Dies ist darin begründet, dass dieses Abbauprodukt wesentlich stabiler in der Umwelt ist als der eigentliche Wirkstoff und entsprechend nur zeitverzögert abnimmt (Abb. 13).

Die Grenzwerte für Trinkwasser basieren auf einer Richtlinie der EU und sind somit europaweit gültig. Die Höhe dieser Werte ist toxikologisch ermittelt und mit Sicherheitsfaktoren belegt, so dass selbst bei lebenslangem Genuss von 2 Litern Trinkwasser am Tag keine gesundheitlichen Bedenken bestehen müssen.

Als reiner Vorsorgegrenzwert ist dagegen der Wert für Pflanzen-

schutzmittel zu sehen. Er ist nicht toxikologisch, sondern analytisch begründet und beträgt für alle Pflanzenschutzmittel einheitlich 0,1 µg/l (0,0001 mg/l). Diese Menge ist nur mit hohem analytischem Aufwand erfassbar und entspricht dem Nachweis eines Stückes Würfelzucker in 30 Millionen Litern (30 000 m³) Wasser, was z.B. einem Badesee mit einer Fläche von 100 × 100 m und einer Tiefe von 3 m entspricht.

Die Situation bei den Dünge- und Pflanzenschutzmitteln im Trinkwasser wurde einerseits durch den geringeren Einsatz von Chemikalien, andererseits durch umfangreiche Aufbereitung und Mischung von belastetem Grundwasser mit unbelastetem Wasser aus überregionalen Fernversorgungsanlagen verbessert.

Im Gegensatz zu den Problemstoffen aus der Landwirtschaft treten Schwierigkeiten mit zu niedrigen pH-Werten nur sehr lokal begrenzt auf, z.B. im Schwarzwald. Die Ursachen sind geogen bedingt und dort zu beobachten, wo Grundwässer sehr weich, das heißt sehr kalkarm, sind. Durch den geringen Kalkgehalt sind diese Wässer nicht in der Lage, überschüssige Kohlensäure zu binden. Dadurch werden sie sauer und sind infolge dessen gegenüber unterschiedlichen Materialien aggressiv. Leitungsrohre aus Zement werden dabei genau so angegriffen wie verzinkte Stahlrohre oder Kupferrohre. Erhöhte Eisengehalte in Trinkwasser führen lediglich zu unansehnlich braun gefärbtem Wasser. Hohe Kupfergehalte dagegen können für Säuglinge durchaus gefährlich sein, wenn die Flaschennahrung mit solchem Trinkwasser hergestellt wird. Es sind Fälle frühkindlicher Leberzirrhose im Zusammenhang mit Kupfer bekannt geworden. Derart stark übersäuerte Trinkwässer, die Kupfer aus Leitungen lösen, sind bei den öffentlichen Wasserversorgungen bisher jedoch nicht bekannt, da mit einer Aufbereitung (Entsäuerung) entgegengewirkt wird. Lediglich bei Eigenwasserversorgungsanlagen kann es in Einzelfällen zu Problemen kommen.

10. Anhang

10.1 Quellen- und Literaturhinweise

Verordnung (EG) Nr. 178/2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit (= EU-Basisverordnung für Lebensmittel)

Gesetz zur Ausführung des Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetzes vom 9.7.1991 (GBl S. 473) i.d.F. vom 20.11.2002 (GBl S. 605)

Gemeinsamer Erlass des Ministeriums für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung, des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt und des Innenministeriums für die Lebensmittelüberwachung (GABl 28 S. 57 (1980), Fortgeltung: GABl 38 S. 1031 (1990)) (= gemeinsamer Überwachungserlass Baden-Württemberg)

Mykotoxin-Höchstmengen-Verordnung vom 2.6.1999 (BGBl I S. 1248) i.d.F. vom 2.5.2003 (BGBl I S. 641)

Verordnung über Höchstmenge an Schadstoffen in Lebensmitteln vom 23.3.1988 (BGBl I S. 422) i.d.F. vom 17.2.2003 (BGBl I S. 241)

Verordnung (EG) Nr. 199/97 der Kommission zur Festsetzung der zulässigen Höchstgehalte von Kontaminanten in Lebensmitteln vom 8.3.2001 (ABl L 77/1), zuletzt geändert am 2.4.2002 (ABl L 155/63)

Trinkwasserverordnung vom 5.12.1990 (BGBl I S. 2612) i.d.F. vom 26.2.1993 (BGBl I S. 278, 286)

Lebensmittelüberwachung und Umweltschutz. Jahresberichte der Chemischen und Veterinäruntersuchungsämter Baden-Württembergs (unter 10.2)

10.2 Informationsmöglichkeiten

Berichte des Bundesgesundheitsamtes: www.bgvv.de.fb/presse

Chemikalieninformationssystem: www.bgvv.de/fbs/chem/index.htm

Europäische Informationen im Lebensmittelsektor: europa.eu.int/comm/dg24 (hier vorzugsweise Agriculture, Foodstuff and Health)

Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften vom 17.11.2001, C 322 (www.europa.eu.int/comm/food/fs/sfp/ann_rep_2000-2001_de.pdf)

Veröffentlichungen des MLR Baden-Württemberg (einschließlich Gemeinsamem Jahresbericht der Untersuchungseinrichtungen): www.mlr.baden-wuerttemberg.de, Auswahl: Pressestelle-Pressearchiv-Verbraucherschutz

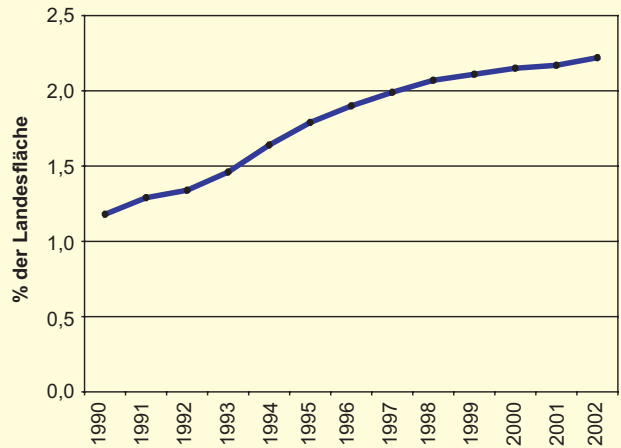
www.untersuchungsaeemter-bw.de mit Verweisen auf die 4 CVUAs:
www.cvua-freiburg.de
www.cvua-karlsruhe.de
www.cvua-sigmaringen.de
www.cvua-stuttgart.de

www.transgen.de

NATUR UND LANDSCHAFT

1. Gesamtkonzept Naturschutz	207
2. Artenschutz	208
3. Gebiets- und Biotopschutz	212
4. Biotopkartierung	215
5. Grunderwerb	216
6. Natura 2000	218
7. Landschaftsplanung	219
8. Ökokonto	220
9. PLENUM	221
11. Ökologische Agrarflurneuordnung	223
12. Integriertes Rheinprogramm (IRP)	223
13. Ökologische Umweltbeobachtung	226
14. Anhang	239

2,2 % der Landesfläche sind derzeit als Naturschutzgebiete ausgewiesen.



vgl. Kapitel „Umweltindikatoren“

1. Gesamtkonzept Naturschutz

In Baden-Württemberg trat am 1. Januar 1976 das Naturschutzgesetz (NatSchG) in Kraft. Seitdem hat die Landesregierung mit Hilfe eines Gesamtkonzeptes die klassischen Instrumente des Naturschutzes und der Landschaftspflege ausgebaut und gestärkt. Das Gesamtkonzept wurde im November 1999 durch die „Leitlinien der Naturschutzpolitik“ ergänzt und fortgeführt. Die wichtigsten Instrumente werden im Folgenden zusammengefasst und ihre Umsetzung und Anwendung dargestellt.

1.1 Naturschutzgebiete, Naturdenkmale (§§ 21, 24 NatSchG)

Mit mehrjährigen Schutzprogrammen sichert das Land Baden-Württemberg die wertvollsten und wichtigsten Biotop eines jeden Naturraums als Naturschutzgebiete (NSG) oder Naturdenkmale. Dadurch sollen vor allem die gefährdeten Tier- und Pflanzenarten Raum für eine möglichst ungestörte Entwicklung erhalten. Als Pufferzone erforderliche Bereiche werden unter Landschaftsschutz gestellt.

1.2 Landschaftsschutzgebiete (§ 22)

Landschaftsschutzgebiete (§ 22) dienen der Erhaltung der natürlichen Eigenart und Schönheit der

Landschaft sowie der Sicherung von Erholungsräumen. Sie haben bezüglich Veränderungen einen geringeren Schutzstatus als die NSG.

1.3 Besonders geschützte Biotop (§ 24a)

Zusätzlich sind seit 1. Januar 1992 besonders gefährdete Biotop durch das Biotopschutzgesetz (§ 24a) unmittelbar und dauerhaft geschützt.

1.4 Naturparke (§ 23)

Naturparke werden in großräumigen Erholungslandschaften ausgewiesen, um die Interessen des Natur- und Landschaftsschutzes einerseits und die Erschließung für Erholungssuchende andererseits aufeinander abzustimmen. Naturparke haben auch die Erhaltung von Arten und Biotopen zum Ziel, da in ihnen Naturschutz- und Landschaftsschutzgebiete sowie Naturdenkmale integriert sind.

1.5 Naturschutz nach internationalen Übereinkommen und Richtlinien

Für den Arten- und Biotopschutz sind weltweit Übereinkommen und Konventionen abgeschlossen worden. Die Art und Weise der Umsetzung solcher völkerrechtlichen Absichtserklärungen bleibt dem einzelnen Staat überlassen. Ein einklagbarer (rechtlicher) Anspruch auf Einhaltung besteht nicht. Trotzdem spielen sie

in der praktischen Naturschutzarbeit eine immer größere Rolle.

Wichtige Konventionen sind die Ramsar-Konvention von 1971 zum Schutz von Feuchtgebieten, die Berner Konvention (1979) zum Schutz von wildlebenden Tier- und Pflanzenarten und ihrer Lebensräume, die Bonner Konvention aus dem Jahre 1979 zur Erhaltung von wandernden Tierarten sowie das Washingtoner Artenschutzübereinkommen von 1973 zur Einschränkung des internationalen Handels mit gefährdeten wildlebenden Arten. Zusammen mit der Biodiversitätskonvention von Rio de Janeiro (1992) wurden diese Übereinkommen teilweise in Rechtsvorschriften der Europäischen Union (EU) übernommen.

Der eine Teil dieser Vorschriften gilt unmittelbar (EU-Verordnungen). Den anderen Teil (EU-Richtlinien) müssen die Mitgliedstaaten in nationales Recht umsetzen; dies geschieht in Deutschland durch das Bundesnaturschutzgesetz und die Naturschutzgesetze der Länder.

Neben den gesetzlichen Schutzgebieten gibt es Schutzgebiete, die wegen ihres besonders guten Zustandes oder Artenreichtums zusätzlich durch den Europarat oder internationale Institutionen ausgezeichnet wurden (Europadiplomgebiete, Europareservate).

1.6 Europäisches Schutzgebietsnetz Natura 2000

Mit dem europäischen Schutzgebietsnetz Natura 2000 haben sich die Staaten der Europäischen Union (EU) die Erhaltung der biologischen Vielfalt in Europa zum Ziel gesetzt. Die Natura 2000-Gebiete unterteilen sich in Gebiete zur Umsetzung der EU-Vogelschutzrichtlinie aus dem Jahre 1979 (79/409/EWG) und in Gebiete zur Umsetzung der FFH-Richtlinie von 1992 (92/43/EWG). Das Land Baden-Württemberg muss seinen Beitrag zum europäischen Schutzgebietsnetz Natura 2000 leisten, indem es FFH- und Vogelschutzgebiete benennt, erhält und entwickelt.

1.7 Biotopkartierung, § 24a-Kartierung, Waldbiotopkartierung

In der landesweit 1989 abgeschlossenen Biotopkartierung wurden die ökologisch wertvollen Lebensräume erhoben. Die Biotopkartierung wird durch die Kartierung nach § 24a und durch die Waldbiotopkartierung verfeinert, ergänzt und fortgeführt. Die Ergebnisse unterstützen Behörden und Gemeinden bei der täglichen Arbeit und sind Grundlagen der mittel- und langfristigen Planungen zum Schutz und zur Vernetzung einzelner Lebensräume.

1.8 Landschaftspflege

Die Landschaftspflege strebt den Schutz, die Pflege, die Gestaltung und die Entwicklung von Landschaften an, die biologisch vielfältig und nachhaltig leistungsfähig sind. Die Landschaftspflegeprogramme enthalten neben den klassischen Pflege- und Biotopgestaltungsmaßnahmen auch Ausgleichsleistungen für freiwillige Nutzungsbeschränkungen aus Gründen des Naturschutzes. Land- und Forstwirtschaft beteiligen sich mit weiteren Maßnahmen, z.B. Biotopvernetzung und Biotopgestaltung, an der Erhaltung und Pflege der Kultur- und Erholungslandschaft.

1.9 Agrarflurneueordnung

Ziel jeder Flurneueordnung ist es, die Agrarstruktur zu verbessern sowie die Kulturlandschaft erhalten und gestalten zu helfen. Das flächendeckende, weiträumige Gesamtkonzept berücksichtigt die landschaftsökologischen Vorstellungen ebenso wie die landwirtschaftlichen Anforderungen.

1.10 Biotopvernetzung

Biotopvernetzung ist ein Konzept zur ökologischen Gestaltung der Kulturlandschaft. In Gebieten mit intensiver landwirtschaftlicher Nutzung geht es darum, Biotope und Ausgleichsräume zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Tier- und Pflanzenwelt zu erhalten, zu ergänzen, zu schaffen und miteinander zu verbinden.

1.11 PLENUM

Mit dieser neuen Strategie hat Baden-Württemberg begonnen, Naturschutz und naturverträgliche Regionalentwicklung zu verbinden. Bisher sind fünf Umsetzungsgebiete genehmigt (siehe Abb. 8 in Abschnitt 9).

1.12 Landschaftsplanung

Die Landschaftsplanung liefert als Planungsinstrument den ökologischen Orientierungsrahmen für die weitere Entwicklung von Natur und Landschaft.

1.13 Integriertes Rheinprogramm (IRP)

Dieses Programm verbindet zwei Ziele: den umweltverträglichen Hochwasserschutz und die Wiederherstellung einer ökologisch intakten Auenlandschaft.

1.14 Ökologisches Wirkungskataster

Schadstoffe in der Umwelt – sei es in Boden, Wasser oder Luft – können Menschen, Tiere und Pflanzen gefährden. Die unmittelbare Untersuchung von Lebewesen auf mögliche Wirkungen von Schadstoffen kann Gewissheit über vorhandene Umweltrisiken schaffen. Die Untersuchungen kon-

zentrieren sich auf wenige geeignete Pflanzen und Tiere (Bioindikatoren). Diese Lebewesen zeigen, stellvertretend für die anderen, Veränderungen in der Umwelt an.

2. Artenschutz

Das baden-württembergische Naturschutzgesetz verpflichtet die Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) in § 28 NatSchG, unter Mitwirkung der Naturschutzverbände und sachkundiger Bürger ein Artenschutzprogramm zu erstellen, mit dem Ziel, die frei lebende Tier- und Pflanzenwelt zu erhalten. Im Folgenden sind die Bausteine dieses Programms aufgeführt.

2.1 Bestandsaufnahmen der gefährdeten Tier- und Pflanzenarten

Über den Weltbestand an Arten gibt es nur Schätzungen; sie schwanken zwischen 5 und 30 Millionen Arten. Die Zentren der Artenvielfalt liegen nicht in Mitteleuropa oder anderen Teilen der gemäßigten Zone, sondern in den Tropen. Die Wissenschaft nimmt an, dass auf die für den globalen Naturhaushalt besonders wichtigen tropischen Ökosysteme etwa 40 % des Artenbestandes entfallen. In Deutschland kommen nach Schätzungen 40 000 bis 50 000 Tierarten und 20 000 Pflanzenarten vor. Wegen seiner geologischen und klimatischen Vielfalt sind etwa 75 % davon in Baden-Württemberg vertreten.

2.2 Rote Listen Baden-Württembergs

Rote Listen sind landesweite Erfassungen und Bewertungen bedrohter Tier- und Pflanzenarten. In der Regel initiiert und koordiniert die LfU die Roten Listen als integralen Bestandteil des Artenschutzprogramms von Baden-Württemberg.

Rote Listen werden als unverzichtbare Begründungshilfe für den rechtlichen Schutz von Arten, wie auch als wichtige Entscheidungshilfe bei der Durchführung planungsrechtlicher Verfahren herangezogen. Dennoch sind sie im juristischen Sinne nicht verbindlich. Sie geben Auskunft über

Grad und Umfang der Gefährdung unserer heimischen Tier- und Pflanzenarten.

Aus den bisher veröffentlichten Roten Listen folgt, dass etwa 40 % der Landesfauna und -flora im Bestand als gefährdet einzustufen sind, also fast jede zweite heimische Tier- und Pflanzenart. Der Grad der Gefährdung schwankt zwischen 13 % (Großpilze) und 100 % (Kiemenfußkrebse).

Es ist zu befürchten, dass ein Überleben der gefährdeten Arten langfristig nicht mehr sichergestellt werden kann. Untersuchungen im Rahmen der Grundlagenwerke zum Artenschutzprogramm legen den Schluss nahe, dass der Rückgang der Arten und ihrer Lebensräume ein bedenkliches Stadium erreicht hat, als es die Roten Listen ausdrücken können. In Anlehnung an die Rote Liste Deutschlands gelten für Baden-Württemberg folgende Gefährdungskategorien:

- 0 Ausgestorben oder verschollen
- 1 Vom Aussterben bedroht
- 2 Stark gefährdet
- 3 Gefährdet
- R Extrem seltene Arten und Arten mit geografischer Restriktion (seit jeher seltene oder sehr lokal vorkommende Arten)
- G Gefährdung anzunehmen (Arten, für die einzelne Untersuchungen eine Gefährdung erkennen lassen)

Ungefährdete Arten, deren Gefährdung jedoch in den nächsten Jahren zu befürchten ist, werden auf einer Vorwarnliste geführt.

Zwischen der Bedrohung der heimischen Fauna und Flora und der Bedrohung der Lebensgrundlagen des Menschen besteht ein enger Zusammenhang. Dies ist unmittelbar nachzuvollziehen, wenn z.B. in einer gefährdeten Wildpflanze eine als Heilmittel wirksame Substanz entdeckt wird. Schwerer vermittelbar sind ökologische Verknüpfungen. So hatte die Oberrhein-Regulierung zweierlei Auswirkungen: Die auentypische Flora und Fauna sind weitgehend verschwunden, und die Hochwassergefahr ist merkbar

gestiegen. Die große Zahl der Erholung Suchenden in Gebieten, die sich durch großen Artenreichtum auszeichnen, zeigt überdies, wie wichtig Landschaften mit hoher Artenvielfalt für das psychische Wohlbefinden der Menschen sind.

2.3 Grundlagenwerke zum Artenschutzprogramm

Das Artenschutzprogramm hat die Zustandserfassung und -bewertung der in Baden-Württemberg vorkommenden Arten sowie die sich darauf beziehenden Schutzmaßnahmen im Artenschutz zum Gegenstand. Mit diesem Programm fördert die Landesregierung die Bestandsaufnahmen von Fauna und Flora sowie die zeit- und praxisgerechte Aufarbeitung der zahlreichen ökologischen Daten. Die fachliche Betreuung dieser Grundlagenwerke obliegt seit 1993 der LfU. Unverzichtbare Partner bei der Erstellung sind die Staatlichen Museen für Naturkunde Stuttgart und Karlsruhe sowie zahlreiche ehrenamtliche Autoren und Mitarbeiter.

Die bereits erschienenen Grundlagenwerke (Tab. 1) machen es möglich, die Verbreitung und Situation der heimischen Tier- und Pflanzenarten im Land auf wissenschaftlicher Grundlage zu beurteilen. Sie enthal-

ten auch Vorschläge für Schutz- und Pflegemaßnahmen, vor allem für den Schutz solcher Arten, die wegen ihrer besonderen Lebensansprüche nicht von den allgemeinen Biotopschutz- und -pflegemaßnahmen profitieren. Sie sind somit eine unentbehrliche Grundlage für die Arbeit der Naturschutzbehörden.

2.4 Ursachen für den Artenrückgang

Die Ursachen für den Artenrückgang sind vielfältig und in ihrer Ausprägung und Gewichtung von Art zu Art verschieden. Dabei reichen die Hauptursachen für den Artenrückgang teilweise weit in die Vergangenheit zurück. Der Artenrückgang geht wesentlich auf die unmittelbare Beeinträchtigung, Verkleinerung, Zersplitterung und Beseitigung der natürlichen und naturnahen Habitate zurück. Die einzelnen Artengruppen (Tab. 2) reagieren darauf in unterschiedlicher Weise. So lassen sich nur etwa 13 % der Großpilze und 24 % der Spinnen den verschiedenen Gefährdungskategorien zuordnen, während wild lebende Säugetiere mit 58 % und Libellen gar mit 70 % äußerst sensibel auf die Verschlechterung ihrer Lebensräume reagieren.

Grundlagenwerk	erschienene Bände	Bände in Bearbeitung
Die wildlebenden Säugetiere Baden-Württembergs	1	1
Die Vögel Baden-Württembergs	10	1
Die Amphibien und Reptilien Baden-Württembergs	-	1
Die Wildbienen Baden-Württembergs	2	-
Die Schmetterlinge Baden-Württembergs	8	2
Die Pracht- und Hirschkäfer Baden-Württembergs	1	-
Die Heuschrecken Baden-Württembergs	1	-
Die Libellen Baden-Württembergs	2	-
Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs	8	-
Die Moose Baden-Württembergs	2	1
Die Flechten Baden-Württembergs	2	-
Die Großpilze Baden-Württembergs	4	1
Bände gesamt	41	7

Tab. 1: Die Grundlagenwerke zum Artenschutzprogramm Baden-Württemberg (Quelle: LfU; Stand 6/2003)

Artengruppe	Gesamtartenzahl	nicht gefährdet	0	1	2	3	R	G	0-G (abs.)	0-G (%)	Stand
Säugetiere*	72	30	9	12	9	8	4	-	42	58	1988
Vögel (Brutvögel)*	218	108	23	34	25	19	9	-	110	50	1995
Lurche und Kriechtiere	30	10	0	5	9	5			20	67	1998
Fische	62	25	8	11	9	9			37	60	2001
Schnecken und Muscheln*	235	124	7	14	43	24	23	-	111	47	1982
Spinnen*	643	490	6	2	32	101	12	-	153	24	1985
Weberknechte*	28	23	0	0	1	2	2	-	5	18	1985
Kiemenfußkrebse*	5	0	1	1	1	2			5	100	1979
Libellen	73	22	1	22	16	10	2	-	51	70	1994
Laufkäfer*	404	233	13	20	66	59	13	-	171	42	1996
Schwebfliegen	379	252	5	12	19	42	4		127	34	2000
Grillen, Heu- und Fangschrecken	68	37	2	8	8	13	0		31	46	1998
Eintagsfliegen	67	22	5	9	13	12	6	-	45	67	1981
Stechimmen (ohne Bienen)	145	101	3	7	11	19	4	-	44	30	1985
Bienen	460	252	23	38	87	57	3	-	208	45	2000
Wegwespen	79	31	12	9	7	16	9	-	53	67	1990
Großschmetterlinge	797	527	43	42	69	98	18	-	270	34	1994-1997
Zünslerfalter	204	101	13	34	30	17	9	-	103	50	1979
Goldwespen	65	33	7	9	6	9	1		32	49	1993
Grabwespen	225	108	14	20	35	24			117	52	1995
Netzflügler	96	49	6	15	8	11	7	-	47	49	1992
Großpilze	~3600	3142	6	37	138	151	126	-	458	13	1984
Farn- und Blütenpflanzen	2140	1365	89	119	227	235	60		775	36	1999

Erläuterung der Gefährdungskategorien:

- 0: ausgestorben oder verschollen
- 1: vom Aussterben bedroht
- 2: stark gefährdet
- 3: gefährdet
- R: extrem selten
- G: Gefährdung anzunehmen;
- ohne Ziffer: Kategorie nicht berücksichtigt

*Neubearbeitung in Vorbereitung/Druck

Anmerkung: Es wurden Arten in eine Vorwarnliste oder als schonungsbedürftig eingestuft und von den Bearbeitern der Roten Liste als zu dieser gehörend bewertet. Diesem Vorgehen wird hier nicht gefolgt. Die Arten der Vorwarnlisten und die schonungsbedürftigen Arten werden nicht als gefährdet angesehen. Wegen Einzelheiten wird auf die Originalliteratur (siehe Arten- und Biotopschutzprogramm) verwiesen.

Tab. 2: In Baden-Württemberg ausgestorbene, verschollene und gefährdete Tier- und Pflanzenarten (ausgewählte Artengruppen, Zahlen entnommen dem „Arten- und Biotopschutzprogramm Baden-Württemberg“ 1989-2002) (Quelle: LfU)

2.5 Maßnahmen gegen den Artenrückgang

Rechtliche Maßnahmen der Landesregierung gegen den Artenrückgang können die Bedeutung mancher der oben genannten Ursachen für den Artenrückgang wesentlich verringern (Tab. 3).

2.5.1 Auswertung und Umsetzung der Grundlagenwerke zum Artenschutzprogramm

Die LfU und die Bezirksstellen für Naturschutz und Landschaftspflege sind mit der „Auswertung und Umsetzung der Grundlagenwerke zum Artenschutzprogramm“ beauftragt. Das Projekt konzentriert sich auf die vom Aussterben bedrohten und stark gefährdeten Arten mit verhältnismäßig wenigen Vorkommen. Gefährdete Arten, die landesweit noch eine größere Anzahl von Vorkommen aufweisen, sind entweder bei Schutz und Pflege von Schutzgebieten und bei den Biotopen nach § 24a berücksichtigt, oder es werden für sie Artenhilfsprogramme ohne konkreten Flächenbezug erstellt. Nicht gefährdete Arten benötigen auf mittlere Sicht keine

- Gesetz zur Änderung des Naturschutzgesetzes (Biotopschutzgesetz) vom 19. November 1991
- Gesetz zum Schutz des Bodens (Bundesbodenschutzgesetz – BodSchG) vom 24. Juni 1991
- Gesetz über eine Einschränkung der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (PflSchAnwG) vom 17. Dezember 1990

Richtlinie des Ministeriums für Ernährung und Ländlichen Raum zur Förderung und Entwicklung des Naturschutzes, der Landschaftspflege und Landschaftskultur (Landschaftspflegerichtlinie) vom 18.10.2001 (Gabl S. 1175)

Tab. 3: Rechtliche Maßnahmen gegen den Artenrückgang

Umsetzung des Artenschutzprogramms in konkrete



Auswertung hochbedrohter Arten durch Biologen



im Auftrag der



besonderen Schutz- und Pflegemaßnahmen.

Von den bislang abgeschlossenen oder noch in Arbeit befindlichen Grundlagenwerken (Tab. 1) werden derzeit ausgewertet und umgesetzt: „Die Vögel“, „Die Wildbienen“, „Die Farn- und Blütenpflanzen“, „Die Schmetterlinge“, „Die Heuschrecken“, „Die Libellen“, „Die Flechten“ sowie „Die Großpilze“.

Die Auswertung und Umsetzung der Grundlagenwerke bestehen aus folgenden Arbeitsschritten:

- Auswahl der Arten, die beim Projekt „Auswertung und Umsetzung“ berücksichtigt werden,
- Auswertung der in den Grundlagenwerken zu diesen Arten enthaltenen Daten,
- Beschaffung weiterer vorkommensbezogener Daten, z.B. Dateien der Naturkundemuseen, Sammlungen,
- Untersuchung der Vorkommen im Gelände: räumliche Lage und Ausdehnung des Vorkommens, Bestandsgröße, Habitatbeschreibung, Bestandssituation, Beeinträchtigung, Schutzstatus des Habitats (z.B. Naturschutzgebiet), Begleitarten, Literatur- und Quellenangaben zum Vorkommen sowie zu Schutz- und Pflegemaßnahmen.

Das Ergebnis der Auswertung ist in allen Fällen, in denen Schutz- und Pflegemaßnahmen für ein Vorkommen sich als notwendig erweisen, ein detaillierter Maßnahmenplan. Diesen setzen die Naturschutzbehörden, nötigenfalls nach Anpassung an andere Naturschutzplanungen, um. Maßgebliche Behörden hierfür sind die vier

Bezirksstellen für Naturschutz und Landschaftspflege (BNL) in Stuttgart, Karlsruhe, Freiburg und Tübingen. Hier bereiten besondere Fachkräfte („Umsetzer“) verwaltungsmäßig und technisch die vorgeschlagenen Maßnahmen vor. Deren Pflgetrupps führen, soweit möglich, diese Maßnahmen durch. Häufig geschieht die Umsetzung gemeinsam mit den Kreisen und Gemeinden, der Forstverwaltung, anderen Behörden und den Naturschutzverbänden. In vielen Fällen können dafür auch Landwirte gewonnen werden.

2.5.2 Artenschutz-Sonderprojekte

Neben Daueraufgaben zum Artenschutzprogramm Baden-Württemberg und zur Gebietsmeldung zu NATURA 2000 stehen drei Artenschutz-Sonderprojekte im Brennpunkt:

Brutvogel-Monitoring

Seit der Auflösung der Staatlichen Vogelschutzwarte Baden-Württemberg zum 1. Juli 2001 führt die LfU das landesweite Brutvogel-Monitoring weiter.

Ziel ist ein Monitoring von „häufigeren Arten“ in der „Normallandschaft“. Es unterscheidet sich daher wesentlich von dem von der Europäischen Union (EU) geforderten Monitoringprogramm für die „Vogelschutzgebiete“. Dennoch liegen etwa 20 % der Zählstrecken innerhalb von Vogelschutzgebieten und lassen für einige Arten verwertbare Aussagen für die EU-Berichtspflicht im Rahmen von NATURA 2000 zu.

Das Brutvogel-Monitoring verfügte 2002 über 198 Strecken, die von 73

ehrenamtlichen Ornithologen betreut wurden.

Schutzkonzeption Feldhamster

Der Feldhamster (*Cricetus cricetus*) gehört zu den nach EU-Recht „streng zu schützenden“ Arten (Anhang IV der FFH-Richtlinie). Er ist in Baden-Württemberg „vom Aussterben bedroht“ und zur Aufnahme in Kategorie 1 der Roten Liste der Säugetiere vorgesehen.

In Baden-Württemberg sind nur noch zwei Vorkommen des Feldhamsters bekannt (Stadtkreis Mannheim/Rhein-Neckar-Kreis/Stadtkreis Heidelberg und Main-Tauber-Kreis). Speziell der Rhein-Neckar-Raum ist wegen seiner Klimagunst, seiner tiefgründigen Böden und seiner trockenen Sommer seit alters her von Hamstern besiedelt und spielt in einem von der EU geforderten landesweiten Schutzkonzept Feldhamster eine zentrale Rolle.

Als Grundlage für gezielte Schutzmaßnahmen wurde 2001 eine Kartierung im Rhein-Neckar-Raum durchgeführt. Auf deren Basis entstand 2002 eine landesweite Schutzkonzeption, um die Hamsterbestände zu erhalten und nachhaltig zu stabilisieren.

Biberkoordinierung

Der Biber (*Castor fiber*) zählt zu den international bedrohten Tierarten und steht EU-weit unter Schutz (Anhang II und IV der FFH-Richtlinie). Mit seiner erfolgreichen Einwanderung greift auch die Forderung der EU nach einem landesweiten Schutzkonzept für den Biber. Dieses setzt eine zentrale Koordinierung aller Aktivitäten und eine Aufarbeitung der vorhandenen Daten/Informationen voraus.

Schutz- und Hilfsmaßnahmen

Schutz- und Pflegevorschläge

Bezirksstellen für Naturschutz und Landschaftspflege

Initiierung und Betreuung vor Ort



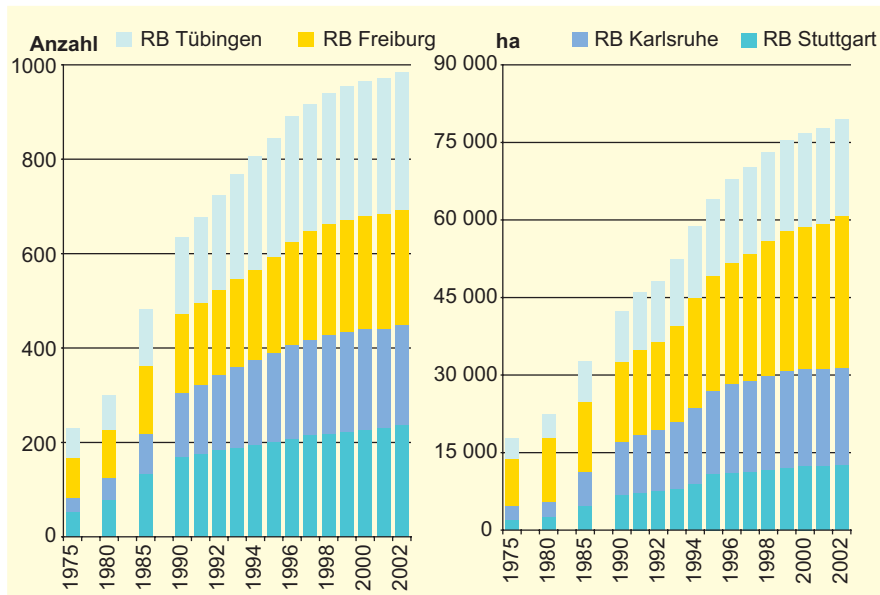


Abb. 1: Naturschutzgebiete in den Regierungsbezirken (RB) Baden-Württembergs nach Anzahl und Flächen (Quelle: LfU)

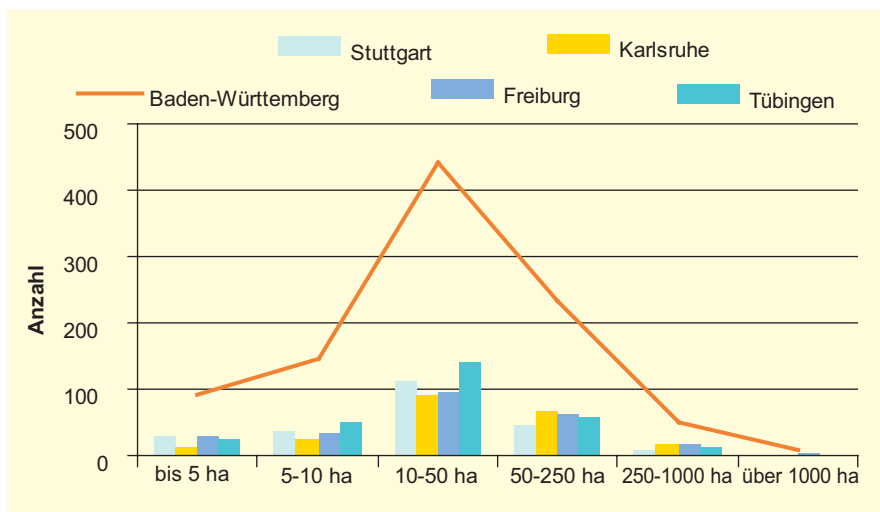


Abb. 2: Anzahl der Naturschutzgebiete in den Regierungsbezirken (RB) Baden-Württembergs und im Land nach Flächengrößen 2002 (Quelle: LfU)

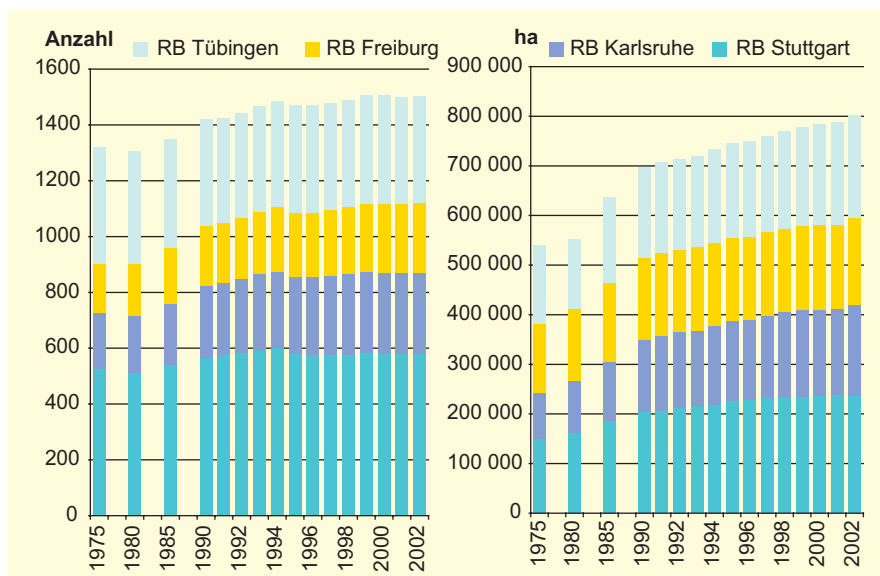


Abb. 3: Landschaftsschutzgebiete in den Regierungsbezirken (RB) Baden-Württembergs nach Anzahl und Flächen (Quelle: LfU)

3. Gebiets- und Biotop-schutz

3.1 Naturschutzgebiete (§ 21 NatSchG)

Am 1.1.2003 gab es in Baden-Württemberg 975 rechtskräftig verordnete Naturschutzgebiete mit einer Fläche von rund 79 437 ha (Abb. 1). Ihr Flächenanteil vergrößerte sich seit Inkrafttreten des Naturschutzgesetzes am 1.1.1976, bezogen auf die Landesfläche, von 0,5 auf 2,22 %.

In den einzelnen Regierungsbezirken liegt der Flächenanteil der NSG zwischen 1,20 % (Stuttgart) und 3,13 % (Freiburg).

Seit 31.12.1999 wurden 44 NSG mit rund 5410 ha ausgewiesen. Im Vergleich zu 1993 ist die Durchschnittsgröße aller NSG von 68 auf 81 ha angestiegen.

Die weit überwiegende Mehrzahl aller Naturschutzgebiete weist Flächengrößen zwischen 10 und 50 ha auf (Abb. 2). Die großflächigen Naturschutzgebiete liegen in den Regierungsbezirken Freiburg und Tübingen.

3.2 Landschaftsschutzgebiete (§ 22)

Die Gesamtfläche der Landschaftsschutzgebiete ist seit Inkrafttreten des Naturschutzgesetzes von 540 143 auf 802 944 ha gestiegen. Damit stehen heute über 22 % der Landesfläche unter Landschaftsschutz (Abb. 3).

Viele verhältnismäßig neue Landschaftsschutzgebiete sind als Teile kombinierter Natur- und Landschaftsschutzgebiete ausgewiesen. Die oft kleinflächigen Landschaftsschutzgebietsanteile erfüllen dabei die Funktion einer Pufferzone zwischen den Naturschutzgebieten und den landwirtschaftlich genutzten Flächen.

3.3 Naturdenkmale (§ 24)

Als Naturdenkmale können sowohl Einzelgebilde (wie z.B. Bäume, Felsen) als auch naturschutzwürdige Flächen bis zu 5 ha Größe ausgewiesen

werden. Ihr Schutzstatus ist mit dem eines Naturschutzgebietes vergleichbar. Alte Naturdenkmale sind überwiegend Einzelbildungen, während der Anteil der flächenhaften Naturdenkmale (FND) bis in jüngster Zeit beträchtlich zugenommen hat.

Landesweit existieren 14 511 Naturdenkmale auf rund 6 055 ha (Stand 1.1.2003; Abb. 4).

3.4 Geschützte Grünbestände (§ 25)

Die erste Verordnung über geschützte Grünbestände stammt von 1978. Geschützte Grünbestände werden erst seit Beginn der 80er Jahre in nennenswertem Maße ausgewiesen. Seitdem wurden über 75 % verordnet. Bis Ende 1995 wurden 78 geschützte Grünbestände überwiegend in Siedlungsbereichen ausgewiesen.

Vor allem in Städten dienen Baumschutzverordnungen bzw. -satzungen nach § 25 NatSchG der Bestandssicherung bei Bäumen ab einem bestimmten Durchmesser.

Die Verantwortung für Satzungen zum Schutz von geschützten Grünbeständen liegt seit 1992 bei den Kommunen. 2002 gab es 37 Baumschutzsatzungen und 94 sonstige geschützte Baumbestände im Land.

3.5 Besonders geschützte Biotope (§ 24a)

Um den Rückgang an Arten und ihrer Lebensräume zu bremsen, hat das Land in Umsetzung von § 20c BNatSchG zum 1.1.1992 das Biotopenschutzgesetz (entspricht § 30 BNatSchG neu) erlassen. Neben den bundesweit gefährdeten Biotopen, wie z.B. Moore, Sümpfe, naturnahe und unverbauete Bach- und Flussabschnitte, Wacholderheiden und offene Felsbildungen, sind nun auch landesspezifische Biotope, wie z.B. Feldhecken, Feldgehölze und Dolinen, die in der Anlage zum Gesetz definiert sind, unmittelbar geschützt. Der Vollzug ist den unteren Naturschutzbehörden übertragen. Nach den Ergebnissen der bisherigen § 24a-Kartierung und der Waldbio-

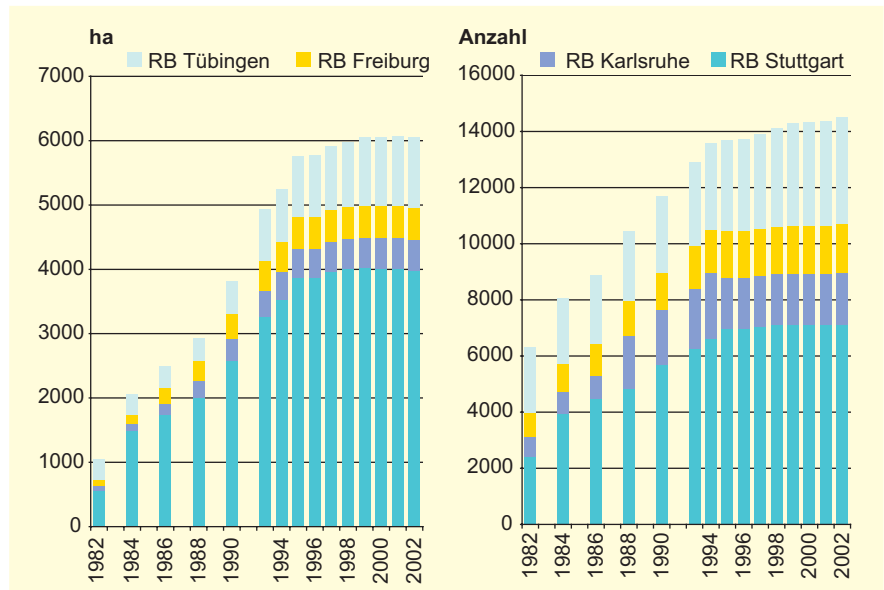


Abb. 4: Naturdenkmale in den Regierungsbezirken (RB) Baden-Württembergs nach Anzahl und Flächen (Quelle: LfU)

Naturparke (NP)	NP-Fläche	in % der
	in ha	Landesfläche
Schönbuch	15.564	0,43
Stromberg-Heuchelberg	32.821	0,92
Neckartal-Odenwald	129.200	3,61
Obere Donau	85.710	2,40
Schwäbisch-Fränkischer Wald	90.400	2,53
Südschwarzwald	333.000	9,32
Schwarzwald Mitte/Nord (in Vorb.)	377.000	10,55
Baden-Württemberg	724.395	20,26

Tab. 4: Naturparke in Baden-Württemberg mit Anteil an der Landesfläche (Quelle: LfU; Stand 2003)

topkartierung nehmen diese „Besonders geschützten Biotope“ auf der siedlungsfreien Landesfläche etwa 3 % der Landesfläche ein.

3.6 Naturparke (§ 23)

In Baden-Württemberg gab es Ende 2001 sechs Naturparke (Tab. 4). Im Südschwarzwald ist 2000 der bisher größte deutsche Naturpark mit 333 000 ha errichtet worden. Ein noch größerer Naturpark Schwarzwald Mitte/Nord, mit voraussichtlich 377 000 ha, wird vorbereitet.

3.7 Naturschutzzentren

Um in Zusammenarbeit mit den Kreisen und Kommunen die Betreuung der wichtigsten Naturschutzgebiete vor Ort zu verbessern, wurden Naturschutzzentren eingerichtet. Zur Betreuungsaufgabe gehören Besu-

cherinformation, Besucherlenkung, Organisation und Kontrolle von Pflegemaßnahmen sowie die Dokumentation von Entwicklungen in den Schutzgebieten. Gleichzeitig vermitteln die Zentren Informationen über die Ziele, Aufgaben und Inhalte des Naturschutzes allgemein und über den jeweiligen Naturraum im Besonderen. Zu jedem Naturschutzzentrum gehört eine Dauerausstellung. Ein weiterer Schwerpunkt sind Seminare, Projekttag und sonstige Veranstaltungen.

Die sieben öffentlichen Naturschutzzentren in Baden-Württemberg sind:

- Bad Wurzach für den Naturraum des oberschwäbischen Moor- und Hügellandes. Es betreut das NSG „Wurzacher Ried“ und die Feuchtgebiete im Landkreis Ravensburg.

- Eriskirch für die Bodenseelandschaft. Es betreut das NSG „Eriskircher Ried“ und die „Bodensee-Uferlandschaft“ am Obersee.
- Schopflocher Alb für den Albtrauf und das Albvorland mit seinen vielfältigen Biotopen wie z.B. Wacholderheiden, Streuobstwiesen, Felsen und Höhlen.
- Beuron/Obere Donau in Beuron für das Durchbruchtal der Donau und seine Umgebung – mit einer Vielfalt an Buchenwäldern, Talauen, Felsbiotopen, Trockenrasen und Halbtrockenrasen.
- Karlsruhe-Rappenwört für die Landschaft der Rheinauen.
- Ruhestein im Schwarzwald an der Nahtstelle der zwei größten Naturschutzgebiete des nördlichen Schwarzwalds: „Schliffkopf“ und „Wilder See – Hornisgrinde“.
- Südschwarzwald im „Haus der Natur“ am Feldberg für die Landschaft des südlichen Schwarzwalds.

3.8 Schutzgebietsprogramm

Auf der Grundlage des Gesamtkonzepts „Naturschutz und Landschaftspflege“ helfen mehrjährige Schutzgebietsprogramme die wichtigsten *Biotope* eines jeden Naturraums als Naturschutzgebiete oder flächenhafte Naturdenkmale zu sichern; die als Pufferzonen erforderlichen Bereiche werden unter Landschaftsschutz gestellt. Dabei sollen für die Tier- und Pflanzenwelt ausreichend große Lebensräume erhalten, wiederhergestellt und vernetzt werden. Die geplanten Schutzgebiete werden nach folgenden Prioritäten bewertet:

- Seltenheit
- Gefährdung
- Artenvielfalt
- Repräsentanz bezüglich Biototypen und Naturraum
- Bedeutung als Lebensstätte für gefährdete Arten

- Vernetzbarkeit mit anderen Biotopen
- Durchsetzbarkeit.

3.9 Gesamtstaatlich repräsentative Gebiete

Der Bund fördert die Errichtung und Sicherung schutzwürdiger Teile von Natur und Landschaft mit gesamtstaatlich repräsentativer Bedeutung. Auswahlkriterien sind:

- Repräsentanz für Deutschland
- Typische Ausprägung von Ökosystemen und Biozönosen
- Naturnähe
- Gefährdung
- Einmaligkeit, Unersetzbarkeit und Bedeutung für die Forschung.

In den folgenden Naturschutzgebieten wurden Förderprojekte abgeschlossen:

- Wollmatinger Ried – Untersee (Träger: Naturschutzbund Deutschland; Förderzeitraum 1989-1997)
- Wurzacher Ried (Träger: Landkreis Ravensburg; Förderzeitraum 1987-1997)
- Badberg/Haselschacher Buck (Träger: Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald; Förderzeitraum 1990-1994).

Im September 2002 wurden neu in das Förderprogramm aufgenommen:

- Feldberg – Belchen – Oberes Wiesental (Träger: Zweckverband Naturschutz – Großprojekt Feldberg-Belchen-Oberes Wiesental. Mitglieder sind Kreise, Gemeinden, Verbände.)
- Pfrunger-Burgweiler Ried (Träger: Stiftung (i.G.) Naturschutz Pfrunger-Burgweiler Ried mit Federführung durch den Schwäbischen Heimatbund.)

3.10 Schutzgebiete nach internationalen Übereinkommen

Ramsar-Konvention

Von den 31 bislang von Deutschland benannten Ramsar-Gebieten liegt eines mit zwei Teilgebieten in Baden-Württemberg:

- „Wollmatinger Ried – Giehrenmoos – Gnadensee“ am Untersee,
- „Mindelsee“ bei Radolfzell

Weitere Feuchtgebiete internationaler Bedeutung in Baden-Württemberg befinden sich vor allem am Bodensee und am Oberrhein, sind aber noch nicht als Ramsar-Gebiete notifiziert.

Europadiplom-Gebiete

Das Europadiplom verleiht der Europarat in Straßburg an bereits bestehende Schutzgebiete als Auszeichnung. Es ist auf fünf Jahre begrenzt und kann nach einer erneuten Prüfung jeweils für weitere fünf Jahre verlängert werden. Mit dem Europadiplom werden Schutzmaßnahmen in Gebieten von besonderem europäischen Interesse anerkannt und gefördert. In Baden-Württemberg wurde zwei Schutzgebieten das Europadiplom verliehen:

- „Wollmatinger Ried – Untersee – Gnadensee“ (seit 1968)
- „Wurzacher Ried“ (seit 1989)

Europareservate

Das Prädikat „Europareservat“ wird von „Birdlife International“ (früher „Internationaler Rat für Vogelschutz“) verliehen. Diese Auszeichnung ist abhängig von fünf Hauptkriterien:

- Gebiet von internationalem Interesse,
- Gebiet mit einer beachtlichen Zahl an Wat- und Wasservögeln,
- Lebensräume von angemessener Größe und Beschaffenheit,

- Sicherung mindestens des Kernbereichs als Naturschutzgebiet,
- Jagdruhe für die zu schützenden Vögel zumindest im größeren Teil des Reservats.

Von den derzeit 20 Europareservaten Deutschlands liegen der Federsee (NSG „Federsee“) und das Wollmatinger Ried (NSG „Wollmatinger Ried – Untersee – Gnadensee“) in Baden-Württemberg.

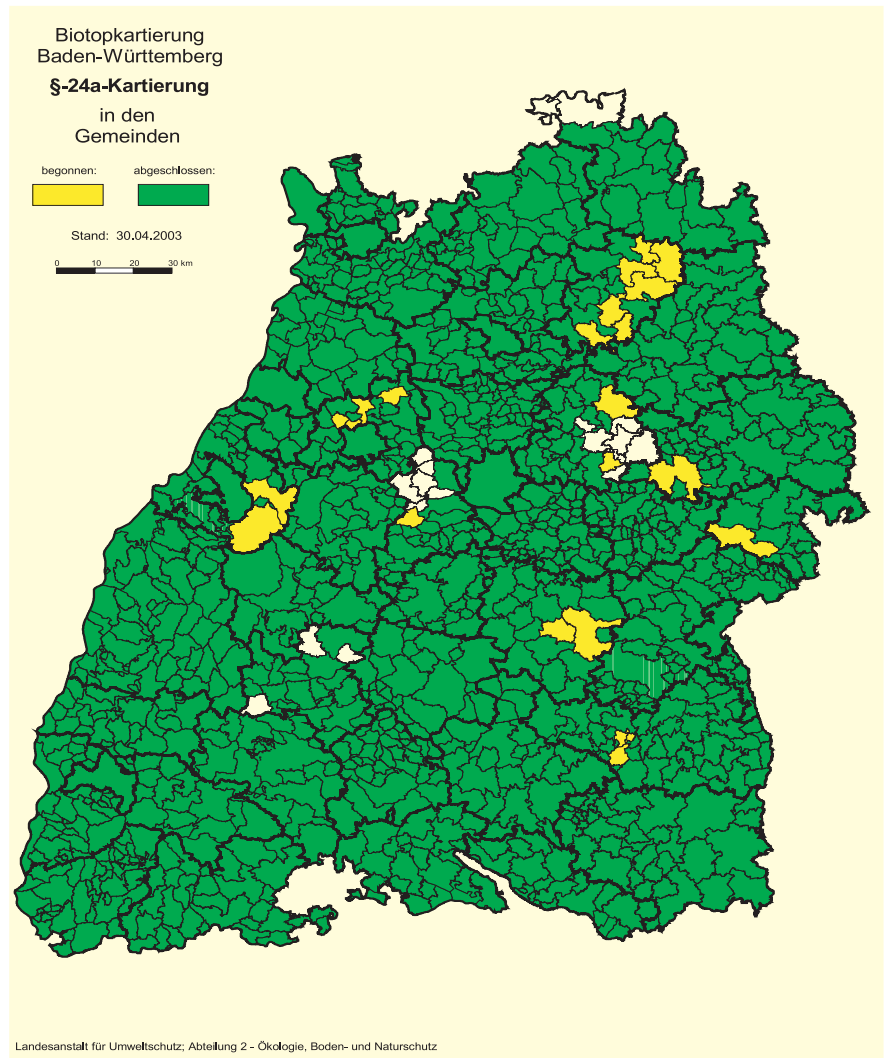
4. Biotopkartierung

Vielfältige Nutzungsansprüche haben einen großen Wandel bei den Landnutzungsformen bewirkt. Unsere Landschaft ist einem umfassenden und nachhaltigen Änderungsprozess unterworfen. Viele bei uns vorkommende Lebensräume und ihre Arten sind in ihrem Bestand gefährdet. Um diesen negativen Auswirkungen des Landschaftswandels entgegenzuwirken und um einen wirksamen Schutz der wertvollen Lebensräume und Arten zu erreichen, müssen die hierfür erforderlichen Grunddaten bekannt sein. Dies war 1976 der Anstoß zum Beginn der Biotopkartierung.

Die entwickelte Methodik sah die flächendeckende Untersuchung und die selektive Erhebung ökologisch wertvoller Bereiche auf der gesamten siedlungsfreien Fläche im Maßstab 1:25 000 vor.

Nach einer Übersichtskartierung mit Hilfe ehrenamtlicher Mitarbeiter wurde schließlich von 1981 bis 1989 die Intensivkartierung durchgeführt.

Heute bildet die Biotopkartierung einen wichtigen Baustein des Umweltinformationssystems (UIS), insbesondere als wesentlicher Datenbestand des Arten-, Landschafts- und Biotopinformationssystems (ALBIS). Die Ergebnisse der Biotopkartierung sind eine unentbehrliche Arbeitsgrundlage für den Naturschutz, für Behörden und freie Planer. Über längere Zeiträume hinweg stellt die Biotopkartierung bei turnusmäßiger Wiederholung auch ein effizientes Instrumentarium zur Beobachtung der Landschaftsentwicklung dar.



Landesanstalt für Umweltschutz; Abteilung 2 – Ökologie, Boden- und Naturschutz

Abb. 5: Die § 24a-Kartierung in Baden-Württemberg (Quelle: LfU; Stand 2003)

4.1 Die § 24a-Kartierung

Die Biotopkartierung war bis 1992 eine fachwissenschaftliche Erhebung ohne Rechtsverbindlichkeit. Durch das seit 1992 geltende Biotopschutzgesetz (eine Novellierung des Naturschutzgesetzes) hat sie eine völlig neue Zweckbestimmung erhalten. Nach § 24a NatSchG genießen die dort genannten Biotope einen unmittelbaren gesetzlichen Schutz, der dem eines durch Rechtsverordnung geschützten Naturschutzgebietes oder Naturdenkmals entspricht. Um für die betroffenen Eigentümer oder Nutzer von Grundstücken Rechtsklarheit zu schaffen, hat die untere Naturschutzbehörde den gesetzlichen Auftrag, die besonders geschützten Biotope in Listen und Karten mit deklaratorischer Bedeutung zu erfassen. Außerdem ist die Naturschutzbehörde zur Auskunft gegenüber Eigen-

tümern über das Vorkommen von „besonders geschützten Biotopen“ auf ihren Grundstücken und über zulässige oder verbotene Handlungen in den Biotopen verpflichtet.

Infolge dieser Anforderungen hat die LfU eine Methode für die § 24a-Kartierung entwickelt. Die § 24a-Kartierung geschieht mit parzellenscharfer Eintragung der Biotopgrenzen in Karten im Maßstab 1:5 000 oder größer. Die fachliche Betreuung der Kartierer und die landesweite Zusammenführung der Daten nimmt die LfU vor. Die 1992 begonnene § 24a-Kartierung ist außerhalb des Waldes, bezogen auf besonders geschützte Biotope, die Fortführung der Biotopkartierung. Die § 24a-Kartierung war mit Stand vom 30.03.2003 in 1072 der 1110 baden-württembergischen Gemeinden, das heißt zu etwa 96 %, abgeschlossen (Abb. 5).

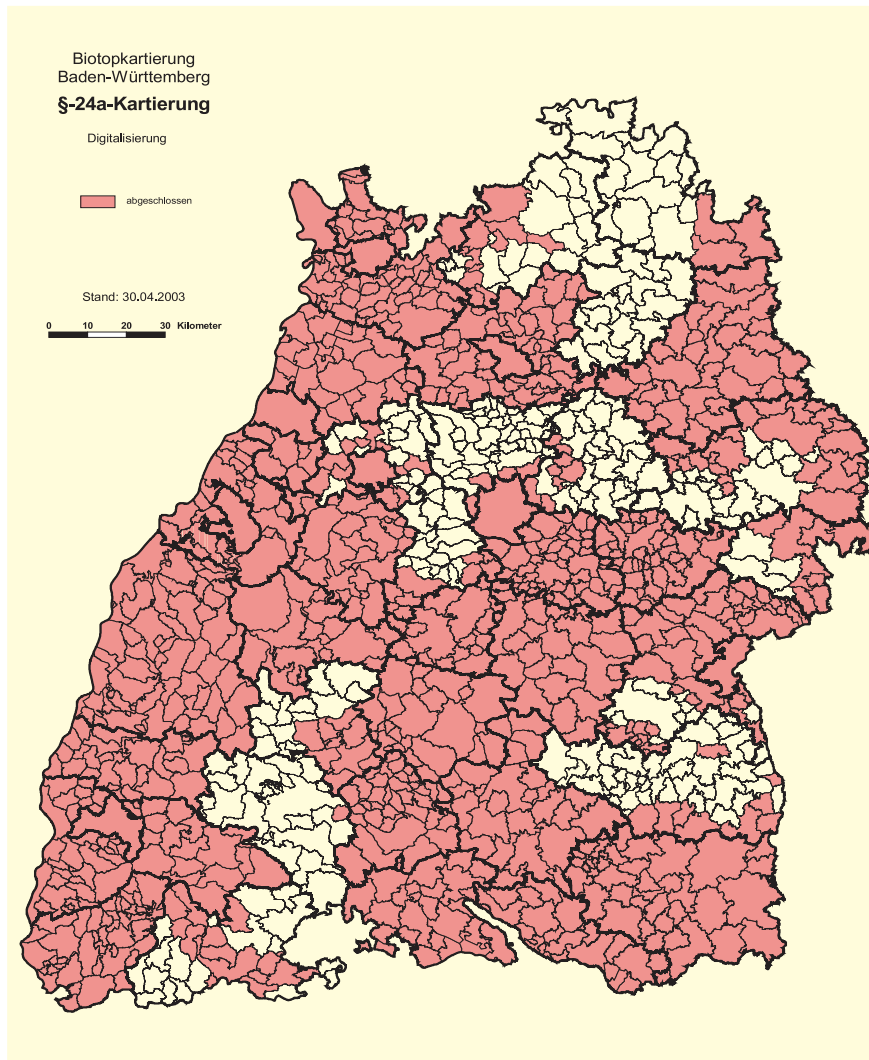


Abb. 6: Stand der Digitalisierung der § 24a-Kartierung in Baden-Württemberg (Quelle: LfU)

Erfasst waren etwa 130 000 Biotope mit einer Fläche von mehr als 55 000 ha. Die kartographischen Daten dieser Biotope liegen mit Stand vom 30.3.2003 zu ungefähr 77 % digital vor (Abb. 6).

Landkreise mit einem hohen Flächenanteil von § 24a-Biotopen liegen vor allem im Schwarzwald und im Alpenvorland. Ein Sonderfall ist Konstanz mit der großflächigen, geschützten Flachwasserzone des Bodensees. Die Stadtkreise sind eher im unteren Bereich vertreten. Derzeit verzeichnen Landkreise, deren Kartierung noch nicht abgeschlossen ist, vergleichsweise niedrige Werte (Abb. 7).

4.2 Waldbiotopkartierung

Die Waldbiotopkartierung begann 1989 unter der Projektleitung durch die Forstliche Versuchs- und For-

schungsanstalt Baden-Württemberg (FVA). Dabei wird eine speziell an den Lebensraum Wald angepasste und unter Berücksichtigung forstlicher Belange entwickelte, selektive Kartiermethodik eingesetzt (Maßstab 1:10 000). Es werden nur naturnahe und seltene Waldgesellschaften, nicht jedoch naturnahe und repräsentative Bestände verbreiteter Gesellschaften erhoben.

Zusätzlich werden über die Waldbiotopkartierung die besonders geschützten Biotope (§ 24a NatSchG) im Wald und der Biotopschutzwald (§ 30a LWaldG) erfasst.

Der erste landesweite Durchgang der Waldbiotopkartierung wurde 1998 abgeschlossen (Nacherhebung 1999-2002). Es wurden rund 49 000 Biotope mit 82 000 ha Fläche erfasst. Von der erfassten Biotopfläche unterliegen 45 000 ha dem Schutz nach § 24a

NatSchG, dies sind etwa 1,3 % der Landesfläche.

Der Waldbiotopbestand wird seit Februar 2002 periodisch in einem Turnus von 10 Jahren aktualisiert, und zwar forstbezirksweise, jeweils im Vorlauf zur Forsteinrichtungserneuerung.

5. Grunderwerb

Als erstes Bundesland hat Baden-Württemberg systematisch mit dem Grunderwerb für Naturschutzzwecke begonnen. Bis 2002 sind nahezu 9 400 ha Fläche erworben und damit für Zwecke des Naturschutzes gesichert worden. Hierfür haben das Land und die Stiftung Naturschutzfonds (SNF) einen Betrag von über 202 Mio. DM aufgewendet.

5.1 Grunderwerb und Landschaftspflege

Der Grunderwerb und die langfristige Anpachtung von Flächen für Naturschutzzwecke gehören zu den wesentlichen und unverzichtbaren Instrumenten der Naturschutzverwaltung. So kann man z.B. durch den Erwerb naturschutz wichtiger Grundstücke

- eine dauerhafte Flächensicherung in bestehenden und geplanten Naturschutzgebieten erreichen
- im Zusammenhang mit Flurneuerordnungsverfahren Lebensräume für gefährdete Tier- und Pflanzenarten erhalten und schaffen
- konkurrierende, den Zielen des Naturschutzes entgegenstehende Nutzungen in sensiblen Bereichen vermeiden.

Landschaftspflege ist eine zwingende Aufgabe des Naturschutzes. Sie besteht aus:

- Biotop- und Landschaftspflege als Flächenpflege
- konkreten Artenhilfsmaßnahmen
- Neugestaltung und Verbesserung von Biotopen

- Extensivierung der Flächennutzung aus Gründen des Naturschutzes
- dem Entwicklungsauftrag des Naturschutzgesetzes zur Sicherung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes in der (freien) Landschaft.

Die Förderung der Landschaftspflege wurde 2001 auf eine neue Grundlage gestellt. Die seither geltende Landschaftspflegerichtlinie wurde grundlegend überarbeitet und um ergänzende Fördertatbestände erweitert.

Ein Großteil der heute schützenswerten Pflanzen- und Tiergesellschaften ist angepasst an frühere bäuerliche Bewirtschaftungsbedingungen, die auch das Bild der Kulturlandschaft bestimmt haben.

Um die Arten der Kulturlandschaft zu erhalten, gilt es deshalb auch notwendig zu den klassischen Pflegemaßnahmen zu greifen: Unerwünschter Gehölzaufwuchs wird entfernt, Streuwiesen werden gemäht, und die Beweidung mit Schafen oder Rindern wird gefördert. Diesen Tätigkeiten kommt der überwiegende Teil der Landschaftspflegemittel zugute.

Zur Landschaftspflege zählen überdies in besonders gelagerten Einzelfällen die Gestaltung und Neuanlage von Sekundärbiotopen.

Seit 1987 sind auch Ausgleichsleistungen für Nutzungsbeschränkungen auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Grundstücken aus Gründen des Naturschutzes möglich (Vertragsnaturschutz). Über Pflege- und Bewirtschaftungsverträge erhält der Landwirt gemäß der Landschaftspflegerichtlinie den Ertragsausfall ausgeglichen.

Seit 1984 hat das Land zusammen mit der Stiftung Naturschutzfonds (SNF) (einschließlich aus Ausgleichsabgabe erhaltenen Mitteln) bis 2002 mehr als 430 Mio. DM für Maßnahmen zur Landschaftspflege aufgebracht (Tab 5).

Die gewollte, zum größten Teil aber betriebswirtschaftlich bedingte

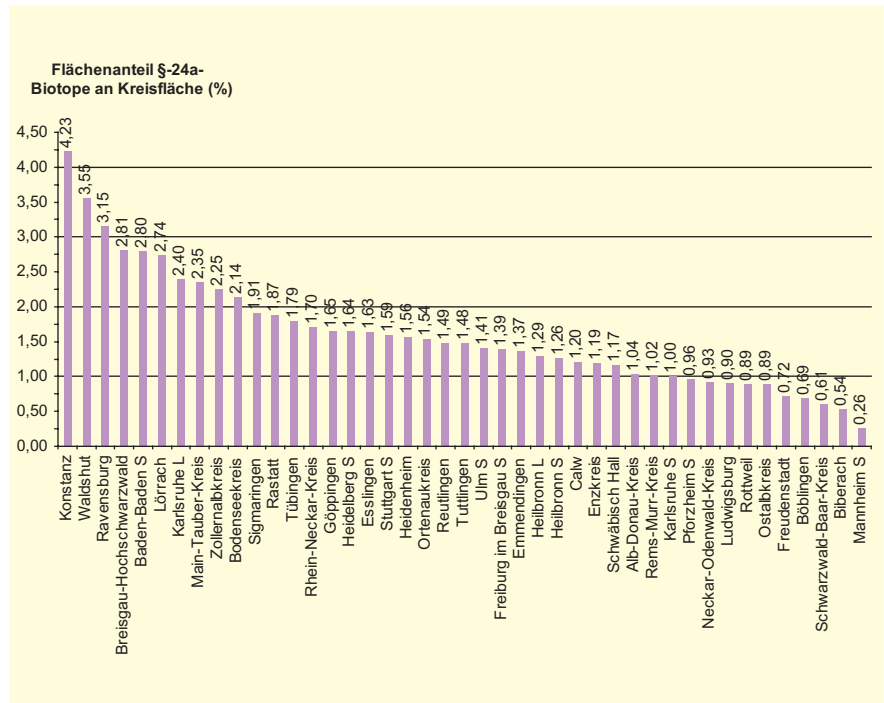


Abb. 7: Flächenanteil der § 24a-Biotope an der Kreisfläche (§ 24a-Biotopkartierung in einigen Landkreisen noch nicht abgeschlossen) (Quelle: LfU, Stand 4/03)

Aufgabe von landwirtschaftlichen Flächen und Wald setzt eine Vielfalt ökologischer und ökonomischer Prozesse in Gang, die in einem zukunftsweisenden Naturschutz vermehrt Beachtung finden. Diese neue Aufgabe wird nicht zuletzt durch das von Deutschland ratifizierte Übereinkommen über die biologische Vielfalt (Rio 1992) getragen. Dazu hat die Landschaftspflege ein naturraumbezogenes Konzept entwickelt, mit dem Flächen für dynamische Prozesse gesichert werden sollen (Prozessschutz).

5.2 Stiftung Naturschutzfonds

Die Stiftung Naturschutzfonds (SNF) Baden-Württemberg beim Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum (MLR) hat auch 2000 bis 2002 eine Fülle von Maßnahmen gefördert, um die natürliche Umwelt zu erhalten. Auf der Einnahmenseite steht die neue Einnahme aus den Erträgen der „Glücksspirale“. Diese Mittel sind gemeinnützig einzusetzen und wurden zweckgebunden für bestimmte Förderschwerpunkte verwendet.

Aufgrund der Zweckbindung der Ausgleichsabgaben stehen diese allerdings nicht für die gesamten Aufgaben der SNF zur Verfügung,

Jahr	Land in Tsd. DM (2002 in Euro)	Stiftung NSF (mit Ausgl.-abgabe)	Insgesamt
1984	2 554,77	951,33	3 506,10
1985	2 744,56	492,77	3 237,33
1986	2 923,18	413,79	3 336,92
1987	7 482,15	399,59	7 881,74
1988	2 780,82	1 068,92	3 849,74
1989	6 997,02	765,38	7 762,41
1990	10 136,15	1 311,38	11 462,92
1991	12 642,67	2 037,13	14 679,79
1992	15 538,21	2 939,23	18 477,44
1993	15 139,79	1 597,57	16 737,59
1994	14 775,36	1 738,59	16 514,96
1995	16 320,02	1 562,63	17 882,65
1996	13 927,36	1 379,54	15 306,90
1997	13 007,25	1 030,31	14 037,55
1998	13 779,77	854,46	14 634,54
1999	14 323,83	896,10	15 219,93
2000	14 977,42	1 753,85	16 731,27
2001	14 913,17	3 283,08	19 700,74
2002	14 842,92	1 326,79	16 169,71

Tab. 5: Haushaltsmittel für Naturschutz- und Landschaftspflege – laufende Maßnahmen für Landschaftspflege ohne Grundenerwerb (Quellen: MLR, LfU; Stand 2002)

sondern sind jeweils für konkrete Maßnahmen in Natur und Landschaft einzusetzen.

Bei den einzelnen Förderbereichen der Stiftung liegt ein deutlicher Schwerpunkt nach wie vor bei der Forschung, bei Veröffentlichungen und Öffentlichkeitsarbeit. Die Förderung modellhafter Untersuchungen und Maßnahmen zur Aufklärung sowie zur Aus- und Fortbildung gehört ausdrücklich zu dem gesetzlichen Aufgabenkatalog der SNF.

Im Übrigen fördert die SNF besonders Modellprojekte mit Vorbildfunktion wie z.B. die „Naturerfahrungsräume im besiedelten Bereich“, das „Modellprojekt Freudenstadt“ und das „Modellvorhaben zur extensiven Beweidung“ großflächiger Weidesysteme.

Weitere Schwerpunkte bilden unverändert die Zuwendungen an Vereine und Verbände für zahlreiche Fördermaßnahmen, die die SNF in enger Partnerschaft begleitet.

6. Natura 2000

6.1 Rechtliche und fachliche Grundlagen

Im Jahr 1992 beschlossen die Mitgliedstaaten der EU mit der FFH-Richtlinie (Fauna = Tierwelt, Flora = Pflanzenwelt, Habitat = Lebensraum, Richtlinie des Rates zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tier- und Pflanzenarten (92/43/EWG)) ein Netz von Schutzgebieten mit Vorkommen von natürlichen und naturnahen Lebensräumen und gefährdeten Tier- und Pflanzenarten aufzubauen, um so das europäische Naturerbe für kommende Generationen zu bewahren. Hierfür sind ausgewählte Lebensräume von europäischer Bedeutung zu schützen und miteinander zu verknüpfen. Sie bilden zusammen mit den Gebieten der bereits 1979 erlassenen EU-Vogelschutzrichtlinie (Richtlinie des Rates über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten (79/409/EWG)) das europäische Schutzgebietsnetz Natura 2000.

FFH- und Vogelschutzrichtlinie als verbindlich umzusetzendes EU-Recht sind rahmenrechtlich in §§ 33 ff BNatSchG geregelt. Sie bedürfen teilweise der Ausfüllung durch die Landesgesetzgeber (§§ 26a bis 26e NatSchG).

Die schutzwürdigen Lebensräume und Arten sind in den Anhängen der Richtlinie genannt. Anhang I der FFH-Richtlinie listet rund 250 zu schützende natürliche und naturnahe Lebensraumtypen auf; davon kommen 51 in Baden-Württemberg vor.

Der Anhang II enthält rund 250 Tier- und 450 Pflanzenarten, die EU-weit stark gefährdet und deren Lebensräume zu schützen sind. Hiervon findet man 41 Tier- und 12 Pflanzenarten in Baden-Württemberg.

Streng zu schützende Lebensräume und Arten werden als „prioritär“ bezeichnet und gesondert betrachtet. Davon sind 13 Lebensraumtypen, eine Pflanzenart und drei Tierarten in Baden-Württemberg vertreten.

Die EU-Vogelschutzrichtlinie hat zum Ziel, alle wildlebenden Vogelarten und ihre natürlichen Lebensräume in Europa langfristig zu schützen und zu erhalten. Die Mitgliedstaaten müssen für bestimmte, in Anhang I der Richtlinie aufgeführte Vogelarten geeignete Gebiete erhalten und entwickeln. Das Gleiche gilt für alle Zugvogelarten, die nicht in Anhang I aufgeführt sind. Anhang I führt rund 180 Vogelarten auf. Von diesen brüten 36 regelmäßig in Baden-Württemberg. Unter den Zugvögeln, die regelmäßig in Baden-Württemberg auftreten, sind 29 bedrohte Arten, die in Baden-Württemberg auch brüten. Nicht nur für diese, sondern auch für die in großer Zahl rastenden Wasser-, Wat- und Greifvögel müssen Schutzgebiete benannt werden.

6.2 Gebietsauswahl und Gebietsmeldung

In den 80er Jahren meldete Baden-Württemberg Vogelschutzgebiete

an die EU. Im Jahr 1998 hat Baden-Württemberg in einer ersten Tranche insgesamt 151 Natur- und Landschaftsschutzgebiete mit zusammen rund 53 000 ha Fläche als FFH-Gebiete vorgeschlagen. Beide Meldungen deckten die Vorgaben zur Umsetzung der Richtlinie weder flächenmäßig noch qualitativ ausreichend ab, so dass beide Meldungen nach strengen fachlichen Kriterien ergänzt werden mussten.

Die Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) erstellte deshalb 1999 zusammen mit den Bezirksstellen für Naturschutz und Landschaftspflege, der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt und der Staatlichen Fischereiforschungsstelle eine Vorschlagsliste der FFH-Gebiete für Baden-Württemberg. Hierfür wurden die Gebiete ausgewählt, die wesentlich zur Erhaltung eines Lebensraumtyps oder einer Art von gemeinschaftlicher Bedeutung beitragen. Die in der FFH-Richtlinie festgelegten wissenschaftlichen Kriterien, nach denen FFH-Gebiete zu benennen sind, wurden im Laufe der Jahre durch Fachpublikationen konkretisiert.

Die Vogelschutzrichtlinie macht im Gegensatz zur FFH-Richtlinie keine detaillierten Vorgaben für eine Auswahl der EU-Vogelschutzgebiete. Deshalb hat die LfU in einem Fachkonzept die Kriterien der Gebietsauswahl nachvollziehbar festgelegt. Auf dieser Grundlage konnte sie aus umfangreichem, meist von ehrenamtlich tätigen Vogelkundlern zusammengetragenem Datenmaterial zu Vogelvorkommen jene Gebiete auswählen, die die Anforderungen der EU-Vogelschutzrichtlinie erfüllen.

Endgültig festgelegt wurden die Gebietsvorschläge nach Beendigung eines Konsultationsverfahrens, in das Verbände und Kommunen einbezogen waren.

6.3 Flächenstatistik

Die über das Bundesumweltministerium im März 2001 an die EU weiter-

geleitete Meldeliste umfasst 363 FFH-Gebiete und 73 Vogelschutzgebiete. Beide Gebietstypen überlagern sich auf großer Fläche. 3 FFH- und Vogelschutzgebiete sind sogar flächengleich, so dass insgesamt 433 Natura 2000-Gebiete gemeldet wurden. Bezogen auf Baden-Württemberg sind dies 8,6 % der Landesfläche, 4,9 % sind Vogelschutz-, 6,5 % FFH-Gebiete). Hohe Anteile dieser Gebiete sind bereits nach dem NatSchG geschützt (Tab. 6, 7).

Informationen zu einzelnen Gebieten gibt es unter www.lfu-baden-wuerttemberg.de. Unter „Umweltinformationen, Natur und Landschaft“ kann man unter „Natura 2000“ das vollständige Kartenmaterial der Gebietsmeldung vom März 2001 im Maßstab 1:25 000 mit Informationen zu jedem Natura 2000-Gebiet (Gebietsbogen mit Angaben zu Lage, Größe, Schutzgebietsanteil usw.; im Gebiet vorkommende Arten und Lebensraumtypen, die nach den EU-Richtlinien zu schützen sind) abrufen.

6.4 Planungen

Mit der Gebietsauswahl und -meldung ist erst die erste Phase der Arbeiten für ein zusammenhängendes europäisches Schutzgebietsnetz abgeschlossen.

Basierend auf den nationalen FFH-Gebietsvorschlägen wählt die Europäische Kommission in der zweiten Phase im Einvernehmen mit dem betreffenden Mitgliedstaat für jede der biogeografischen Regionen die Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung aus. Die gemeldeten Vogelschutzgebiete bestehen sofort und bedürfen keiner weiteren Auswahl durch die Kommission.

Die Mitgliedstaaten müssen die ausgewählten Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung in der dritten Phase mit den nationalen Möglichkeiten schnellstmöglich dauerhaft sichern.

Nach Abschluss der dritten Phase ist regelmäßig über den Erhaltungszustand der Gebiete an die EU zu berichten.

Land Baden-Württemberg	Schutzstatus ³⁾	FFH-Gebiete		Vogelschutzgebiete ¹⁾		NATURA 2000	
		Fläche [ha]	% ⁴⁾	Fläche [ha]	%	Fläche [ha]	%
Fläche [ha] (ohne Bodensee)		Fläche [ha]	% ⁴⁾	Fläche [ha]	%	Fläche [ha]	%
3573616 ha	Insgesamt	230869	6,5	174148	4,9	308760	8,6
	NSG	65786	28,5	37532	21,6	66780	21,6
	LSG	91102	39,5	73229	42,0	119711	38,8
	Naturpark	17774	7,7	19277	11,1	32486	10,5
	Sonstige	56207	24,3	44110	25,3	89783	29,1
Zusätzliche Meldefläche Bodensee		3581		5624		6277	
Meldefläche Baden-Württemberg²⁾		234450		179772		315037	

Erläuterungen:

- 1) Vogelschutzgebiete insgesamt 174148 (4,9 %), davon Überlagerungen mit FFH 96258 ha; es verbleiben 77890 ha reine Vogelschutzgebiete
- 2) Wasserfläche des Bodensees gehört nicht zum Land Baden-Württemberg
- 3) Die Angaben zum Schutzstatus zum Zeitpunkt der Gebietsmeldung
- 4) Prozentualer Anteil an der Landesfläche

Tab. 6: Gebietsmeldung NATURA 2000 in Baden-Württemberg 7/2001

Baden-Württemberg befindet sich noch in der ersten Phase der Umsetzung. Im November 2002 wurde bei dem kontinentalen biogeographischen Seminar der EU-Kommission für zahlreiche Lebensraumtypen und Arten in Baden-Württemberg eine unzureichende Umsetzung der FFH-Richtlinie bestätigt. Für diese Lebensraumtypen und Arten werden zur Zeit weitere Gebiete zur Meldung ausgewählt. Die Auswahl wird der Öffentlichkeit vorgestellt.

Für die weitere Umsetzung von Natura 2000 in Baden-Württemberg erarbeitet die Naturschutzverwaltung für alle Gebiete Pflege- und Entwicklungspläne (PEPL).

7. Landschaftsplanung

Landschaftsplanung, das naturschutzrechtliche Instrumentarium für die Umsetzung des Vorsorgeprinzips, entwickelt für alle Planungsebenen

Baden-Württembergs den ökologischen Orientierungsrahmen für die weitere Entwicklung von Natur und Landschaft sowie für die Sicherung und pflegliche Nutzung der natürlichen Ressourcen. Für etwa 70 % der Städte und Gemeinden des Landes liegen solche Landschaftspläne vor oder sind in Bearbeitung.

Angesichts der im Bundesnaturschutzgesetz neu aufgenommenen Instrumente des Naturschutzes (Biotopverbund, Umweltbeobachtung), der einschlägigen EU-Vorgaben (Natura 2000, Projekt-UVP, Plan- und Programm-UVP, Wasserrahmenrichtlinie) und der bereits vorhandenen Instrumentarien (naturschutzrechtliche Eingriffsregelung, Förderprogramme der Naturschutz- und der Landwirtschaftsverwaltung) ergeben sich wichtige Herausforderungen für die Landschaftsplanung. Mit der Novellierung des Bundesnaturschutzgesetzes wurde die Landschaftsplanung darüber hinaus flächendeckend festgeschrieben und ihre Verbindlichkeit gestärkt.

EU-Nr.	Gebietsname	Fläche [ha]
6418-401	Wachenberg bei Weinheim	22
6422-401	Lappen bei Walldürn	63
6518-401	Bergstraße Dossenheim – Schriesheim	361
6617-401	Ketscher Rheininsel	474
6618-401	Steinbruch Leimen	22
6618-402	Felsenberg	6
6624-401	Jagst mit Seitentälern	829
6717-401	Wagbachniederung	1045
6816-401	Rheinniederung Karlsruhe – Rheinsheim	5114
6915-401	Altrhein Maxau	35
6916-303	Hardtwald nördlich von Karlsruhe	3140
6919-401	Stromberg	10169
7015-401	Bremengrund	77
7016-401	Kälberklamm und Hasenklamm	21
7018-401	Weiherr bei Maulbronn	142
7019-401	Enztal Mühlhausen – Roßwag	197
7021-401	Pleidelsheimer Wiesental mit Altnekar	44
7114-401	Rheinniederung von der Rench- bis zur Murgmündung	3035
7121-401	Unteres Remstal	408
7123-401	Streuobst- und Weinberggebiete zwischen Geradstetten u. Waldhausen	1597
7126-401	Ostalbrauf bei Aalen	554
7127-401	Tierstein mit Hangwald und Egerquelle	3
7216-401	Nordschwarzwald östlich der Murg	4713
7225-401	Albtrauf Heubach	421
7313-401	Rheinniederung Kehl – Helmlingen	2119
7322-401	Grienwiesen und Wernauer Baggerseen	70
7325-401	Albtrauf und Eybtal bei Geislingen	1717
7327-303	Eselsburger Tal	319
7415-401	Nordschwarzwald westlich der Murg	12145
7418-401	Ziegelberg	56
7419-401	Kochhartgraben und Ammertalhänge	45
7420-401	Schönbuch	15350
7422-401	Albtrauf zwischen Pfullingen und Gruibingen	6401
7425-401	Salenberg	27
7512-401	Rheinniederung Nonnenweiher – Kehl	3901
7513-401	Langwald	34
7519-401	Mittlerer Rammert	2747
7527-401	Donauried	2943
7617-401	Brandhalde	10
7624-401	Lautertal auf der Schwäbischen Alb	2776
7624-402	Schmiechener See	73
7712-401	Rheinniederung Sasbach – Wittenweiher	4709
7712-402	Elzniederung zwischen Kenzingen und Rust	1087
7712-403	Johanniterwald	57
7716-401	Schiltachtal bei Schramberg	211
7717-401	Schlichemtal	214
7723-401	Große Lauter auf der Schwäbischen Alb	2871
7814-401	Simonswald – Rohrhardsberg	6103
7820-401	Südwestalb und Oberes Donautal	12254
7911-401	Rheinniederung Breisach – Sasbach mit Limberg	1118
7912-401	Kaiserstuhl	5230
7916-401	Mittlerer Ostschwarzwald	7228
7921-401	Baggerseen Krauchenwies/Zielfingen	752
7923-401	Federseeried	2920
7924-401	Lindenweiher	46
8011-401	Rheinniederung Neuenburg – Breisach	2796
8012-401	Arlesheimersee	23
8017-401	Donautal auf der Baar	1499
8018-401	Höwenegg	21
8022-401	Pfrunger und Burgweiler Ried	2827
8023-401	Altshäuser Weiherr	50
8025-401	Wurzacher Ried	1788
8114-401	Südschwarzwald	18314
8116-401	Wutachschlucht	6697
8211-401	Rheinniederung Haltingen – Neuenburg mit Vorbergzone	1508
8218-401	Hohentwiel/Hohenkrähen	118
8220-401	Untersee des Bodensees	5861
8220-402	Bodanrück	6297
8220-403	Mindelsee	409
8220-404	Überlinger See des Bodensees	2520
8221-401	Salemer Klosterweiher	124
8321-401	Konstanzer Bucht des Bodensees	311
8323-401	Eriskircher Ried	562

Tab. 7: Vogelschutzgebiete in Baden-Württemberg (Quelle: LfU; Stand 2003)

8. Ökokonto

Die naturschutzrechtliche Eingriffsregelung wurde in das Baugesetzbuch übernommen. Die damit eingeführten Prinzipien der räumlichen und zeitlichen Flexibilisierung ermöglichen es den Gemeinden, die Eingriffsregelung in der Bauleitplanung planvoll anzuwenden sowie gemeindegewisse und auch darüber hinaus reichende Ausgleichskonzepte für größere Räume zu entwickeln.

Für diese damit verbundenen Verfahren hat sich der Begriff Ökokonto eingebürgert. Die ersten Einführungen von kommunalen Ökokonten waren 1998; seitdem ist eine leichte jährliche Steigerung festzustellen.

Hilfestellungen aus naturschutzfachlicher Sicht zum Ökokonto zu entwickeln sind Aufgaben der LfU. Deshalb hat die LfU im Frühjahr 2002 gemeinsam mit den kommunalen Landesverbänden und mit externer Unterstützung die Kommunen des Landes zur Einführung und zu ihren Erfahrungen beim Einsatz von Ökokonten befragt.

Die Umfrage erbrachte folgende Ergebnisse:

- Von 1 111 angeschriebenen Gemeinden haben sich 198 beteiligt.
- An der Umfrage nahmen überwiegend Gemeinden teil, die sich bereits mit dem Thema Ökokonto auseinandergesetzt haben: 60, das sind 30 %, besitzen bereits ein Ökokonto und 97 (49 %) haben mit vorbereitenden Arbeiten begonnen. Nur 28 (14 %) beabsichtigten nicht, ein Ökokonto einzuführen.
- Der Vergleich mit der Einwohnergröße zeigt: Der Anteil an Gemeinden, die ein Ökokonto besitzen, steigt mit ihrer Größe.
- Die noch relativ geringe Anzahl an Buchungsvorgängen (überwiegend 1 bis 5) hängt mit der kurzen Laufzeit zusammen.
- Hinsichtlich der Kopplung von Eingriffen und Ausgleichsmaßnahmen

wenden die Gemeinden überwiegend Ökokonten im „eigentlichen Sinne“ an. Bei diesem Modell handelt es sich um vorgezogene Maßnahmen, die ohne Zusammenhang mit aktuellen konkreten Eingriffen eingebucht werden.

- Bei den verwendeten Buchungsformen zeigt sich ein uneinheitliches Bild. Es gibt rein verbal-argumentative Modelle, Punkte- und Wertstufenmodelle und andere (Kombinations-) Modelle.
- Die Gemeinden bewerten die Erfahrungen mit Ökokonten überwiegend positiv. So wurde die Methode als leicht anwendbar und mit einem eher geringen Verwaltungsaufwand verbunden bewertet.
- Spezielle Software findet bei den befragten Gemeinden kaum Anwendung; Aussagen über die Zufriedenheit mit der Software sind daher nicht möglich.
- Ein Defizit wird bei den vorhandenen Informationsmaterialien zu Ökokonten sichtbar. 51 % der Befragten halten sie für nicht ausreichend.
- Das Interesse an dem geplanten Erfahrungsaustausch der LfU ist deutlich erkennbar. Von den Befragten würden sich 50 % daran beteiligen, nur 19 % eher nicht; 30 % sind noch unentschieden.
- Die Ziele und Inhalte des vorgesehenen Erfahrungsaustauschs der LfU bewerten klare Mehrheiten (71 bis 86 %) als wichtig bzw. sehr wichtig. Hierbei sollen sowohl grundlegende Informationen als auch konkrete umsetzungsorientierte Hinweise (z.B. Methoden der Bewertung, der Kontoführung usw.) vermittelt werden.

Aufbauend auf den Ergebnissen dieser Umfrage werden erarbeitet bzw. sind geplant:

- ein edv-gestütztes Ökokonto-Kataster zur Verwaltung von Ausgleichsflächen und -maßnahmen

- ein Internetforum zur Beantwortung häufig gestellter Fragen, zur Diskussion kontroverser Themen und zum beiderseitigen Informationsaustausch
- ein grundsätzliches Bewertungsmodell für die naturschutzrechtliche Eingriffsregelung, das als fachliche Empfehlung auch in der Eingriffsregelung in der Bauleitplanung verwendet werden kann, um vorgezogene Ausgleichsmaßnahmen mit späteren Eingriffen zu verrechnen
- Bewertungslisten aus naturschutzfachlicher Sicht für die einzelnen Schutzgüter bzw. -funktionen
- ein Erfahrungsaustausch und Informations-, Schulungs- und Fortbildungsveranstaltungen.

9. PLENUM

Auf der Grundlage der Welt-Umwelt-Konferenz 1992 in Rio de Janeiro „Global denken – lokal handeln“ strebt PLENUM, ein Projekt des Landes zur Erhaltung und Entwicklung von Natur und Umwelt, unter Einbeziehung der Bevölkerung eine nachhaltige Entwicklung und Stärkung der Regionen an.

Zielsetzung der baden-württembergischen PLENUM-Naturschutzstrategie ist

- die Sicherung und Steigerung der biologischen Vielfalt und
- der Erhalt der landschaftlichen Eigenart ausgewählter Gebiete.

Basierend auf den Erkenntnissen aus Biotopkartierungen, Artenschutzprogrammen und weiteren Naturschutzdaten wurden 19 für den Naturschutz besonders wertvolle, repräsentative Gebiete, die Kerngebiete, abgegrenzt, das sind etwas über 20 % der Landesfläche. Sie entsprechen den charakteristischen, reizvollen Kulturlandschaften Baden-Württembergs (Abb. 8). Gebiet Nr. 7 wurde im Zuge der Fortschreibung der PLENUM-Konzeption gestrichen.

Für jedes dieser Gebiete wurden Naturschutzziele mit einem bestimmten Flächenanspruch definiert. Der Projektphilosophie einer naturverträglichen, nachhaltigen Regionalentwicklung folgend, bestehen neben diesen Naturschutzziele im engeren Sinne auch nutzungsbezogene und integrative Ziele.

Durch Anschubfinanzierungen werden Umstrukturierungen in Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Tourismus und Gewerbe angestoßen, die zu einer nachhaltigen naturverträglicheren Nutzungsweise führen.

Umweltbildungsprojekte sollen Wissen über ökologische Zusammenhänge und PLENUM vermitteln sowie die Akzeptanz des Naturschutzes fördern.

Die PLENUM-Konzeption wurde 1995 bis 2000 im Modellgebiet Isny/Leutkirch erprobt. Die Erfolge dieses Modellprojektes und des ähnlichen Modellprojektes Konstanz haben die Landesregierung überzeugt, die PLENUM-Strategie auf großer Fläche umzusetzen.

Ein PLENUM-Projektgebiet umfasst die von einem oder mehreren Kerngebieten berührten Gemeinden. Darüber hinaus können vorallem unter dem Gesichtspunkt der Produktvermarktung die diesen Gemeinden zugeordneten Mittel- und Oberzentren einbezogen werden.

Die Projektgebiete erhalten vom Land Mittel zur Projektförderung und 70 % der Kosten für das PLENUM-Team. Dieses mehrköpfige Team berät Antragsteller, betreut laufende Projekte und ist die Kommunikationsdrehscheibe für den PLENUM-Prozess im Gebiet. Im PLENUM-Beirat ist die Orts- und Fachkompetenz der wesentlichen regionalen Interessengruppen gebündelt. Seine Mitglieder sprechen Förderempfehlungen aus, regen Projektideen an und fungieren als Multiplikatoren. Themenbezogene Arbeitsgruppen ergänzen die Organisationsform.

Derzeit gibt es fünf vom Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum anerkannte PLENUM-Projektgebiete (Abb. 8):

PLENUM - Gebietskulisse

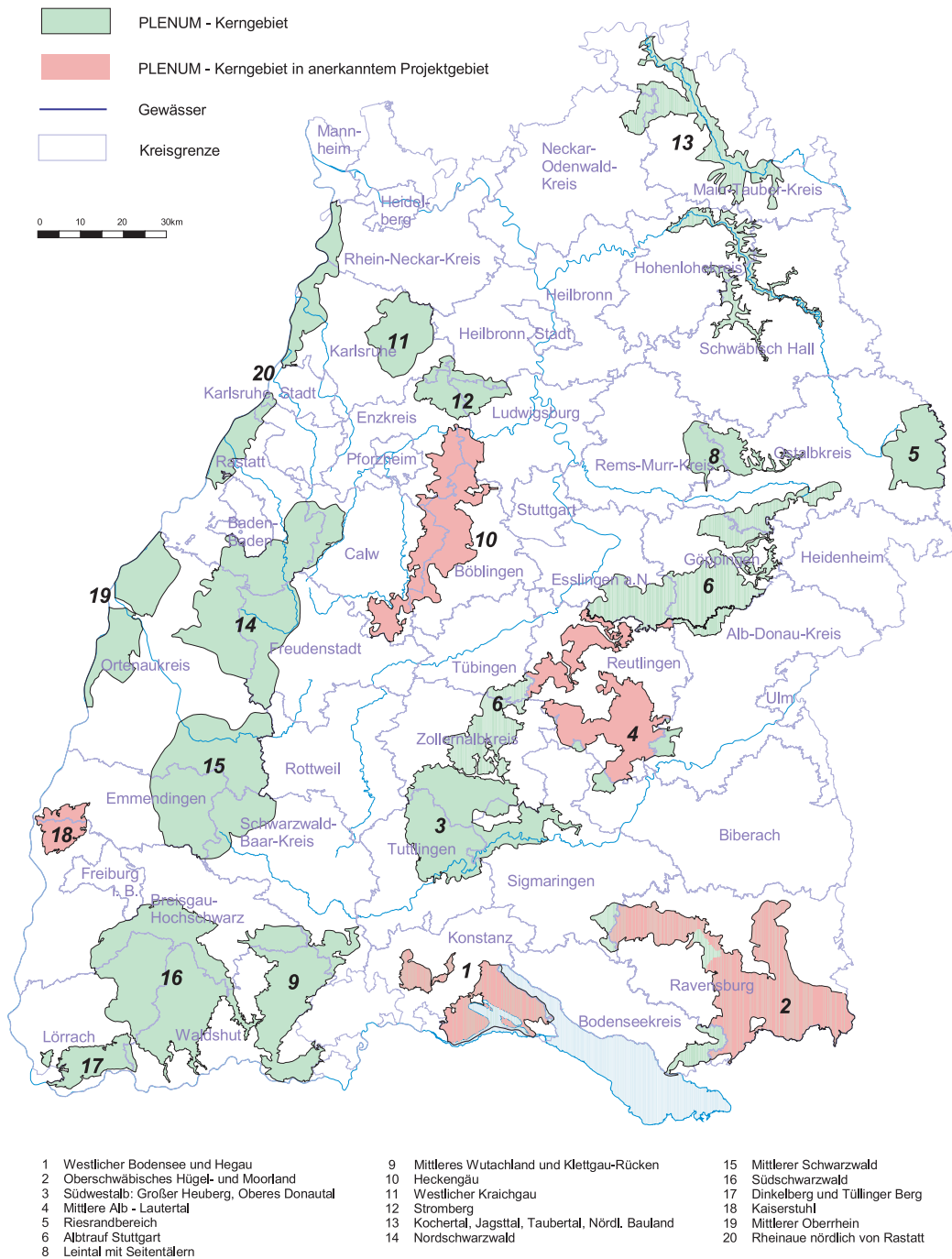


Abb. 8: PLENUM-Gebietskulisse in Baden-Württemberg (Quelle: LfU; Stand 11/2002)

- Allgäu – Oberschwaben
- Westlicher Bodensee
- Kreis Reutlingen
- Naturgarten Kaiserstuhl
- Heckengäu

10. Biotopvernetzung

Ziel des Biotopvernetzungskonzepts ist es, eine vielfältig strukturierte Kultur - und Erholungslandschaft zu erhalten und zu entwickeln. Je nach

Schwerpunkt werden Fragen zur ökologischen Flurnutzung, Offenhaltung der Landschaft, Aufforstung geeigneter Standorte, Vernetzung und Neuanlage von Lebensräumen, Extensivierung und Stilllegung landwirtschaftlicher Nutzflächen behandelt.

Für die Biotopvernetzung hat das Land 1987 bis 2002 rund 44 Mio. Euro Fördermittel ausgegeben. Insgesamt

wurden in 417 Gemeinden Maßnahmen zur Biotopvernetzung oder zur Offenhaltung der Mindestflur durchgeführt. Dabei zeigten sich eine hohe Akzeptanz und große Nachfrage.

11. Ökologische Agrarflurneuordnung

Ein wichtiges Ziel der ökologischen Flurneuordnung ist die Sicherung und Verbesserung der natürlichen

Lebensgrundlagen. Um dieses Ziel zu verwirklichen, verfügt die Flurneuordnung über folgende Möglichkeiten:

- Bodenordnung zur Entflechtung konkurrierender Landnutzungen,
- Vernetzung ökologisch wertvoller Flächen, Grünbestände und Gewässerstrukturen zu Biotopverbundsystemen,
- Unterstützung bei der Ausweisung und Abgrenzung von Biotopflächen, Natur-, Landschafts- und Wasserschutzgebieten.

Jede Flurneuordnung hat auch zum Ziel, die Agrarstruktur zu verbessern und gleichzeitig zur Erhaltung und Gestaltung der Kulturlandschaft beizutragen. Im Wege- und Gewässerplan mit landschaftspflegerischem Begleitplan werden die Belange und Anforderungen von Landwirtschaft und Landschaftsökologie gegeneinander abgewogen. Daraus entsteht ein flächendeckendes, weiträumiges Gesamtgefüge, das den Habitatansprüchen vieler bedrohter Tier- und Pflanzenarten genügt.

Abb. 9 enthält die seit 1995 laufenden Verfahren. Die Bedeutung der ökologischen Zielsetzung wird dabei am hohen Anteil der laufenden Verfahren mit diesen Zielsetzungen am Gesamtbestand der Flurneuordnungsverfahren deutlich. Bei den Verfahren mit ökologischer Zielsetzung werden umfangreiche, eigenständige Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege verwirklicht, um die ökologische Vielfalt der Landschaft zu erhöhen.

Abb. 10 zeigt die 2001 durchgeführten Maßnahmen der Landschaftspflege.

12. Integriertes Rheinprogramm (IRP)

Mit dem Oberrheinausbau in den Jahren 1950 bis 1970 wurden zwischen Markt und Iffezheim zahlreiche

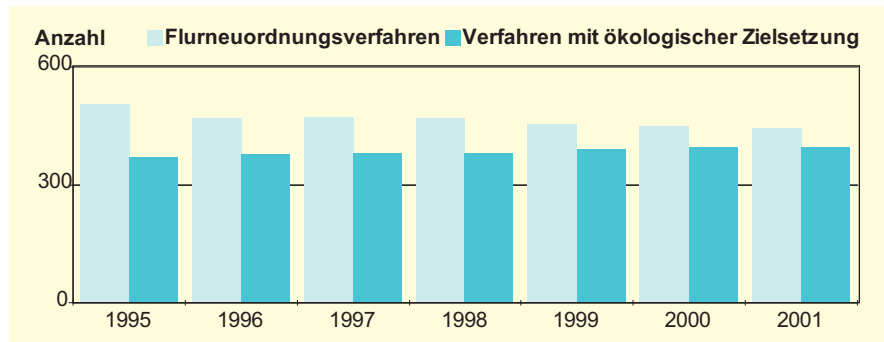


Abb. 9 Anzahl der laufenden Flurneuordnungsverfahren und dabei die Verfahren mit ökologischer Zielsetzung (Quelle: Landesamt für Flurneuordnung und Landentwicklung)

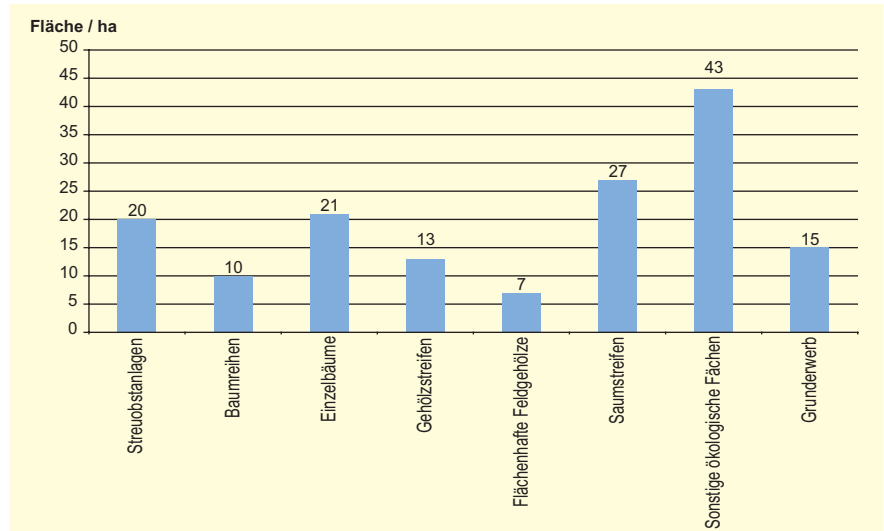


Abb. 10: Landschaftspflegemaßnahmen 2001 (Quelle: Landesamt für Flurneuordnung und Landentwicklung)

Dämme errichtet und rund 130 km² Auengebiete vom Rhein abgeschnitten. Eine Überflutung dieser Flächen im Hochwasserfall ist seitdem nicht mehr möglich. Der veränderte Wasserhaushalt, insbesondere die fehlende Überflutungsdynamik, ließ die in Mitteleuropa einmaligen Auen am Oberrhein weitgehend verschwinden. Gleichzeitig wurde die Hochwassergefahr unterhalb Iffezheim verschärft. Um den früher vorhandenen, rund 200-jährigen Hochwasserschutz wieder herzustellen, wird der Rhein wieder Retentionsflächen erhalten.

Die bisherigen Planungen und Umweltverträglichkeitsuntersuchungen ergeben, dass die wasserwirtschaftlichen Forderungen nicht mehr allein im Vordergrund stehen können. Vielmehr ist es notwendig, die Erhaltung und Renaturierung der autotypischen Verhältnisse entlang des Oberrheins im Rahmen des IRP gleichrangig zu berücksichtigen.

Um dies zu erreichen, hat die Landesregierung am 7.11.1988 das „Integrierte Rheinprogramm“ beschlossen. Das IRP bildet die Grundlage für Entscheidungen sowohl zur Wiederherstellung des Hochwasserschutzes als auch zur dauerhaften Erhaltung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts. Mit dem Rahmenkonzept hat der Ministerrat am 29.1.1996 die Grundlage für die Umsetzung des IRP verabschiedet.

Das Integrierte Rheinprogramm hat zwei Ziele, und zwar:

- die Hochwassersicherheit, die vor dem Ausbau des Oberrheins vorhanden war, auf umweltverträgliche Weise zu garantieren (umweltverträglicher Hochwasserschutz),
- die ökologisch intakte und naturnahe Auenlandschaft wiederherzustellen sowie die noch vorhandenen naturnahen Auenreste zu erhalten (Auenrenaturierung).

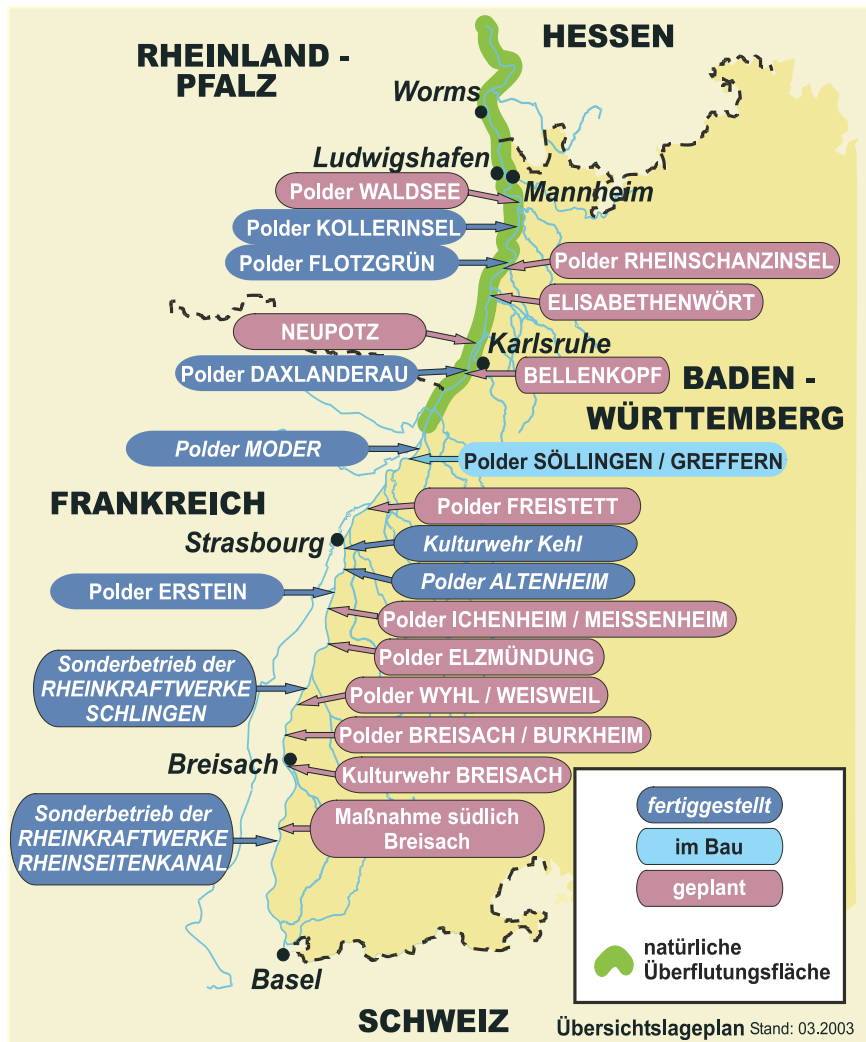


Abb. 11: Bestehende und für den Hochwasserschutz vorgesehene Retentionsräume am Oberrhein (Quelle: LfU, 2003)

Was die ökologische Seite des IRP betrifft, bedarf es, um rheintypische Auenlandschaften wiederherzustellen, naturnaher Überflutungen in möglichst weitgehender Anbindung an die Rheindynamik (ökologische Flutungen) und autotypischer Schwankungen der Grundwasserstände. So entstehen autotypische Biotope, die an Überflutungen angepasst sind und auch eine Hochwasser-Retention weitgehend schadlos überstehen (umweltverträglicher Hochwasserschutz).

Umfangreiche Untersuchungen haben gezeigt: Gegenüber der ursprünglichen, im Wesentlichen auf das Ziel „Hochwasserschutz“ ausgelegten Konzeption von 1982 sind, unter Berücksichtigung naturverträglicher Rahmenbedingungen, 13 statt der ursprünglich geplanten 5 Rückhalteräume nötig, um das Hochwasserschutzziel zu erreichen (Abb. 11).

In den 13 Rückhalteräumen lässt sich der international vereinbarte Hochwasserschutz umweltverträglich sicherstellen, indem die naturverträglichen Rahmenbedingungen eingehalten werden (ökologische Flutungen, fließendes Wasser, Begrenzung der Überflutungshöhe auf naturnahe Werte von 2,5 m über dem mittleren Geländeniveau). Gleichzeitig kann hier die Auenrenaturierung am Oberrhein einen entscheidenden Schritt nach vorn machen.

Der Oberrheinausbau und andere wasserbauliche Maßnahmen haben in der Rheinniederung Nutzungsänderungen und -intensivierungen ermöglicht. Als Folge ging der Großteil der äußerst arten- und strukturreichen Auenlandschaft verloren. Naturnahe Auebiotope sind heute am Oberrhein nur noch nördlich von Iffezheim in wenigen Beständen vorhanden.

Um die beiden Ziele des IRP zu erreichen, soll ein Teil der ehemaligen, heute ausgediechten Aue wieder an den Rhein und seine Hochwasser angeschlossen werden. Dies kann durch Dammrückverlegungen und durch Polder geschehen:

- Dammrückverlegungsgebiete werden bei steigendem Wasserstand im Rhein wie die natürliche Überflutungsau überschwemmt und bieten damit die beste Möglichkeit, um Auen zu renaturieren. Dammrückverlegungen sind jedoch wegen der Stauhaltungen der Kraftwerke entlang der Ausbaustrecke Basel – Iffezheim nicht möglich, sondern nur im Abschnitt von Karlsruhe bis Mannheim.
- Polder werden gezielt über Ein- und Auslassbauwerke geflutet. Um in den Poldern einen umweltverträglichen Hochwasserschutz zu gewährleisten, sollen sie so gebaut und betrieben werden, dass die Flutungsbedingungen einem natürlichen Überflutungsgeschehen möglichst nahekommen. Flutungen der Polder dürfen daher nicht auf jene Hochwasser beschränkt bleiben, die aus Gründen der Hochwassersicherheit eine Retention erforderlich machen. Vielmehr müssen die Polder häufiger, das heißt auch bei kleineren Hochwassern, geflutet werden, damit Vegetation und Tierwelt sich an die neuen Lebensbedingungen anpassen können.

Eine wesentliche Voraussetzung für den umweltverträglichen Betrieb der Polder sind daher ökologische Flutungen. Dabei steuert man die Ein- und Auslassbauwerke so, dass die Polder entsprechend den Abflüssen im Rhein, also auch bei kleineren Hochwassern, geflutet werden. Diese ökologischen Flutungen sind unumgänglich, um den Hochwasserschutz umweltverträglich zu gestalten, da sie mögliche Beeinträchtigungen des Naturhaushalts und Landschaftsbildes durch die Retentionsflutungen vermeiden oder vermindern und die Rückentwicklung der Landschaft zu einer dynamischen Aue ermöglichen.

Von den geplanten Hochwasserrück-

halteräumen sind bisher die beiden Polder Altenheim und der Raum „Kulturwehr Kehl“ realisiert. Dort finden ökologische Flutungen statt; Ergebnisse zu ihren Auswirkungen sind in Abb. 12 dargestellt.

Eine naturnahe, ökologisch intakte Auenlandschaft lässt sich jedoch nicht alleine im Wege eines umweltverträglichen Hochwasserschutzes wiederherstellen. Maßnahmen zum Schutz und zur Renaturierung der Auenlandschaft sind ebenfalls in den zum Überflutungsgebiet des Rheins gehörenden Bereichen sowie in Bereichen, die weiterhin ausgedeicht bleiben werden, geplant.

Das IRP unterstützt auch die Umsetzung internationaler Vereinbarungen zum Naturschutz (z.B. Ramsar-Konvention) und der rechtlichen Vorgaben der EU (EU-Vogelschutzrichtlinie, FFH-Richtlinie).

Wesentliche Maßnahmen zur Umsetzung des ökologischen Teils des IRP sind: Schutz, Renaturierung, naturnahe Entwicklung und begleitende Untersuchungsprogramme.

12.1 Schutz

Ziel ist es, in der Rheinniederung die Reste naturnaher Auenlandschaft verstärkt zu schützen. Für die nördliche Oberrheinniederung ist eine Schutzgebietskonzeption in Teilen bereits umgesetzt worden und wird derzeit fortgeschrieben. Auch für die südliche Oberrheinniederung liegt eine vergleichbare Arbeit vor (Materialien zum IRP, Band 10).

12.2 Renaturierung

Für die Renaturierung ausgewählter Teilbereiche der Landschaft am Oberrhein gibt es verschiedene mögliche Maßnahmen. Die wichtigsten sind:

- In ausgedeichten Bereichen werden Dämme teilweise zurückverlegt und Flächen an die Hochwasser des Rheins angeschlossen.
- In den Auegewässern werden ein naturnahes Abflussregime und die ökologische Durchgängigkeit

wiederhergestellt, indem man Abflusshindernisse beseitigt. Dies sind insbesondere der Leinpfad entlang des Rheinufer sowie Straßen und Wege in der Aue, die das natürliche Ein- und Ausströmen des Wassers bei steigendem bzw. fallendem Wasserstand behindern. Zwischen Iffezheim und Mannheim sind 66 derartige Maßnahmen umgesetzt worden.

- Die Randsenke in der Oberrheinniederung wird teilweise wiedervernässt.
- Nebengewässer des Rheins werden soweit wie möglich wieder in einen naturnahen Zustand überführt.

12.3 Naturnahe Entwicklung

Ein Teil der Landschaft ist durch verschiedene Nutzungen (z.B. Kiesabbaugebiete) irreversibel verändert oder so stark beansprucht, dass er nicht mehr in eine naturnahe Auenlandschaft (z.B. Erholungsschwerpunkte) zurückgeführt werden kann. Soweit es unter heutigen Rahmenbedingungen möglich erscheint, ist beabsichtigt, auch diese Bereiche naturnah zu entwickeln.

12.4 Begleitende Untersuchungsprogramme

Ökologische Untersuchungen begleiten das IRP. Eine davon, das „Untersuchungsprogramm zu den Auswirkungen der ökologischen Flutungen der Poldern Altenheim“, hat die LfU von 1993 bis 1996 in Zusammenarbeit mit der Gewässerdirektion Südlicher Oberrhein/Hochrhein durchgeführt. Bestandteile sind: „Wasserhaushalt“, „Beschaffenheit der oberirdischen Gewässer“, „Beschaffenheit des Grundwassers“, „Pflanzenwelt“, „Tierwelt“ und „Boden“.

Das Untersuchungsprogramm hatte die Ziele:

1. den Beitrag der ökologischen Flutungen zur Auenrenaturierung nachzuweisen,
2. den Beitrag zur Schadensverminderung bei Hochwasserretention und

damit zum umweltverträglichen Hochwasserschutz darzustellen,

3. zu klären, ob es Gründe für eine Besorgnis gegen die ökologischen Flutungen gibt,
4. Empfehlungen zu ihrer Fortführung zu erarbeiten und
5. Schlussfolgerungen für den Betrieb in anderen IRP-Räumen abzuleiten.

Die Ergebnisse sind veröffentlicht (Materialien zum Integrierten Rheinprogramm, Band 9). Sie haben Aussagen zu allen fünf Zielen erbracht.

Auf den von ökologischen Flutungen erreichten Flächen haben sich auentypische Biotop gebildet und auentypische Lebensgemeinschaften angesiedelt (Abb. 12). Die zugehörigen Tier- und Pflanzenarten sind hochwassertolerant und überleben eine naturnahe Überflutung auf Bestandesebene ungefährdet. Einige gefährdete und geschützte Pflanzen- und Tierarten haben in ihren Bestandsdichten zugenommen. Die ökologischen Flutungen haben Auenarten gefördert, die Biotop und Lebensgemeinschaften an Überflutungen angepasst und dadurch die Voraussetzungen geschaffen, dass Retentionsmaßnahmen weitgehend schadfrei verlaufen.

Gründe für eine Besorgnis gegen ökologische Flutungen wurden weder aus hydrologischer noch aus bodenkundlicher Sicht noch im Hinblick auf die Pflanzen- und Tierwelt ermittelt. Weder im Oberflächen- und Grundwasser noch in Böden reichern sich Schadstoffe an. Lokale morphodynamische Erosions- und Sedimentationsprozesse sind auentypische Prozesse und daher ein positiver Beitrag zur Auenrenaturierung. Auch die Bestandszunahmen vieler gefährdeter Arten sind aus Naturschutzgründen positiv zu beurteilen; Rückgänge einzelner nicht auentypischer Arten sind nicht Besorgnis erregend, da diese Arten im Umfeld der Polder und in der Oberrheinregion oft zahlreich und auf großen Flächen vertreten sind.

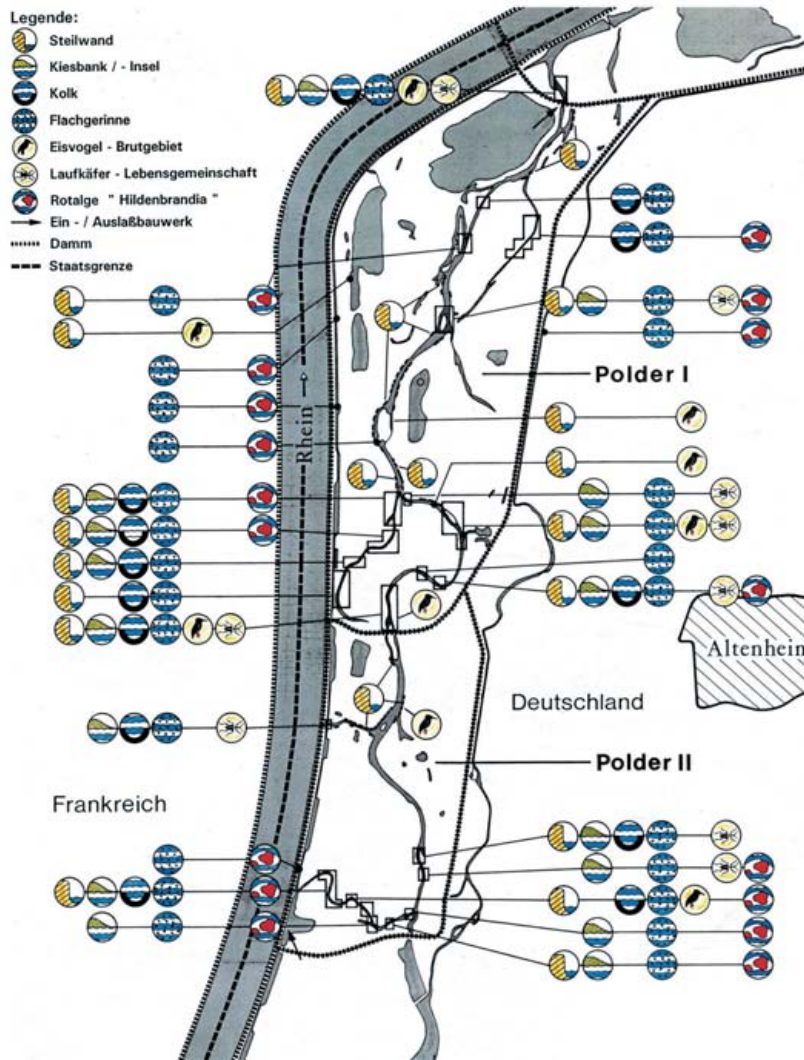


Abb. 12 Auentypische Biotope und ihre Besiedlung nach ökologischen Flutungen in den IRP-Poldern Altenheim (Quelle: LfU; Stand 2003)

Um die erzielten Erfolge dauerhaft zu sichern, gilt es, die ökologischen Flutungen in Abhängigkeit vom Hochwasserregime des Rheins langfristig fortzuführen. Noch bestehende Beschränkungen in der Wasserzuführung sind soweit wie möglich abzubauen. Mit der Beseitigung von Abflusshindernissen wurde begonnen; von einer Fortführung der Maßnahmen ist zu erwarten, dass die Überflutungen noch naturnäher ablaufen.

Das Konzept des umweltverträglichen Hochwasserschutzes mit ökologischen Flutungen lässt sich auch auf andere IRP-Polderräume übertragen; auch hier ist eine Verbindung von Hochwasserschutzmaßnahmen und Auenrenaturierung geboten. Dieses Konzept vermeidet oder vermindert durch Retentionsflutungen hervorge-

rufene Beeinträchtigungen des Naturhaushalts und Landschaftsbildes, wie es die §§ 18, 19 BNatSchG und §§ 10, 11 NatSchG BW vorschreiben. Hochwasserschutzmaßnahmen, die Umweltbelange ausreichend berücksichtigen, sind langfristig auch aus wirtschaftlicher Sicht effektiver als Hochwasserschutzmaßnahmen, die dies nicht tun.

13. Ökologische Umweltbeobachtung

13.1 Das Ökologische Wirkungskataster

In Baden-Württemberg besteht mit dem Ökologischen Wirkungskataster seit 1984 ein landesweites Programm zur biologischen Umweltbeobachtung. Im Rahmen dieses medienübergreifenden Untersuchungsprogramms untersuchen und bewerten Wissenschaftler Art und Ausmaß von Schadstoffwirkungen auf die belebte Umwelt. Angestrebt wird dabei eine landesweite, möglichst flächendeckende Darstellung der Belastung von Ökosystemen, aber auch von einzelnen Belastungsschwerpunkten, durch Schadstoffe. Hierzu werden verschiedene pflanzliche und tierische Organismen als Zeigerorganismen (Bioindikatoren) u.a. auf Schadstoffgehalte, Schadsymptome, Artenvielfalt und Populationsdynamik untersucht (Abb. 13). Aus diesen Ergebnissen lassen sich Aussagen über den Zustand der Umwelt ableiten.

Die Untersuchungen zum Ökologischen Wirkungskataster finden landesweit an ausgewählten Dauerbeobachtungsflächen und Dauerbeobachtungsstellen im Wald, Grünland und in Fließgewässern statt (Abb. 14). Daneben werden auch in Ballungsgebieten und an ausgewählten Belastungsschwerpunkten Erhebungen durchgeführt. Beispiele aus dem Gesamtprogramm werden im Folgenden dargestellt.

Die Ergebnisse aus dem Ökologischen Wirkungskataster fließen zusammen mit Messnetzdaten aus den Medienbereichen Boden, Wasser, Luft, mit Daten aus dem Natur- und Artenschutz sowie mit Klimadaten in die im Aufbau begriffene Ökologische Umweltbeobachtung (ÖUB) in Baden-Württemberg ein.

Infolge von Änderungen von Gesetzen und neuen Fragestellungen, wie z.B. den Auswirkungen einer Klimaveränderung auf die belebte Umwelt, muss die Ökologische Umweltbeobachtung kontinuierlich weiterentwickelt und angepasst werden. Mittel-



Bioindikation in Baden-Württemberg erfasst und bewertet:

- 1 Zustand, Nähr- und Schadstoffgehalte von Waldbäumen (Buche, Tanne, Fichte)
- 2 Nähr- und Schadstoffgehalte von Klon-Fichten-, Gras- und Grünkohlexponaten
- 3 Flechtenvorkommen zur Beschreibung der Luftqualität
- 4 Schadstoffgehalte von Vogeleiern
- 5 Auswirkungen der Versauerung auf Amphibien und deren Laichgewässer
- 6 Bestände und Schadstoffgehalte von Bachforellen im Hinblick auf Gewässerversauerung
- 7 Artenspektren und Zustand wirbelloser Wassertiere (inkl. Biotests)
- 8 Artenspektren und Schadstoffgehalte von Moosen
- 9 Pflanzengesellschaften zur Beschreibung von Wald- und Grünlandstandorten
- 10 Schadstoffgehalte bei Kleinsäugetern
- 11 Artenspektren bzw. Schadstoffgehalte von Schnecken und Käfern
- 12 Artenspektren bzw. Schadstoffgehalte von Bodenlebewesen (Regenwürmer, Springschwänze)

Abb. 13 Bioindikation im Rahmen des Ökologischen Wirkungskatasters Baden-Württemberg (Quelle: LfU)

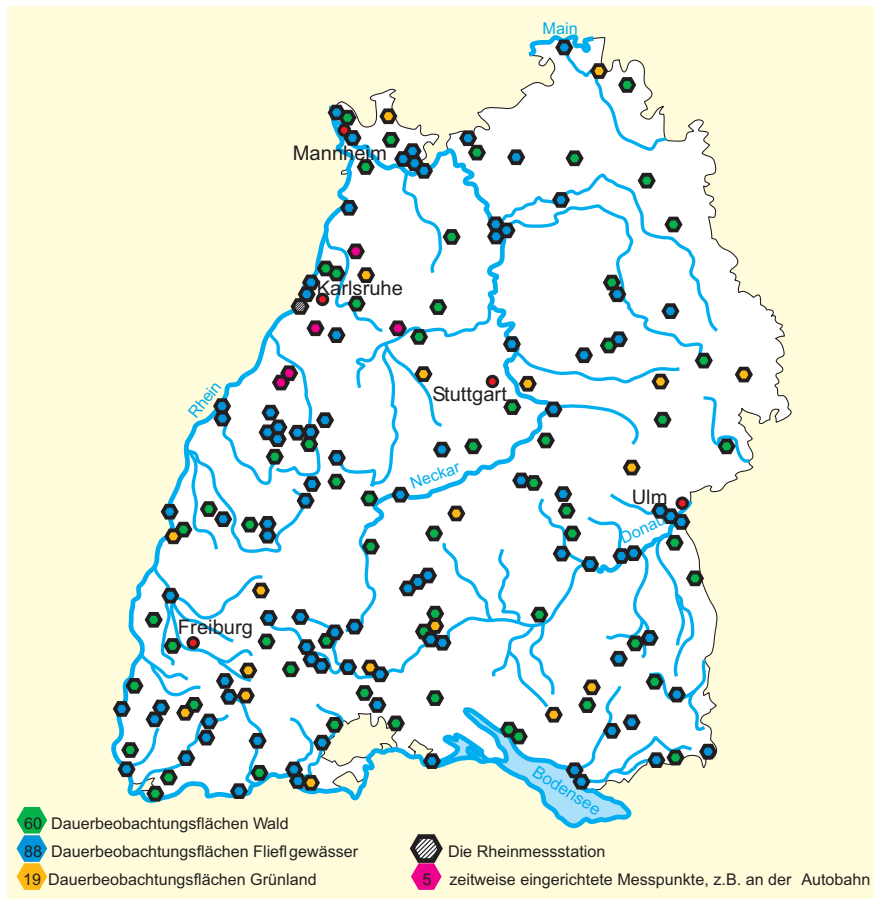


Abb. 14: Messnetze des Ökologischen Wirkungskatasters Baden-Württemberg (Quelle: LfU, 2003)

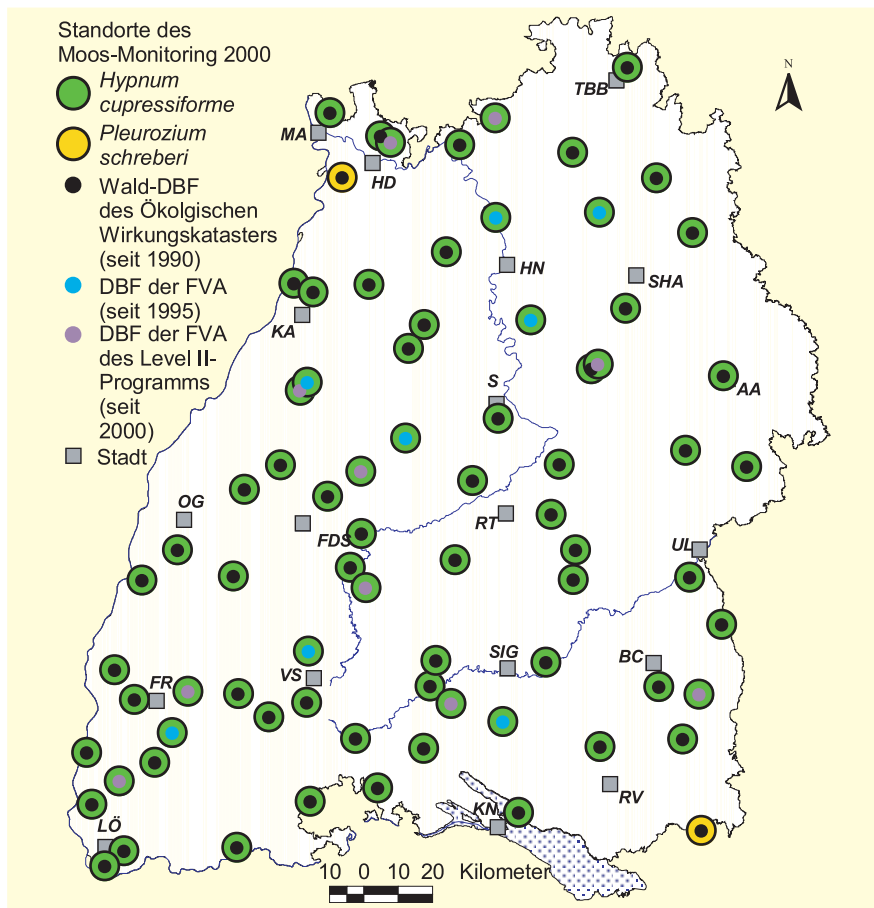


Abb. 15: Standorte des Moos-Monitorings 2000 (Quelle: LfU, 2000)

fristig sollen folgende Schwerpunkte bearbeitet werden:

- Wirkungen von Klimaveränderungen auf die belebte Umwelt
- Anreicherung chemischer Stoffe in der Umwelt
- Wirkungen des Einsatzes neuer Technologien auf die Umwelt.

13.2 Moos-Monitoring

Baden-Württemberg beteiligt sich an dem 1990 vom Umweltbundesamt (UBA) initiierten bundesweiten Moos-Monitoring zur Bestimmung der Schwermetallbelastung terrestrischer Ökosysteme. Die Untersuchungen sind Bestandteil des europaweiten EMEP/ECE-Projektes „Atmospheric Heavy Metal Deposition in Europe – estimations based on moss analysis“. Im Jahr 2000 fand der bisher dritte Durchgang statt. Die Ergebnisse liegen seit Juni 2002 vor.

Ziel des Monitorings ist es, den atmosphärischen Eintrag von Metallen und Schwermetallen in terrestrische Ökosysteme zu ermitteln. Moose eignen sich für diesen Ansatz besonders gut, da sie ihren Nährstoffbedarf ausschließlich durch die Aufnahme über ihre Blattoberflächen direkt aus der Atmosphäre abdecken und nicht über das Boden-Wurzel-System. Moose sind daher nicht von den Nähr- und Schadstoffgehalten im Boden beeinflusst wie die Blütenpflanzen. Die Belastungssituation (Hintergrundbelastung) wird anhand der räumlichen Verteilung der Analyseergebnisse und deren zeitlicher Entwicklungen beschrieben. Aus diesem Grunde werden möglichst emittentenferne Standorte für die Probennahme ausgewählt, wie z.B. die Wald-Dauerbeobachtungsflächen des Ökologischen Wirkungskatasters. Erstmals im Jahr 1990 beprobt, sind sie bis heute Bestandteil des Messnetzes. Letzteres wurde 1995 durch einige Dauerbeobachtungsflächen der Forstlichen Versuchsanstalt Baden-Württemberg verdichtet. Der Zielvorgabe des UBA folgend, wurden 2000 auch die Standorte des Euro-Level II-Programms integriert, so dass beim bisher letzten

Durchgang 78 Standorte im Land beprobt wurden (Abb. 15).

Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, ist eine einheitliche Probenentnahmerichtlinie entwickelt worden, die sich an die so genannten skandinavischen Empfehlungen anlehnt. Folgende 20 Elemente wurden im Moos-Monitoring 2000 analysiert: Aluminium (Al), Arsen (As), Barium (Ba), Calcium (Ca), Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Quecksilber (Hg), Kalium (K), Magnesium (Mg), Mangan (Mn), Natrium (Na), Nickel (Ni), Blei (Pb), Antimon (Sb), Strontium (Sr), Titan (Ti), Vanadium (V) und Zink (Zn). Da die Moose zum Teil ein voneinander abweichendes Anreicherungsverhalten für einzelne Elemente aufweisen, ist bei der Interpretation der Ergebnisse immer zu berücksichtigen, von welcher Moosart am jeweiligen Standort eine Probe genommen wurde.

Es lässt sich für alle an dieser Stelle vorgestellten Elemente eine kontinuierliche Abnahme der Konzentrationen im Pflanzenmaterial feststellen (Abb. 16). Der Rückgang des atmosphärischen Eintrags von Metallen und Schwermetallen ist ein Erfolg der Luftreinhaltspolitik. Die deutlichste Abnahme des Medianwertes im Zeitraum 1990 bis 2000 ist für das Schwermetall Blei zu verzeichnen. Für dieses Element wurde eine Reduktion der Konzentration im Moos von über 60 % festgestellt. Auch die Elemente Arsen, Chrom, Titan und Vanadium zeigen einen Rückgang von rund 50 % an. Für die übrigen Schwermetalle Cadmium, Kupfer, Nickel und Zink konnte eine Abnahme um rund 20 bis 30 % festgestellt werden.

Für das Schwermetall Blei lag 1990 eine flächendeckende Belastung des Landes vor (Abb. 17). Die ubiquitäre Belastung der Umwelt mit Blei war im Wesentlichen auf die Verwendung von Alkyl-Bleiverbindungen als Zusatz zum Benzin zurückzuführen. Der weitaus größte Anteil der Verkehrsemissionen wird über den Ferntransport in emittentenferne Gebiete verfrachtet. Mit der stufenweisen Herabsetzung des Bleigehalts 1972 und 1976 und der Einführung von

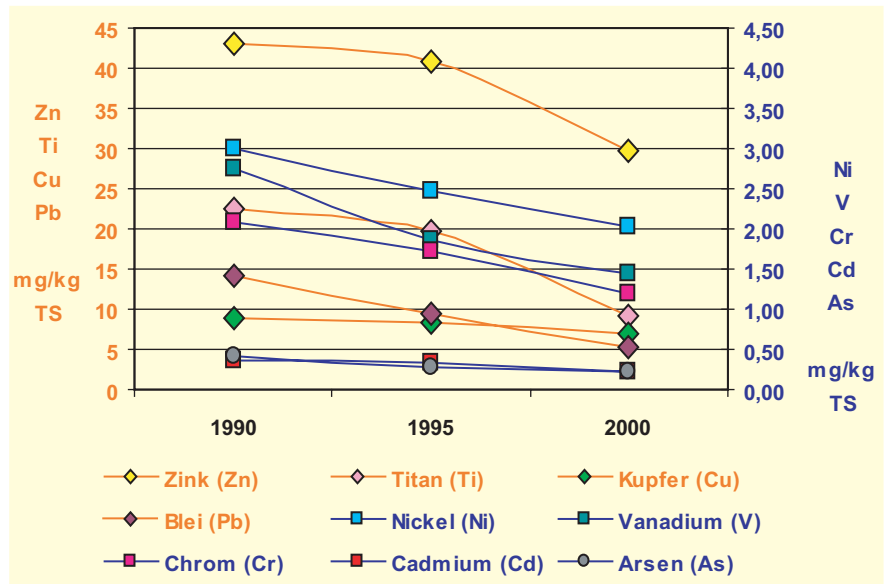


Abb. 16: Schwermetall- und Arsengehalte (Median) in *Hypnum cupressiforme* in Baden-Württemberg (Quelle: LfU; Stand 2000)

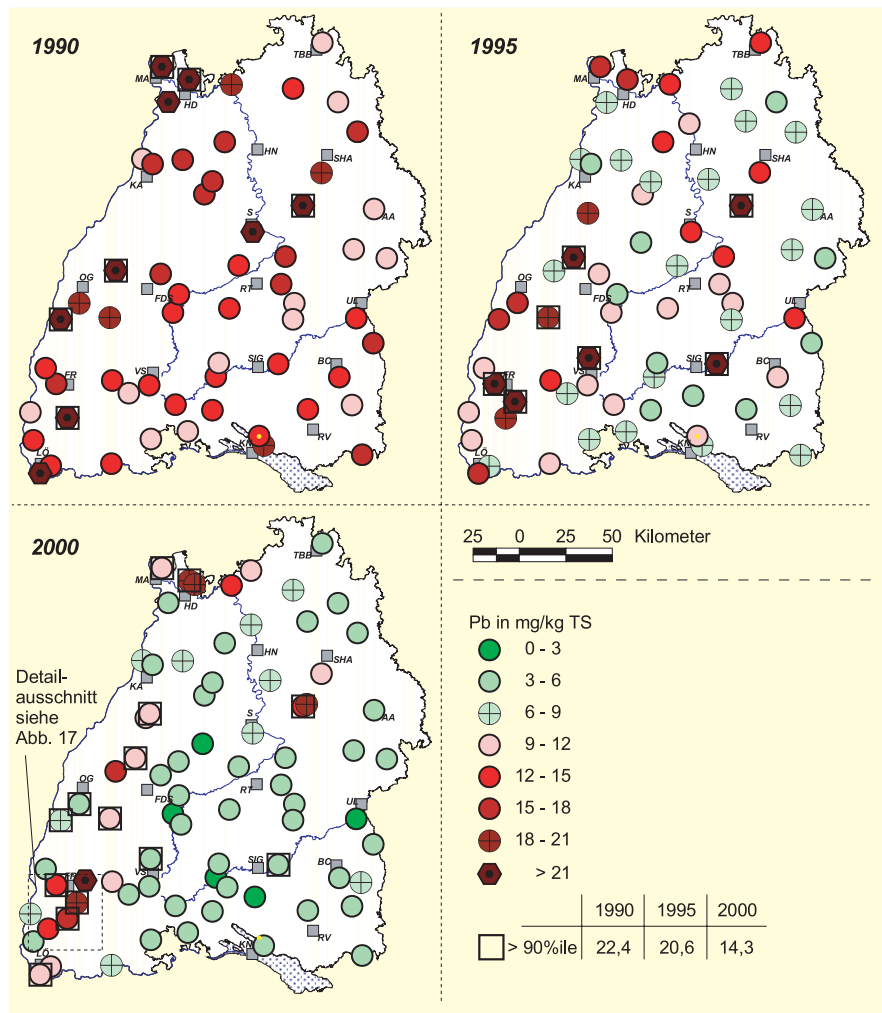


Abb. 17: Darstellung der flächendeckenden Belastung mit Blei in den Jahren 1990, 1998 und 2000 in Baden-Württemberg (Quelle: LfU)

bleifreiem Kraftstoff 1985 sind die Blei-Emissionen landesweit erheblich zurückgegangen.

Auch heute noch sind einzelne Regionen einer vergleichsweise erhöhten Beaufschlagung mit Blei ausgesetzt. Es sind dies die Gebiete im Lee der großen Ballungszentren Ludwigshafen/Mannheim, Straßburg/Kehl, Mülhausen, Basel/Weil am Rhein und Stuttgart, nicht jedoch der Raum Karlsruhe. Anhand eines Detailausschnittes des Raums Südschwarzwald (Abb. 18) wird dieses Phänomen für die Ergebnisse des Moosmonitorings aus dem Jahr 2000 dargestellt. Da die Verbreitung und Deposition von Schadstoffen maßgeblich durch die topografischen und die damit zusammenhängenden meteorologischen Bedingungen beeinflusst werden, sind diese bei der Beurteilung einer solchen Belastungssituation zu berücksichtigen. Die an der Luftmessstation „Schwarzwald-Süd“ ermittelte Windverteilung zeigt deutlich, dass der Raum in dieser Höhenlage von einer Luftströmung aus west-südwestlicher Richtung dominiert wird. Mithin können diese Windverhältnisse auch für die Standorte 805, 410, 980 und 806, die sich in vergleichbarer Höhenlage befinden, angenommen werden. Emissionen aus den Ballungszentren Mülhausen und Basel/Weil am Rhein werden somit in dieses Gebiet verfrachtet und, bedingt durch die sehr hohen Niederschlagsraten, hier abgelagert. Die nasse Deposition stellt gegenüber der trockenen Deposition den weit überwiegenden Anteil an der Gesamtdosition dar. Es erklären sich daraus auch die relativ niedrigen Blei-Konzentrationen im Moos der Standorte 430 und 480. So weist der Standort 480, etwa 20 km vom Standort 410 entfernt, eine Jahresniederschlagsrate von etwa 800 mm auf gegenüber einer Jahresniederschlagsrate von etwa 1900 mm des Standorts 410.

Zu beachten sind ferner Berg-Talwindzirkulationen, die auch zum Verfrachten von Schadstoffen beitragen können. Die Arbeitsgruppe Luftreinhaltung der Universität Stuttgart wies in einem Forschungsprojekt ein ausgeprägtes Berg-Talwindsystem ausgehend vom Dreisamtal durch

das Große Tal bis hinauf in die Gipfelbereiche des Schauinslands nach. Diese Luftströmungen transportieren folglich bereits in der Luft enthaltene Emissionen. Derartig belastete Luft wird somit auch den Moos-Monitoring-Standort 980 zum Teil beeinflussen. Ähnliches ist nördlich des Dreisamtals für den Gipfelbereich des Standorts 806 anzunehmen.

Weitere Quelle für Blei und andere Schwermetalle ist der im Südschwarzwald mit hoher Intensität bis in die 1950er Jahre betriebene Erz-Bergbau. Durch Wind verfrachtete oder durch Wasser abgeschwemmte Partikel von Halden des historischen Bergbaus tragen lokal zu einer Anreicherung von Schwermetallen in natürlichen Ökosystemen bei. Dies gilt insbesondere für den Standort 980 am Schauinsland in etwa 1 km Entfernung zu den dortigen historischen Bergbaustätten.

Geogene Grundgehalte im Boden – in diesem Zusammenhang ist die Verfrachtung von Bodenpartikeln durch Wind gemeint – scheiden hingegen weitgehend als Ursache für die räumliche Belastungsverteilung aus. Aus einem Abgleich des Moosmonitorings mit der Karte der mittleren Bleigehalte in Böden verschiedener Ausgangsgesteine konnte kein Zusammenhang abgeleitet werden.

Ergebnis: Durch das Monitoring mittels des Bioindikators „Moos“ werden wertvolle Ergebnisse zur räumlichen und zeitlichen Entwicklung der Schwermetall-Belastung terrestrischer Ökosysteme gewonnen. Es stellt ein erfolgreiches Kontrollsystem für Luftreinhaltmaßnahmen dar und ermöglicht deutschland- und europaweite Vergleiche. Mit dem Moosmonitoring wurde die deutliche Reduzierung des Schwermetalleintrags in terrestrische Ökosysteme nachgewiesen. In einem nächsten Schritt soll versucht werden, die erzielten Ergebnisse mit Messungen aus dem Bioindikationsmessnetz des Ökologischen Wirkungskatasters in einen räumlichen und zeitlichen Zusammenhang zu stellen.

13.3 Fauna: Belastung und Reaktion

13.3.1 Regenwürmer

Die Böden sind auch Lebensraum für Bodentiere. Unter den Bodentieren, die ständig im Boden einschließlich Laubstreu von Wäldern leben, zählen die Regenwürmer (Lumbriciden) zu den größeren Tieren. Sie erfüllen im Nährstoffkreislauf wichtige ökologische Funktionen. Sie bringen durch ihre Fraßtätigkeit die Laubstreu in den Boden ein und versetzen diese bei der Darmpassage mit Mikroorganismen. Dadurch wird die Streu schneller abgebaut, und die darin enthaltenen Nährstoffe sind leichter verfügbar für weitere, kleinere Bodentiere (Sekundärzersetzer) und Pflanzen. Die Ausscheidungsprodukte sind mit Nährstoffen, insbesondere Phosphor, gegenüber dem Boden um ein Vielfaches angereichert. Sie sind nicht nur als relativ stabile Lösungshaufen (Ton-Humus-Komplexe) auf dem Boden zu finden, sondern auch als Lösungstapete in den Wurmröhren, wo die darin enthaltenen Nährstoffe für Pflanzen besonders gut verfügbar sind.

Wegen ihrer großen Bedeutung für die Ökosysteme werden Regenwürmer als Reaktions- und Akkumulationsindikatoren bereits seit 1984 im Biomonitoringprogramm untersucht. An den 60 Wald-dauerbeobachtungsflächen des Ökologischen Wirkungskatasters wurden erstmals 1985 an 30 und 1986 an den restlichen 30 Dauerbeobachtungsflächen Regenwürmer der Art *Lumbricus rubellus* gesammelt und auf die beiden Schwermetalle Blei (Pb) und Cadmium (Cd) analysiert. 1987/88, 1990/93, 1994 und 2000 wurden diese Untersuchungen wiederholt. Ab 1987/88 wurde das Analysenspektrum erweitert um das Schwermetall Zink (Zn) und ab 1993 um die Schwermetalle Chrom (Cr), Kobalt (Co), Kupfer (Cu), Mangan (Mn), Nickel (Ni), Thallium (Tl), Vanadium (V) und das Metall Aluminium (Al). Ab 1994 ist auch das Schwermetall Quecksilber (Hg) im Untersuchungsprogramm. Das Ziel dieser Untersuchungen ist die Erhebung der derzeitigen Belastungssituation von Regenwürmern und deren Entwicklung.

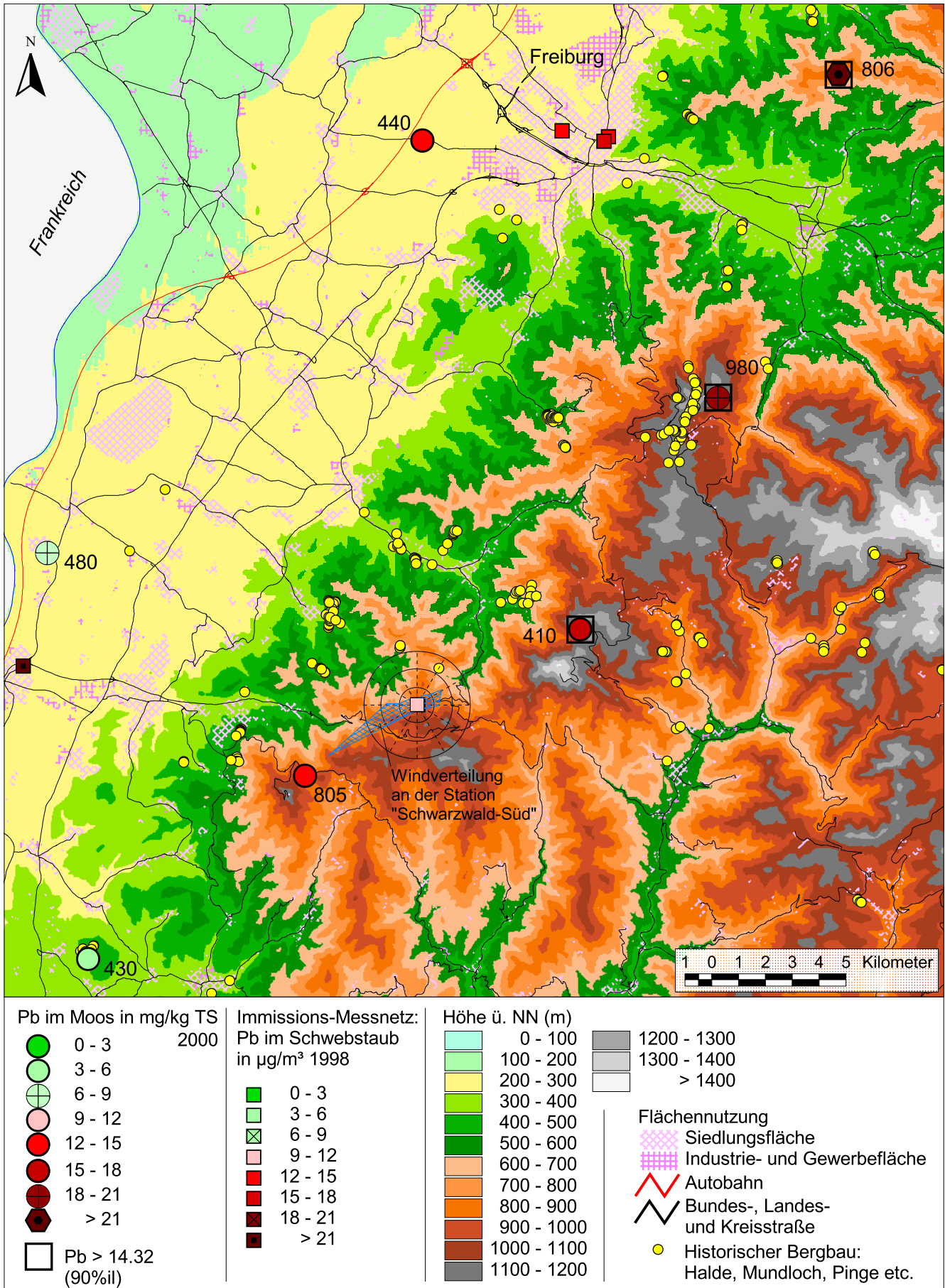


Abb. 18: Belastung mit Blei (Pb) unter Berücksichtigung regionaler Einflussgrößen im Südwesten Baden-Württembergs (Quelle: LfU, Stand 2003)

Stoff	Al	As	Pb	Cd	Cr	Co	Cu	Mn	Ni	Hg	Tl	V	Zn
Median	250	1,0	1,2	3,2	2,7	56	4,5	51	1,8	0,18	0,08	0,87	220
Minimalwert	11	0,3	0,2	0,8	0,8	0,8	3,0	13	0,2	0,07	0,08	0,6	100
Maximalwert	690	2,6	280	10	13	540	13	140	190	0,32	0,24	2,3	510
Schwellenwert	607	1,73	2,00	6,62	4,56	144	6,06	116	2,59	0,32	n.b.	1,38	355

Tab. 8: Ausgewählte statistische Kenngrößen der Schadstoffgehalte in Regenwürmern (49 Flächen; alle Angaben in mg/kg Trockensubstanz) (Quelle: LfU; Stand 2000)

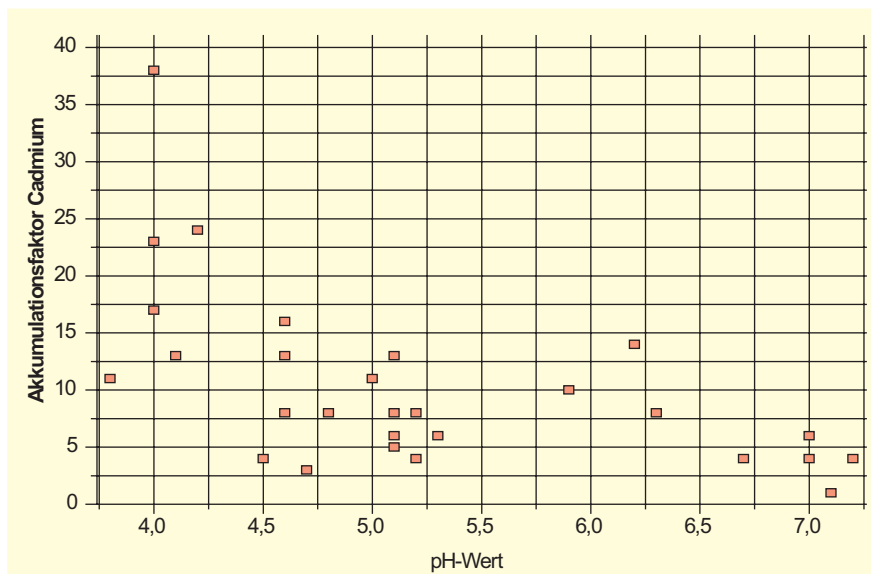


Abb. 19: Die Akkumulation von Cadmium in Regenwürmern in stark sauren Böden (Quelle: LfU; Stand 2000)

Die von der LfU untersuchte Regenwurmart – *Lumbricus rubellus* – gehört zu den Streubewohnern. Sie lebt bevorzugt zwischen den Laubblättern oder Nadeln, solange diese feucht bis nass sind. Dort ernähren sich die Tiere von den abgestorbenen Blättern und Nadeln und nehmen über die Fraßtätigkeit Nährstoffe wie Schadstoffe auf. Auch über seine Haut, die ständig mit dem Bodenwasser und den darin gelösten Stoffen in Kontakt ist, nimmt *Lumbricus rubellus* Nährstoffe und Schadstoffe auf. Wegen des dauerhaften Kontaktes mit dem Boden bzw. Bodenwasser und wegen ihrer Nahrungsquellen kann es in den Regenwürmern zu Anreicherungen von Schadstoffen gegenüber dem Boden kommen. Aus diesem Grund werden Lumbriciden als mögliche Akkumulationsindikatoren für Schadstoffe untersucht.

Aus den Analysen wurden die Hintergrundgehalte der verschiedenen untersuchten Schwermetalle in Regenwürmern ermittelt. Tab. 8 zeigt für alle untersuchten Schwermetalle die Mediane, die Streubreiten der Ge-

halte insgesamt und die Schwellenwerte, bei deren Überschreitung eine auffällige Erhöhung gegenüber dem Normalbereich vorliegt.

Von einer Akkumulation oder Anreicherung von Schadstoffen in Tieren spricht man, wenn das Verhältnis der Gehalte in den Tieren zu den Gehalten im Boden größer als 1 ist. Eine Akkumulation von Schwermetallen in Regenwürmern konnte bei Cadmium und Zink in 98 %, bei Kupfer in 16 %, bei Blei in 4 % und bei Aluminium in 0 % aller Standorte festgestellt werden.

Die Faktorenanalyse ergab, dass die Höhe der Bioverfügbarkeit von Schwermetallen weniger durch die Gesamtgehalte oder die mobilen Anteile im Boden bestimmt wird als vielmehr durch den Boden-pH. Nur in stark versauerten Böden sind Regenwürmer als Indikatoren für Bodenbelastungen geeignet. Dies zeigt sich am Beispiel der Akkumulationsfaktoren für das Element Cadmium (Abb. 19).

Eine Bewertung von Bodenbelastungen ist auch möglich anhand von Toxizitätsdaten, die an Regenwürmern ermittelt wurden, und anhand von Hintergrundgehalten in Böden. Da die Metallgehalte im Oberboden der Dauerbeobachtungsflächen bekannt waren, konnten sie mit Hilfe einheitlicher Kriterien bewertet werden. Die nachfolgend genannten Bewertungskriterien wurden herangezogen:

- Als Hintergrundwert wurde für jedes Schwermetall der Mittelwert des jeweiligen bodenbildenden Ausgangsgesteins zugrunde gelegt (vernachlässigbare Belastung).
- Als weiteres Kriterium diente die höchste Konzentration, die bei lange Zeit anhaltender Einwirkungsdauer gerade noch keine toxische Reaktion hervorruft. Diese Konzentration entspricht der chronischen Wirkungsschwelle (tolerierbare Belastung).
- Bei sehr hohen Belastungen schließlich wurde die Konzentration, bei der nach kurzzeitiger Einwirkung die Hälfte der Tiere abstirbt, als Vergleichsmaßstab herangezogen (50-prozentige Mortalität: extreme Belastung).

Bei der Bewertung der Wirkung eines Stoffes ist seine Mobilität, die einen sehr großen Einfluss auf seine Bioverfügbarkeit und Toxizität hat, zu berücksichtigen. Die Mobilität der Metalle wurde als Verhältnis des mobilen Gehalts zum Gesamtgehalt definiert. Die Mobilität ist von vielen Faktoren abhängig und schwankt in einem weiten Bereich. Der mobile Gehalt ist als Ammoniumnitrat-Extrakt für eine Reihe von Metallen gemessen worden. Für Kupfer ergab sich eine mittlere Mobilität von 0,5 % (0,03-1,65 %), für Blei 3 % (0,005-24 %), für Zink 4 % (0,05-33 %) und für Cadmium 30 % (0,3-88 %).

Die ökotoxikologische Bewertung der mobilen Schwermetallgehalte anhand von Daten zur Empfindlichkeit von Regenwürmern ergab, dass die Schwermetallbelastung sämtlicher Dauerbeobachtungsflächen im Hintergrund- bzw. Vorsorgebereich

liegt und die Wirkungsschwellen fast ausnahmslos deutlich unterschreitet (vernachlässigbare bis tolerierbare Belastung; Beispiel: Abb. 20).

Die Langzeitreihenuntersuchung seit 1985 zeigt noch ein anderes Ergebnis: Die mittleren Schadstoffgehalte (Mediane) von Blei und Cadmium in Regenwürmern sind im Laufe des Untersuchungszeitraums kontinuierlich zurückgegangen (Abb. 21). Dies weist auf eine Verbesserung der Umweltsituation für Bodentiere hin.

13.3.2 Springschwänze

Eine andere Reaktion auf Belastung durch ungünstige Umweltbedingungen oder widrige Umwelteinflüsse ist das Verschwinden empfindlich reagierender Arten aus dem Gesellschaftsgefüge der Bodentiere. Das Fehlen einer Art kann naturgemäß nicht gemessen werden, wenn man nicht weiß, ob diese Art zu einem früheren Zeitraum an dem Standort vorhanden war. Langjährige Zeitreihenuntersuchungen wie die bodenbiologischen Untersuchungen an den Standorten des Ökologischen Wirkungskatasters geben aber Aufschluss über Veränderungen des Artengefüges.

Das Fehlen einer oder mehrerer Arten lässt sich näherungsweise mit einer gründlichen bodenkundlichen Standortkenntnis und einem statistischen Verfahren ermitteln. Dazu werden Artvorkommen von Springschwänzen (*Collembola*) der langjährigen Messreihen an den Wald-Dauerbeobachtungsflächen (DBF) des Ökologischen Wirkungskatasters in Beziehung gesetzt zu bestimmten Bodenkenngrößen wie Bodenart, Humusgehalt u.a., um daraus die Lebensraumbedingungen der verschiedenen Arten abzuleiten. Davon ausgehend, dass gleiche Bodenverhältnisse an räumlich verschiedenen Standorten auch das Vorhandensein gleicher Artenzusammensetzung wahrscheinlich sein lässt, konnten über das Fehlen von Arten (Fehlarten) besondere Belastungssituationen ermittelt werden.

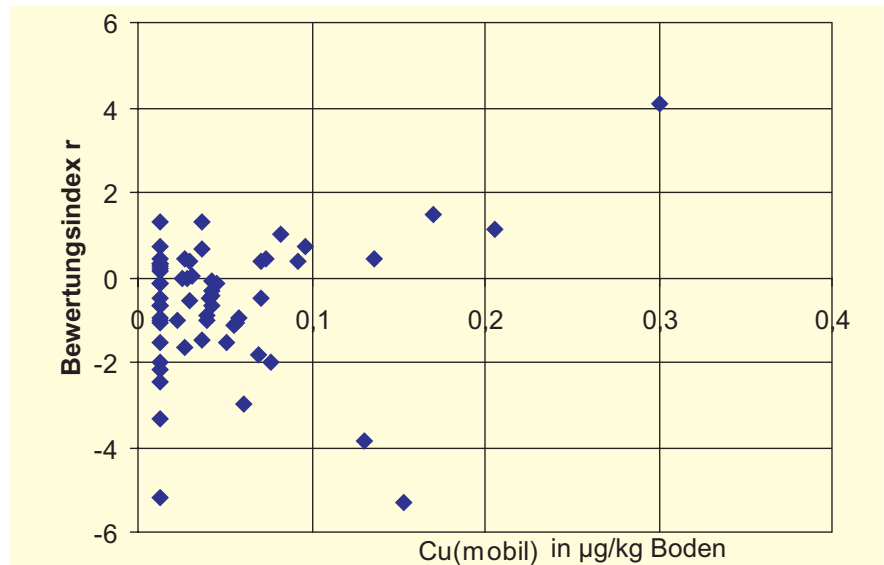


Abb. 20: Der Bewertungsindex r für die Kupferbelastung der 60 Boden-Dauerbeobachtungsflächen, abhängig vom Gehalt an mobilem Kupfer (Ein r -Wert von 0 oder kleiner entspricht einer vernachlässigbaren Belastung, ein r -Wert von 4 entspricht einer tolerierbaren Belastung) (Quelle: LfU; Stand 2000)

Die Wald-Dauerbeobachtungsflächen des Ökologischen Wirkungskatasters wurden bewertet und klassifiziert in die Belastungsstufen „belastet“, „kritisch“ und „unbelastet“. An keinem Standort des Ökologischen Wirkungskatasters hat im Zeitraum 1987 bis 1997 eine Verschlechterung der Artenzahl von Springschwänzen stattgefunden. Von den 14 „belasteten“ Flächen 1987 ist bis 1997 die Hälfte in den kritischen Bereich übergegangen; 2 Standorte haben sich in dem Zeitraum sogar bis in den „unbelasteten“ Zustand verbessert. Auch an den 5 weiterhin „belasteten“ Flächen hat die

Zahl der Fehlarten mit einer Ausnahme abgenommen. Bei allen Standorten, die 1987 als kritisch eingestuft worden waren, konnte 10 Jahre nach der ersten Untersuchung eine grundsätzliche Verbesserung und bei mehr als der Hälfte aller Flächen eine Verbesserung sogar bis in den „unbelasteten“ Zustand festgestellt werden. Die Artenzahl der im Boden lebenden Springschwänze hat sich innerhalb von 10 Jahren auf fast allen Wald-Dauerbeobachtungsflächen des Ökologischen Wirkungskatasters erhöht, was eine deutliche Verbesserung der Umweltsituation bedeutet.

13.3.3 Bachforellen

Bei der Einrichtung des Ökologischen Wirkungskatasters im Jahr 1983 waren schädliche Auswirkungen von Umwelteinflüssen in den Stillgewässern und Fließgewässern mancher Regionen des Landes zu beobachten. Der Laich und die Larven von Amphibien, ebenso wie auch die Eier von Fischen und die Jungbrut, wiesen starke Schädigungen in Form von Gewebeveränderungen und Wuchsanomalien auf. Und die Bestandsdichten von Bachforellen in manchen Bächen waren alarmierend niedrig, einige Bäche sogar ohne Bachforellen.

Die LfU untersuchte an den 39 Fließgewässer-Dauerbeobachtungsflächen des Ökologischen Wirkungskata-

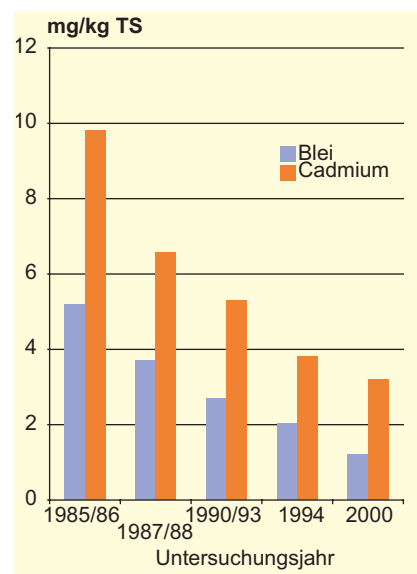


Abb. 21: Medianwerte an Blei und Cadmium in Regenwürmern (Quelle: LfU)

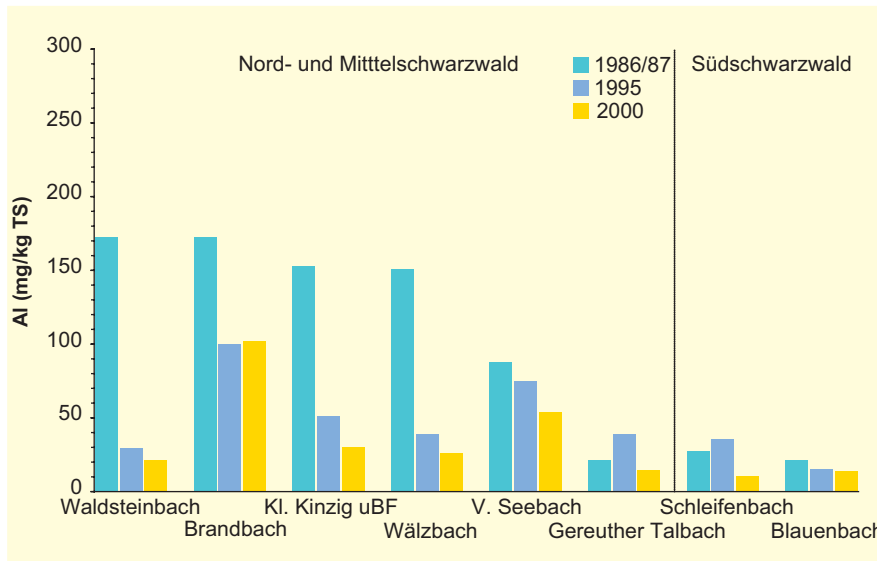


Abb. 22: Aluminiumgehalte in Fischlebern von Bachforellen aus Schwarzwaldbächen von 1986/87 bis 2000 (Quelle: LfU; Stand 2000)

tasters den Säurezustand (pH-Wert) der Gewässer, verschiedene limnochemische Parameter und einige Schwermetalle im Wasser. Bei der Fischfauna wurden der Altersaufbau der Fischpopulationen sowie Anzahl, Größe und Gewicht aller Fische innerhalb einer bestimmten Fließgewässerstrecke ermittelt. Außerdem wurden die Lebern größerer Fische auf Schwermetalle und Aluminium analysiert (Abb. 22).

Die Messergebnisse von 1986/87 zeigten in bestimmten Bächen des Nordschwarzwalds und des Odenwalds zum Teil sehr niedrige pH-Werte, begleitet von signifikant erhöhten

Gehalten des besonders fischtoxischen Aluminiums. Die Populationen der Bachforellen insbesondere im Odenwald und Schwarzwald zeigten auffällige Störungen im Altersaufbau (Abb. 23). Dadurch war das Überleben der Fischpopulation mittel- bis langfristig gefährdet.

Bei der Suche nach den Wirkungszusammenhängen fiel die regionale Übereinstimmung von Schäden an Gewässerorganismen (Amphibien und Fischen) und Böden mit einer geringen Pufferkapazität gegenüber Säuren im Einzugsgebiet der Bäche auf. Offensichtlich überforderten die sauren Niederschläge in den 80er

Jahren die Pufferkapazität vieler Böden gegenüber Säureeinträgen.

Die biologischen und gewässerchemischen Untersuchungen im Rahmen der Biologischen Umweltbeobachtung wurden in den Folgejahren an den Fließgewässern fortgeführt.

Die positiven Auswirkungen der Maßnahmen zur Luftreinhaltung zeigten sich 2003 auch in den Gewässerabschnitten des Ökologischen Wirkungskatasters. Die gewässerchemischen Untersuchungen dokumentieren einen Rückgang der kritischen Säurezustände bei Schneeschmelze und nach Starkregen, teilweise sogar ein Ausbleiben von Ereignissen mit sehr stark saurem pH-Wert im Wasser, und einen sehr deutlichen Rückgang metallischer Schadstoffe an den Bächen, an denen es in den 80er Jahren noch weit überdurchschnittlich hohe Gehalte gab. Bei den Fischuntersuchungen konnten sowohl eine Zunahme der Besiedlungsdichten als auch eine Verbesserung des Altersaufbaus der Populationen festgestellt werden (Abb. 23).

Die Schadstoffbelastung der Fischlebern mit Aluminium ist allgemein zurückgegangen und hat in den ehemals stark belasteten Gewässern des Odenwalds und des Schwarzwalds sogar sehr deutlich abgenommen (Abb. 22).

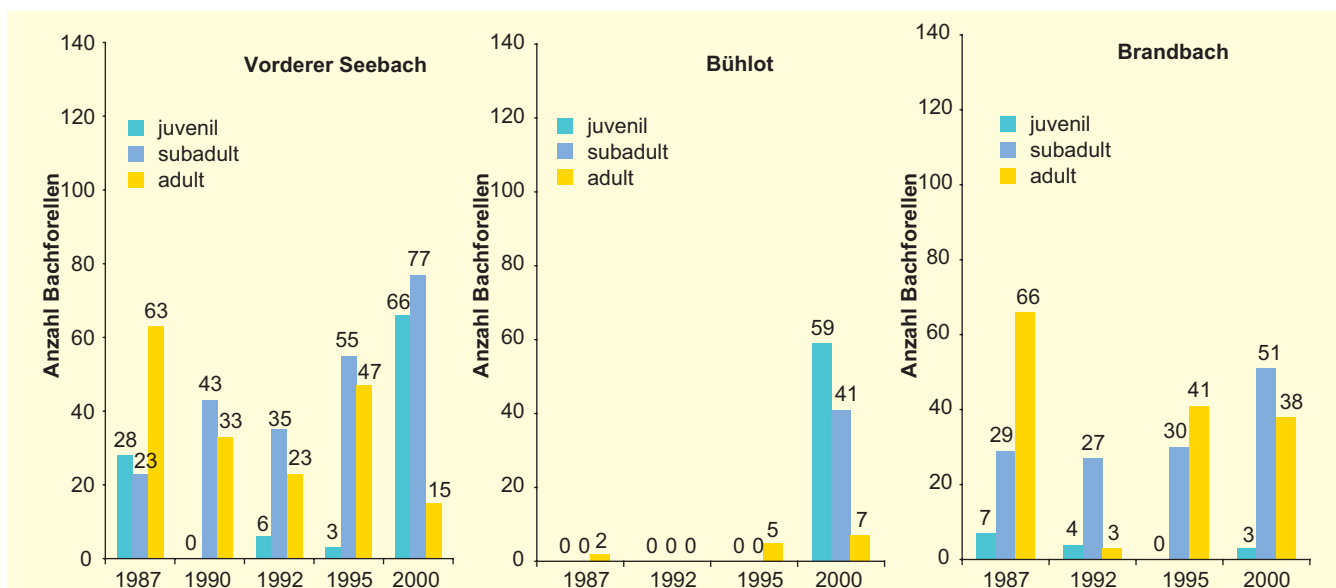


Abb. 23: Gesamtbewertung des Zustands der Bachforellenpopulationen an den Dauerbeobachtungsflächen seit 1984 (Quelle: LfU)

Gewässer	Befischungen (Beprobungsjahre)	Bachforellendichte	Populationsstruktur	Trend
Badmühlenbach	84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00	∞ ∞ ∞ ∞		
Blauenbach	84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00	∞ ∞ ∞ ∞		
Brandbach	84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00	∞ ∞ ∞		
Gereuther Talbach	84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00	∞ ∞ ∞		
Rappengrund	84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00	∞ ∞		
Schleifenbach	84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00	∞ ∞		
Waldsteinbach	84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00	∞ ∞ ∞		
Bärenbach	84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00	∞ ∞		
Bühlot	84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00	∞ ∞ ∞		
Kleine Kinzig Oberer Abschnitt	84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00	< ∞		
Kleine Kinzig mittlerer Abschnitt	84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00	∞ ∞ ∞		
Kleine Kinzig unterer Abschnitt	84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00	∞ ∞		
Stüblesgrund	84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00	∞ ∞ ∞ ∞		
Steinbach	84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00	< ∞		
Vorderer Seebach	84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00	∞ ∞ ∞		
Wälzbach	84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00	∞ ∞		
Fischbach	84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00	∞ ∞ ∞ ∞		
Eisenbacher Tobel	84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00	∞		
Kohlstattbrunnen bach	84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00	∞ ∞ ∞ ∞		
Geißgurgelbach	84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00	< ∞		

Erläuterungen zur Abbildung 23

Abb. 23 zeigt eine Gesamtbewertung der Entwicklung der Bachforellen-Populationen aller untersuchten Gewässer aus dem Jahr 2000. Die roten Zahlen in der Spalte *Befischungen* zeigen die Jahre an, in denen eine Untersuchung an dem Bach stattgefunden hat. Die Symbole der *Bachforellendichte* klassifizieren die Zahl von Bachforellen pro 100 m Bachlänge bei durchschnittlich 1 m Bachbreite. *Ein Kreis* bedeutet 5-10 Tiere, *2 Kreise* gleich 10-30 Tiere, *3 Kreise* gleich 30-80 und *4 Kreise* mehr als 80 Tiere (Jungfische und ausgewachsene Forellen). Es bedeuten: *eine rote und eine schwarze Forelle* = eine beeinträchtigte Populationsstruktur, bei der Jungfische fehlen oder unterrepräsentiert sind; *zwei rote Forellen* = eine gestörte Fischpopulation, die stark überaltert ist; *zwei schwarze Forellen* = eine normale Populationsstruktur, bei der alle Altersklassen vorhanden sind und die von ein- und zweiseimrigen Bachforellen zahlenmäßig dominiert wird. Die Pfeile in der Spalte *Trend* symbolisieren die Bewertung des Trends. Es bedeuten: ein *grüner Pfeil* schräg nach oben = eine Verbesserung der Besiedlungsdichte und der Populationsstruktur gegenüber früheren Untersuchungen; ein *Pfeil senkrecht nach oben* = eine deutliche Verbesserung; ein *waagerechter Pfeil* = keine Veränderung und ein *roter Pfeil* = eine Verschlechterung. Ein *gelber Punkt* bedeutet, dass die Zahl der gefangenen Fische zu niedrig ist für eine Trendaussage.

Abb. 24: Gesamtbewertung der Entwicklung der Bachforellenpopulationen zwischen 1986 und 2000 (Quelle: LfU)



Abb. 25: Der Rhein und die Rheingüte-Messstation Karlsruhe (Foto: LfU)

Infolge dieser Verbesserung hat die Gesamtzahl der Forellen in den Fließgewässern in den vergangenen Jahren durchweg zugenommen und sich der Altersaufbau verbessert (Abb. 23). Dennoch bleiben einzelne Gewässer in einem kritischen Zustand und werden weiter beobachtet (Abb. 24).

13.4 Rheinüberwachung mit Biotests

Als Folge des Großbrands im Chemiewerk der Sandoz AG im Basler Vorort Schweizerhalle am 1. November 1986 sind auf den Wunsch der Umweltminister der Rheinanliegerstaaten nach einer zeitlich lückenlosen biologischen Überwachung weitere Messstationen und Messeinrichtungen entlang des Rheins installiert worden (Abb. 25). Mit einer so genannten „Testbatterie“ aus kontinuierlichen Biotestverfahren, die verschiedene trophische Ebenen (Produzenten, Primär- und Sekundärkonsumenten sowie Destruenten) abdecken, werden im Sinne eines biologischen Frühwarnsystems im permanenten Durchflussbetrieb biologische Effekte und Wirkungen von Stoßbelastungen gemessen, um unerlaubten Einleitungen rechtzeitig auf die Spur zu kommen. In Deutschland werden, im Rahmen des Internationalen Warn- und Alarmdienstes Rhein und der Alarmdienste anderer Flusssysteme, mehr als 50 dieser Überwachungssysteme eingesetzt (Abb. 26).

In der seit 1988 von der LfU betriebenen Rheingüte-Messstation Karlsruhe (Abb. 25) sind der DF-Algentest und das bbe-Daphnientoximeter

zur Frühwarnung online geschaltet. Der DF-Algentest ist in der Lage, Herbizide mit hoher Empfindlichkeit zu detektieren, z. B. Atrazin mit $3 \mu\text{g/l}$ und Terbutylazin mit $1 \mu\text{g/l}$. Der Alarmstatus des bbe-Daphnientoximeters wird mit Ampelfarben als Signal und in den Messwertdiagrammen dargestellt. Chemikaliengtests im biologischen Labor ergaben eine stoffspezifisch sehr unterschiedliche Sensitivität der Daphnien. Am wirksamsten für diese Krebstiere sind Insektizide wie Lindan mit $30 \mu\text{g/l}$ und Trichlorfon mit $2 \mu\text{g/l}$ (Wirkungsschwellen). Im Rhein muss zusätzlich mit einer additiven Wirkung vieler toxischer Einzelsubstanzen gerechnet werden, die durch die eingesetzten Biotests erfasst werden kann.

Alarmmeldungen der Geräte leitet ein Stationsnetzwerk-Serverrechner per SMS auf ein Alarmhandy und per E-Mail an verschiedene Mitarbeiter der LfU weiter, so dass eine unmittelbare Umsetzung des Alarms, gegebenenfalls nach weiterer Absicherung durch die chemische Analytik, gewährleistet ist.

Die Zentrale steuert die Geräte mittels Fernsteuerungs-Software PC-Anywhere unmittelbar an und betreut sie in begrenztem Umfang fern. Alarmstatus, Datendarstellung und ein Livebild der Wasserflöhe lassen sich jederzeit, auch mobil, über Cardphone online, visualisieren. Eine an der Station angebrachte Webcam erlaubt gleichzeitig den Blick auf den Rhein, um grobe Verunreinigungen (z. B. Schaumbildung) oder die Hochwassersituationen zu beurteilen.

Die Messstation Karlsruhe verfügt über die fortschrittlichsten Biotestgeräte zur kontinuierlichen Gewässerüberwachung. Sie gehört zu den modernsten Stationen in Deutschland.

Nicht zuletzt der wirkungsvollen Gewässerüberwachung ist es zu verdanken, dass die Anzahl der im Rhein mittels Biotestalarmen aufgedeckten Wasserbelastungen in den vergangenen 10 Jahren erheblich zurückgegangen ist. Waren Mitte der 90er Jahre noch mehrere Alarme pro Jahr, insbesondere unterhalb großer Industriebetriebe, gemeldet worden, so blieben 2001 und 2002 die Stoffkonzentrationen im Rhein ganzjährig unterhalb der beschriebenen Detektionsschwellen.

Dem Einsatz des Online-Biomonitorings wird für den Gewässerschutz, insbesondere auch in der Emissionskontrolle und zum Aufzeigen von Trinkwasserbelastungen, für die Zukunft international hohe Bedeutung beigemessen.

13.5 Ökotoxikologische Belastung von Fließgewässersedimenten

Die Sedimente bilden den Grund der Gewässer. Sie bestehen überwiegend aus Erdreich, Sanden, Mineralien und Biomasse. Sedimente sind Speicherspeicher und Lebensraum zugleich. Aus Industrie, Gewerbe und Haushalten werden Stoffe mit unerwünschten, also schädlichen Wirkungen für die Umwelt in die Gewässer eingetragen. Viele dieser Schadstoffe reichern sich in den Gewässersedimenten



KONTINUIERLICHE BIOTESTVERFAHREN IN DEUTSCHLAND

© Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Juli 2003

- Einzugsgebiet RHEIN
- Einzugsgebiet ELBE
- Einzugsgebiet DONAU
- Sonstige Fließgewässer

- Leuchtbakterientest (1)
- DF-Algentest (4)
- bbe Algentoximeter (8)
- Dynamischer Daphnientest (10)
- bbe Daphnientoximeter (9)
(2 = zweikanalig)
- Dreissena Monitor (11)
- bbe Verhaltensfischtest (1)

() = Einsatz im Routinebetrieb wird derzeit getestet

SUMME: 44

Abb. 26: Biotestverfahren in Deutschland (Quelle: LfU, 2003)

Biologische Testverfahren	Erfasste Wirkung
Leuchtbakterien- ^{1,2} , Algen- ^{1,2} , Daphnien- ^{1,2} , Chironomidentest ³	Toxizität
umu-Test ^{1,2} , Comet Assay ^{1,2}	Gentoxizität
hER-Screen ⁴	Östrogenität
Testgut ¹ Porenwasser, ² wässriges Eluat, ³ Sediment, ⁴ ethanolischer Extrakt	

Tab. 9: Biologische Testverfahren und damit erfassbare Sedimentwirkungen (Quelle: LfU)

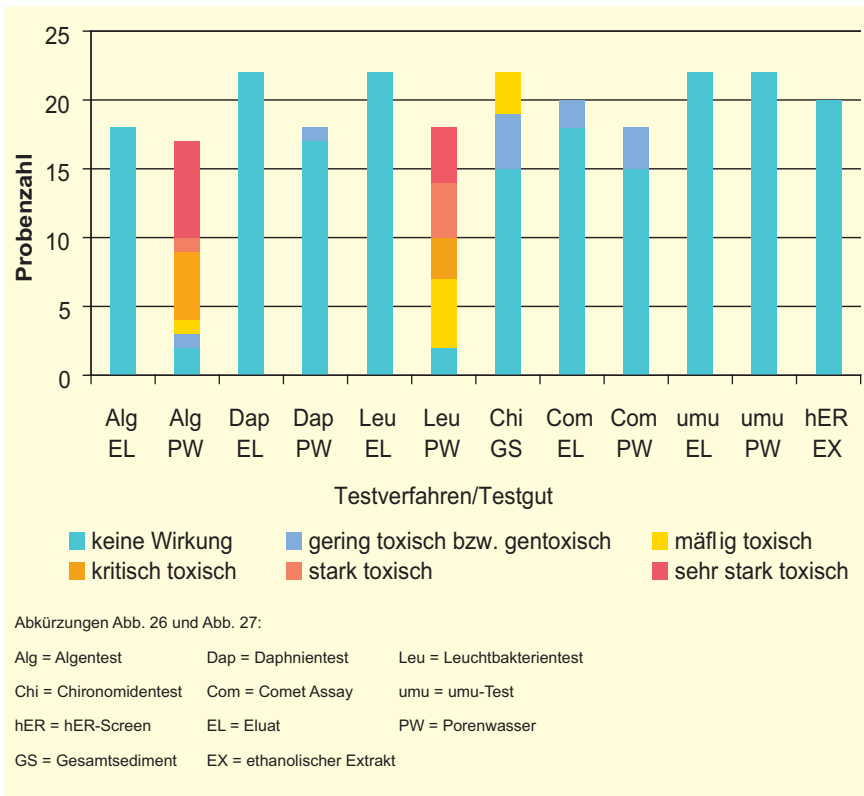


Abb. 27: Biologische Untersuchung von Oberflächensediment aus dem Rhein (Quelle: LfU; Stand 2000)

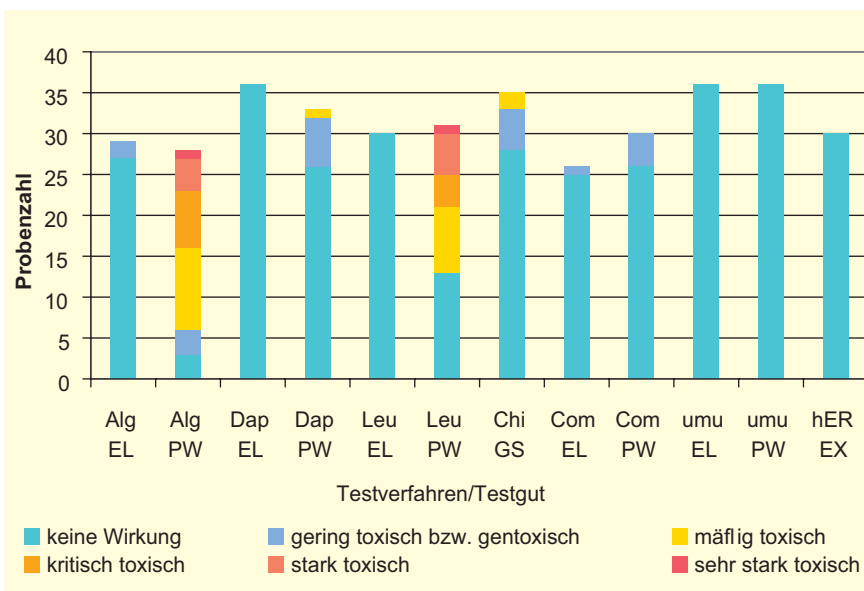


Abb. 28: Biologische Untersuchung von Oberflächensediment aus dem Neckar (Quelle: LfU; Stand 2000).

an. Dadurch sind Schädigungen an sedimentbewohnenden Organismen und Sedimentschadstoffe in der Nahrungskette zu befürchten. Außerdem können die angereicherten Schadstoffe durch mikrobielle Stoffumsetzungsprozesse, bei Hochwasserereignissen oder bei Baggermaßnahmen wieder in die Wasserphase eintreten und die aquatischen Lebensgemeinschaften gefährden.

Die LfU hat 1999 bis 2002 Oberflächensedimente bis 15 cm Schichttiefe aus Rhein und Neckar mit biologischen Testverfahren untersucht. Damit wurde über die biologische Wirkung von Sedimenten aus den großen Flüssen Baden-Württembergs erstmals ein landesweiter Überblick gewonnen.

13.5.1 Biologische Testverfahren

Biologische Testverfahren ermöglichen es, Schadwirkungen auch von analytisch nicht erfassten Schadstoffen integral zu erheben. Die LfU hat Verfahrenskombinationen mit Organismen aus den verschiedenen Stufen der Nahrungspyramide (Trophieebenen) wie Pflanzen (Produzenten), Bakterien (Destruenten) und Tieren (Konsumenten) eingesetzt (Tab. 9). Damit wird das Gefährdungspotenzial eines Sediments hinsichtlich giftiger (toxischer), erbgutverändernder (gentoxischer) und hormonartiger (östrogener) Wirkungen erfasst. Zusammen mit physikalisch-chemischen Daten ergeben diese Tests einen Methodensatz für eine wirkungsbezogene Sedimentbewertung.

Die Testverfahren zeigen unerwünschte Wirkungen durch Hemmung von Stoffwechselfunktionen, durch Induktion von Reportergenen oder durch den Nachweis der Schädigung des Erbguts. Untersucht wurden das Porenwasser und das wässrige Eluat des Sediments. Im Chironomidentest hatten die Testorganismen direkten Kontakt mit der Sedimentprobe, während beim Test auf hormonartige Wirkung ein ethanolischer Extrakt eingesetzt wurde. Die Ergebnisse der Toxizitätstests mit Algen, Daphnien, Leuchtbakterien und Chironomiden

wurden in 6 Toxizitätsklassen mit Bewertungen von „keine Wirkung“ bis „sehr stark toxisch“ eingeteilt. Die Ergebnisse von Comet Assay, umu-Test und hER-Screen wurden den beiden Klassen „keine Wirkung“ und „gentoxisch wirksam“ bzw. „endokrin wirksam“ zugeordnet.

13.5.2 Ergebnisse der wirkungsbezogenen Sedimentuntersuchungen

Überwiegend zeigten die Oberflächensedimente von Rhein (Abb. 27) und Neckar (Abb. 28) keine oder nur geringe ökotoxische Wirkungen. Nur im Algen- und im Leuchtbakterien-test war bei einigen Porenwässern eine deutliche Wirkung festzustellen. Die Eluate und – mit Einschränkungen – das Gesamtsediment waren toxikologisch unauffällig. Einige wenige Proben waren bei den Untersuchungen auf erbgutverändernde Wirkung im Comet Assay, jedoch nicht im umu-Test, positiv. In Sedimenten des Rheins und des Neckars wurde keine östrogenartige Wirkung nachgewiesen.

Durch eine Bestandsaufnahme der Sedimentbeschaffenheit von Rhein und Neckar hat die LfU systematisch Informationen über biologische Wirkungen der Schadstoffbelastungen des Gewässersediments gewonnen. Die Untersuchung der Gewässersedimente auf chemische Belastung und biologische Wirkung ermöglicht es, den aktuellen Zustand zu beschreiben und vorrangigen Handlungsbedarf zu erkennen.

14. Anhang

14.1 Quellen- und Literaturhinweise

Reihe „Biotope in Baden-Württemberg“, Karlsruhe:

- Bauer, H.-G.; Berthold, P. 1997: Die Brutvögel Mitteleuropas. Bestand und Gefährdung. Wiesbaden
- Biss, R. 1999: Quellen und Quellbereiche. Band 12
- Brechtel, F.; Kostenbacher, H. (Hrsg.) 2000: Die Pracht- und Hirschkäfer Baden-Württembergs. Stuttgart
- Breunig, T.; Thielmann, G., 1992: Binendünen und Sandrasen. Band 1
- Breunig, T.; Demuth, S., 1999: Rote Liste der Farn- und Samenpflanzen Baden-Württembergs. Karlsruhe
- Breunig, T.; Thielmann, G., 2001: Wälder, Gebüsche und Staudensäume trockenwarmer Standorte. Band 11
- Bronner, G., 1995: Höhlen und Dolinen. Band 2
- Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.) 1998: Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. BfN-Handbuch zur Umsetzung der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (92/43/EWG) und der EU-Vogelschutzrichtlinie (79/409/EWG). Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz. Heft 53. Bonn-Bad Godesberg
- Buttler, K. P., Harms, K. H., 1998: Florenliste von Baden-Württemberg. Liste der Farn- und Samenpflanzen. Karlsruhe
- Detzel, P., 1998: Die Heuschrecken Baden-Württembergs. Stuttgart
- Döler, H.-P.; Haag, C., 1995: Wacholderheiden. Band 3
- Döler, H.-P., Haag, C., Genser, J., 1995: Magerrasen. Band 4
- Ebert, G. (Hrsg.): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Bände 1, 2 (Tagfalter I, II) 1991, 3-7 (Nachtfalter I-V) 1994, 1997, 1998. Stuttgart
- Fritsche, R. und Schmitz J., 1996: Bestandsaufnahme von Rückstandshalden aus Bergbau und Erzaufbereitung in Baden-Württemberg. Band III: Südlicher Teil. = Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe. Karlsruhe
- Grimmett, R.F.A.; Jones, T.A. 1989: Import Birds Areas in Europe. Cambridge
- Heath, M.F.; Evans, M.I. (Eds.) 2000: Important Bird Areas in Europe: Priority sites for conservation. 2 vols. Cambridge, UK: Birdlife International
- Hölzinger, J., Mahler, U., 1994: Kriterien zur Bearbeitung der Brut-, Durchzugs- und Überwinterungsgebiete für Vögel in Baden-Württemberg. Ornith. Schnellmitteilungen für Baden-Württemberg N.F. 42, Februar 1994. Beilage
- Hölzinger, J.; Berthold, P.; König, C.; Mahler, U.: Die in Baden-Württemberg gefährdeten Vogelarten. Rote Liste (4. Fassung, Stand 31.12.1995). Ornith. Jahrb. Baden-Württemberg 9
- Hölzinger, J. 1987-2000: Die Vögel Baden-Württembergs. Band 1: Gefährdung und Schutz. Band 2.2 (mit Boschert, M.) Nicht-Singvögel. Bände 3.1 und 3.2: Singvögel. Band 4: Folienkarten. Band 5 (mit Bauer, Hans-Günther, und Boschert, Martin): Atlas der Winterverbreitung. Band 7: Bibliographie. Stuttgart
- Hölzinger, J., u.a. 1999: Singvögel 1. Passeriformes-Sperlingsvögel: Alaudidae (Lerchen) – Sylviidae (Zweigsänger). Stuttgart
- Kapfer, A. 1995: Streuwiesen und Naßwiesen. Band 5
- Karten, Verzeichnis und Daten zu den Gebieten. CD-Rom. 2000 (Stand vor Konsultation)
- Karten, Verzeichnis und Daten zu den Gebieten. CD-Rom. 2001 (Stand nach Konsultation)

- Knaps, A. 1985: Untersuchungen zur Verfrachtung von verunreinigten Luftmassen im Großen Tal bei Freiburg. In: Arbeitsgruppe Luftreinhaltung der Universität Stuttgart (Hrsg.): Jahresbericht 1995 – Ausbreitung von Luftverunreinigungen. Stuttgart
- Kramer, I.; Kapfer, A. 2001: Naturnaher Uferbereiche und Flachwasserzonen des Bodensees. Band 13
- Krieglsteiner, G. J. (Hrsg.) 2000: Die Großpilze Baden-Württembergs. Bände 1, 2. Stuttgart
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 1994: Handbuch Boden: Schwermetallgehalte in Böden aus verschiedenen Ausgangsgesteinen Baden-Württembergs. = Materialien zum Bodenschutz, Band 3. Karlsruhe
- Landesanstalt für Umweltschutz (Hrsg. 3. Auflage) 1998: Kartierung und Schutz. Band 8
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.) 1999: Wirkungen von Emissionen des Kfz-Verkehrs auf Pflanzen und die Umwelt. Literaturstudie. Karlsruhe. 201 S.
- Lebensräume und Arten von A bis Z im Europäischen Verbund. 2000
- Lüth, M. 1993: Felsen und Blockhalden. Band 6
- Luick, R. 2001: Moore, Sümpfe, Röhrichte und Riede. Band 9
- Ministerium Ländlicher Raum/Landesanstalt für Umweltschutz (Hrsg.): Natura 2000 in Baden-Württemberg
- Rühling, Å. u.a. 1989: Survey of the heavy-metal deposition in Europe using bryophytes as bioindicators: Proposal for an international programme. Steering Body of Environmental Monitoring in the Nordic Countries. 1989
- Schröder, W. u.a. 2002: Untersuchungen von Schadstoffeinträgen anhand von Bioindikatoren – Auswertung und Bewertung der Ergebnisse aus dem Moos-Monitoring 1990/91, 1995/96 und 2000/01. Umweltbundesamt (Hrsg.). Berlin
- Sebald, O.; Seybold, S.; Philippi, G.; Wörz, A. (Hrsg.) 1993, 1992, 1996, 1998: Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. Bände 1-8. Stuttgart
- Späth, V. 1995: Bruch-, Sumpf- und Auwälder. Band 7
- Sternberg, K.; Buchwald, R. (Hrsg.) 1999, 2000: Die Libellen Baden-Württembergs. Bände 1, 2. Stuttgart
- Stiftung Naturschutzfonds beim Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg (Hrsg.) 1998: Themenhefte Naturschutzfonds: 20 Jahre Stiftung Naturschutzfonds
- Umsetzung in Baden-Württemberg. Faltblatt 1999
- Wirth, V. (Hrsg.) 1995: Die Flechten. Bände 1 und 2. 2. Auflage. Stuttgart
- Zentrale für Wasservogelforschung und Feuchtgebietsschutz in Deutschland 1993: Die Feuchtgebiete internationaler Bedeutung in der Bundesrepublik Deutschland. Münster, Potsdam, Wesel
- Zintz, K. 2001: Verlandungsbereiche stehender Gewässer, Hülen und Tümpel. Band 10

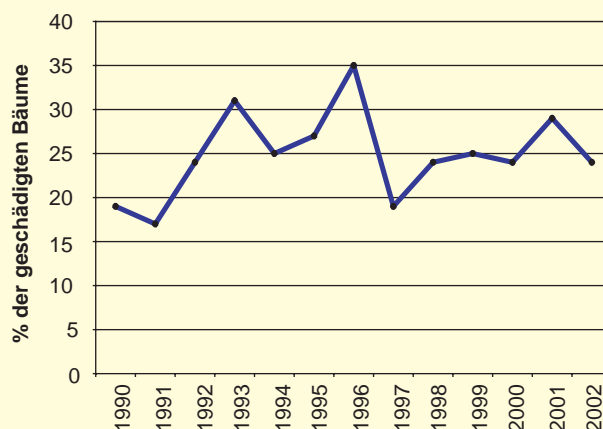
14.2 Informationsmöglichkeiten

www.mlr.baden-wuerttemberg.de
www.uvm.baden-wuerttemberg.de/nafaweb
www.stiftung-naturschutz-bw.de
www.europa.eu.int/comm/environment/nature/natura.htm
www.ramsar.org
www.nature.coe.int
www.wcmc.org.uk/cms
www.cities.org

WALD

1. Einführung	241
2. Entwicklung der Waldfläche	242
3. Forstwirtschaft	242
4. Naturnahe Waldwirtschaft	243
5. Nachwachsender Rohstoff Holz	246
6. Wald im CO ₂ -Haushalt	246
7. Energieholzpotenziale	247
8. Wald mit besonderen Schutzfunktionen	248
9. Gesundheitszustand der Wälder	251
10. Zertifizierung	253
11. Anhang	253

Auf einem Viertel der Waldfläche stehen Bäume mit deutlichen Vergilbungen, Blatt- und Nadelverlusten.



vgl. Kapitel „Umweltindikatoren“

1. Einführung

Der Wald ist eines der wertvollsten großflächigen Landökosysteme in Europa. Er entfaltet vielfältige Schutz- und Erholungswirkungen und ist Lebensraum für sehr viele wildlebende Pflanzen- und Tierarten. Zugleich liefert er den nachwachsenden, umweltfreundlichen Rohstoff Holz und ist Einkommensquelle und Arbeitsplatz.

Dementsprechend regelt das baden-württembergische Waldgesetz, den Wald so zu behandeln, dass er auch zukünftigen Generationen seine vielfältigen Wirkungen und Leistungen gewährleisten kann. Dieser umfassende und nachhaltige Ansatz wird inter-

national im Rahmen des „forstlichen Nachhaltigkeitsbegriffs“ definiert.

1.1 Wie viel Wald gibt es in Baden-Württemberg?

Am 1.1.2001 wies Baden-Württemberg eine Waldfläche von 1 383 408 Hektar (ha) auf, das sind 38,7 % der Landesfläche. Baden-Württemberg zählt damit zusammen mit Hessen und Rheinland-Pfalz zu den waldreichsten Bundesländern (Abb. 1).

Der Wald verteilt sich jedoch nicht gleichmäßig über die Landesfläche. Sehr waldreichen Landschaften, wie dem Schwarzwald, Odenwald oder Schwäbisch-Fränkischen Wald, stehen waldarme oder zum Teil sogar waldfreie Gebiete vor allem in den

Ballungsräumen Stuttgart, Karlsruhe, Heidelberg – Mannheim – Ludwigshafen und in der Rheinebene gegenüber. Die Erhaltung des Waldes mit seinen Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen ist gerade in diesen stark die Umwelt belastenden Räumen eine vordringliche Aufgabe.

1.2 Wem gehört der Wald?

Baden-Württemberg ist ein Land des Körperschafts- und Privatwaldes: 38,5 % des Waldes sind im Eigentum von Körperschaften (vor allem Gemeinden), 23,8 % gehören dem Land Baden-Württemberg und 0,6 % der Bundesrepublik Deutschland. Der Privatwald macht 37,1 % der Gesamtwaldfläche aus (Abb. 2).

Der forstliche Nachhaltigkeitsbegriff

Die europäischen Forstminister haben 1993 in Helsinki den forstlichen Nachhaltigkeitsbegriff definiert:

Nachhaltig ist die Pflege und Nutzung von Wäldern auf eine Weise, die ihre biologische Vielfalt, Produktivität, Verjüngungsfähigkeit und Vitalität erhält und ihr Potential bewahrt, heute und in Zukunft die ökologischen, ökonomischen und sozialen Funktionen auf lokaler, nationaler und globaler Ebene zu erfüllen, ohne andere Ökosysteme zu beeinträchtigen.

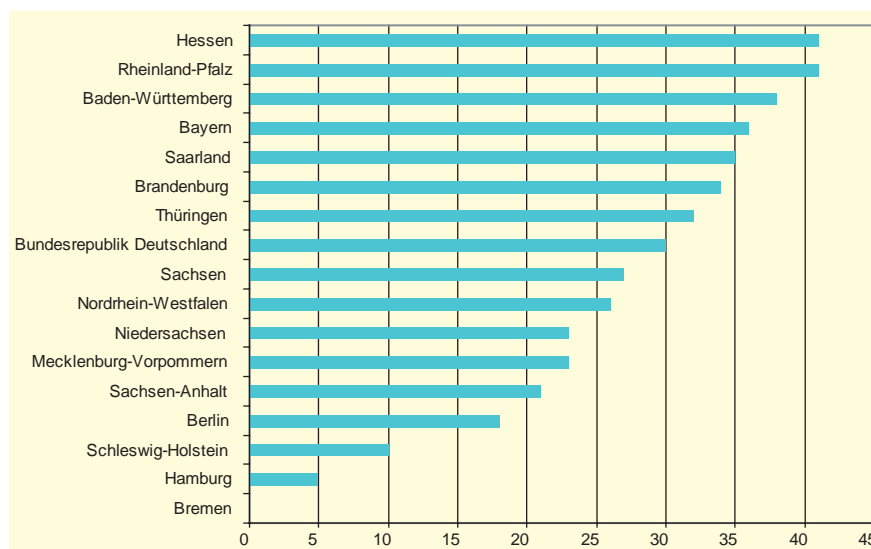


Abb. 1: Bewaldungsprozente in den Bundesländern (Quelle: BMVEL; Stand 2003)

2. Entwicklung der Waldfläche

Die Waldfläche Baden-Württembergs nimmt zu. Dem Verlust durch Rodung und Umwandlung in eine andere Nutzungsart (z.B. Bebauung) stehen höhere Waldflächengewinne durch Neuaufforstungen oder natürliche Bewaldung ehemals durch Nutzung offen gehaltener Flächen gegenüber.

Seit 1968 wurden in Baden-Württemberg 13 189 Hektar bisher anderweitig genutzter Flächen neu aufgeforstet. Diese Flächen liegen

überwiegend im ländlichen Raum. Im gleichen Zeitraum wurde Wald in einer Größenordnung von 7 778 ha unbefristet umgewandelt. Die Verdichtungsräume sind hier überdurchschnittlich stark betroffen (Abb. 3). Im Jahr 2001 wurden unbefristete Waldumwandelungsgenehmigungen nach § 9 Landeswaldgesetz für eine Fläche von 92,01 ha erteilt. Dabei wurden mehr als 80 % der Fläche für Verkehr, Ver- und Entsorgung sowie Industrie und Gewerbe in Anspruch genommen (Abb. 4). In demselben Zeitraum entstanden 158,88 ha Wald neu.

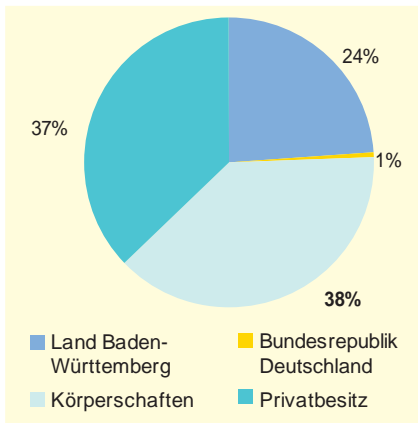


Abb. 2: Waldbesitzartenverteilung in Baden-Württemberg (Quelle: MLR/Landesforstverwaltung 2002)

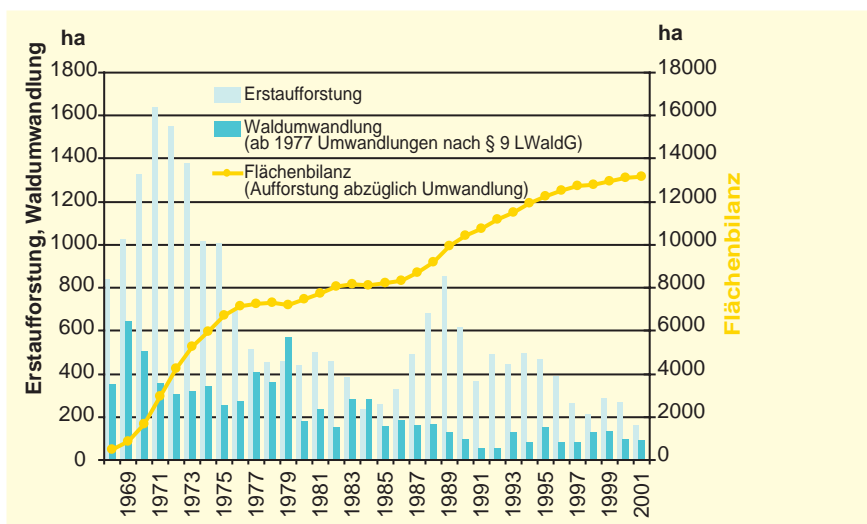


Abb. 3: Entwicklung der Waldfläche in Baden-Württemberg: Erstaufforstung, Waldumwandlung und Flächenbilanz (Quelle: MLR/Landesforstverwaltung 2002)

3. Forstwirtschaft

Das Landeswaldgesetz (LWaldG) Baden-Württemberg verpflichtet zur nachhaltigen, pfleglichen, planmäßigen und sachkundigen Bewirtschaftung des Waldes nach anerkannten forstlichen Grundsätzen. Dabei sind Belange der Umweltvorsorge zu berücksichtigen. Hierzu gehören unter anderem die Erhaltung und Pflege der Umwelt, des Naturhaushaltes und der Naturgüter ebenso wie die Berücksichtigung der Vielfalt und natürlichen Eigenart der Landschaft.

Um diese Ziele umzusetzen, verfolgt das Land das Ende der 70er Jahre erstmals formulierte „Konzept Naturnahe Waldwirtschaft“. Dieses Konzept umfasst ein umfangreiches Maßnahmenbündel zum Aufbau naturnaher Wälder und strebt den harmonischen Ausgleich unterschiedlicher Ansprüche auf der gesamten Waldfläche an. Der Wald soll dabei auf der gesamten Fläche seine Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktion erfüllen.

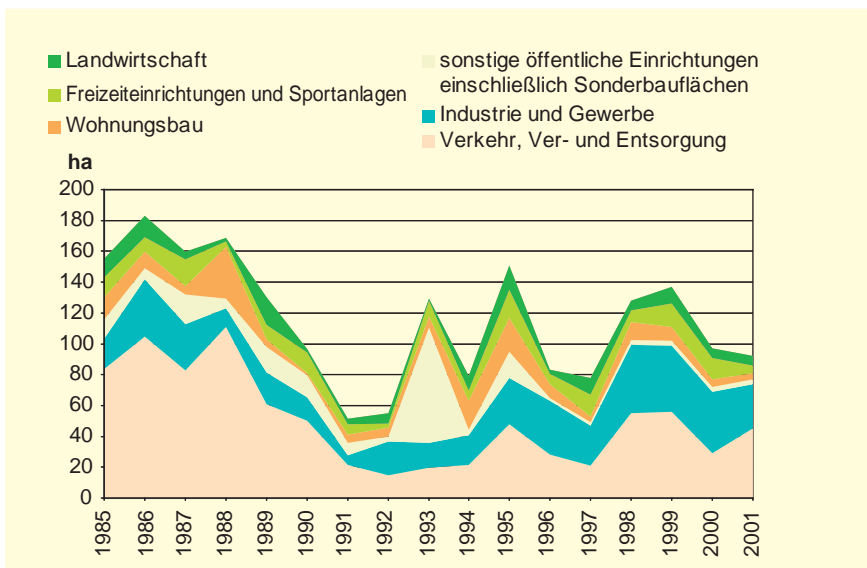


Abb. 4: Verursacher von Waldinanspruchnahmen (Quelle: MLR/Landesforstverwaltung 2002)

4. Naturnahe Waldwirtschaft

4.1 Konzept Naturnahe Waldwirtschaft

Das Leitbild des Konzeptes Naturnahe Waldwirtschaft ist ein stabiler und gepflegter Wald mit standortgerechten Baumarten in naturnaher Mischung, in dem das Potenzial zur Naturverjüngung ausgenutzt wird. Im Einzelnen umfasst das Konzept Naturnahe Waldwirtschaft die folgenden Ziele und Maßnahmen.

4.1.1 Stabilität

Ökologische und physikalische Stabilität der Wälder sind die Grundvoraussetzung für eine nachhaltige Funktionenerfüllung (Bodenschutz-, Wasserschutz-, Erosionsschutz-, Sichtschutz-, Artenschutz-, Erholungsfunktion, Bereitstellung eines ökologisch hervorragenden Rohstoffes und vieles mehr).

4.1.2 Naturnähe der Baumarten

Die natürlichen Regionalwaldgesellschaften sollen sich auch in den Wirtschaftswäldern widerspiegeln. Dadurch werden die Tier- und Pflanzenarten, die sich im Zuge der Evolution an die heimischen Baumarten anpassten, nachhaltig gesichert. Mischungsbaumarten, die sich in das vorhandene Vegetationsmuster verträglich einfügen und sich durch positive Holzeigenschaften auszeichnen, können einzeln oder in Gruppen beigemischt werden.

4.1.3 Mischung und Stufigkeit

Grundsätzlich werden naturnahe Mischbestände angestrebt. Aufgrund der höheren Stabilität bringen gemischte Wälder ökonomische Vorteile mit sich und schützen Boden und Grundwasser. Gleichzeitig trägt jede weitere Baumart mit den an sie gebundenen Spezialisten zur Vergrößerung der Artenvielfalt bei.

4.1.4 Nachwuchs im Wald (Naturverjüngung)

Das Potenzial der Wälder zur natürlichen Verjüngung wird konsequent genutzt. Kahlschläge werden weitestgehend vermieden, zu ihnen kommt es nur in begründeten Ausnahmefällen. Langfristige Naturverjüngungsverfahren gewährleisten einen hohen Anteil strukturreicher, wertvoller Altbestände, die in der Regel günstige wirtschaftliche Ergebnisse sichern. Die Entnahme einzelner Bäume oder Baumgruppen bei der Holzernte anstatt großflächiger Kahlschläge ahmt das in mitteleuropäischen Urwäldern vermutete einzelstammweise bis kleinflächige Ausfallen der Bäume nach. Dies ist ein wichtiger Beitrag für den Boden- und Grundwasserschutz. Außerdem bleibt das Waldinnenklima durch diese Vorgehensweise erhalten. Durch die entstehenden Lücken fällt Licht auf den Boden, wo sich Wald natürlich verjüngt.

4.1.5 Pflege der Wälder

Pflegemaßnahmen fördern die Stabilität des Waldes. Sie sorgen für eine Vielfalt der Strukturen und Arten und stellen sicher, dass die angestrebte Baumartenmischung erreicht wird. Schließlich beeinflussen Pflegemaßnahmen entscheidend die Entwicklung qualitativ hochwertiger Bäume, aus denen dann hochwertige Holzprodukte gefertigt werden können. Die Maßnahmen sind in natürliche Abläufe eingebettet; sie arbeiten ihnen nicht entgegen.

4.1.6 Wald- und wildgerechte Jagd

Angepasste Wildbestände sind für einen naturnahen Waldbau unabdingbar. Effiziente und wildgerechte Bejagung verhindert waldbaulich nicht tragbare Wildschäden.

4.1.7 Integrierter Waldschutz

Der Schwerpunkt liegt auf Vorbeugung. Ziel ist es, ökonomische und ökologische Schäden zu vermeiden oder zu verringern. Maßnahmen werden nur dann eingeleitet, wenn die wirtschaftliche Schadensschwelle erreicht ist. Es wird das Verfahren oder eine Kombination der Verfahren gewählt, womit das gewünschte Ziel mit dem geringsten Eingriff in das Ökosystem erreicht wird. Die Anwendung von chemischen Pflanzenschutzmitteln im Wald kommt nur als letztes Mittel in Betracht, um schwerwiegende Gefahren abzuwenden.

4.1.8 Pflegliche Waldarbeit

Schäden am Waldboden und an den Waldbäumen werden durch geeignete Erntetechniken soweit wie möglich vermieden. Ein wichtiges Prinzip ist der Einsatz bodenschonender Maschinen. Es findet kein flächiges Befahren des Waldbodens statt, sondern die eingesetzten Maschinen bewegen sich auf so genannten Feinerschließungslinien und Wegen. Ein dauerhaftes Feinerschließungsnetz ist die Voraussetzung für eine den Wald schonende Holzernte in einem naturnahen Wald.

4.1.9 Naturschutz und Landschaftspflege

Die Waldpflegemaßnahmen berücksichtigen die Empfindlichkeit des Naturhaushalts und des Landschaftsbildes gegenüber Veränderungen. Die Pflege besonderer Waldbiotop, die Ausweisung von Schutzgebieten nach dem Waldschutzgebietsprogramm, die Waldinnen- und Waldaußenrandgestaltung und die Anreicherung von Totholz tragen den Anforderungen des Artenschutzes Rechnung.

Forsteinrichtung

Die Forsteinrichtung (FE) ist das älteste Waldmonitoringverfahren. Alle 10 Jahre wird der Waldzustand erfasst, der Vollzug der Pflegemaßnahmen geprüft und bewertet, sowie geplant, was in den kommenden 10 Jahren im Wald getan werden muss. Erst dadurch wird eine nachhaltige Bewirtschaftung des Waldes gesichert.

Waldentwicklungstypen

Die praktische Umsetzung naturnaher Waldwirtschaft orientiert sich im öffentlichen Wald außerhalb besonderer Schutzzonen (siehe Abschnitt „Wald mit besonderen Schutzfunktionen“) an umfassenden Waldbehandlungskonzepten, den Waldentwicklungstypen. Im Waldentwicklungstyp wird der Zyklus von der Verjüngung von Wäldern über verschiedene Wachstumsphasen hin zum Altbestand bis zur erneuten Verjüngung betrachtet.

Ausführliche Informationen enthält die „Richtlinie landesweiter Waldentwicklungstypen“ des Ministeriums für Ernährung und Ländlichen Raum.

4.2 Erfolge naturnaher Waldwirtschaft

Aufgrund der langfristigen Entwicklungszeiträume im Wald wird der Waldumbau nicht von heute auf morgen sichtbar. Mit Hilfe von Auswertungen der Forsteinrichtung (siehe Kasten) lassen sich aber die stattfindenden positiven Veränderungen der Waldentwicklung nachvollziehen. Die folgenden Auswertungen beziehen sich auf den öffentlichen Wald (64 % der Waldfläche), für den durch die Forsteinrichtung Zustands- und Planungsdaten vorliegen.

Seit 1961 werden diese Daten in 10-jährigen Forsteinrichtungsstatistiken zusammengefasst (Abb. 6). Die Gegenüberstellung der aktuellen Forsteinrichtungsstatistik 1991 bis 2000 (FE 91-00) mit vorangegangenen Statistiken erlaubt es, die Waldentwicklung seit 1961 (FE 61-70) aufzuzeigen.

Nachstehend wird die tatsächliche Waldentwicklung mit den Zielen des Konzeptes „Naturnahe Waldwirtschaft“ verglichen, und es werden Entwicklungen und Veränderungen dargestellt (Abb. 5-10).

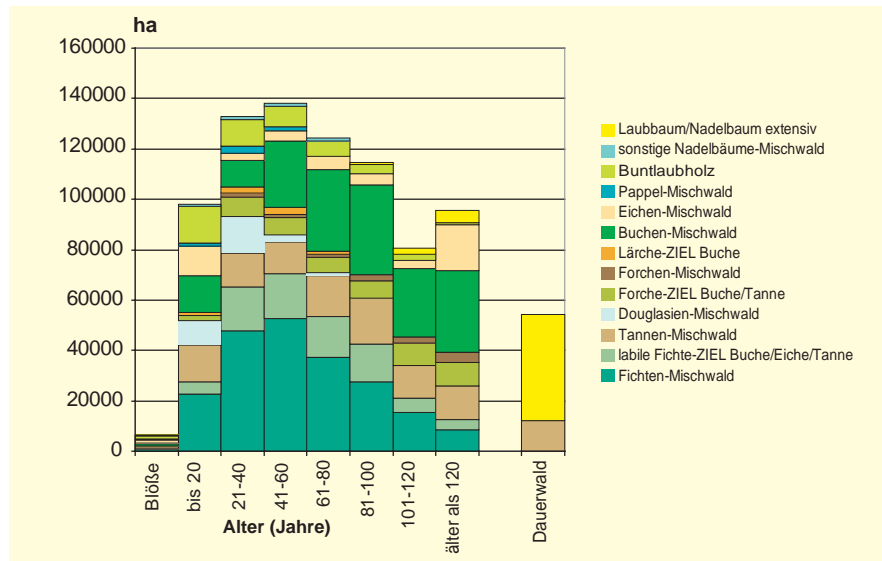


Abb. 5: Waldentwicklungstypen nach Altersklassen (Quelle: MLR/Landesforstverwaltung 2001)

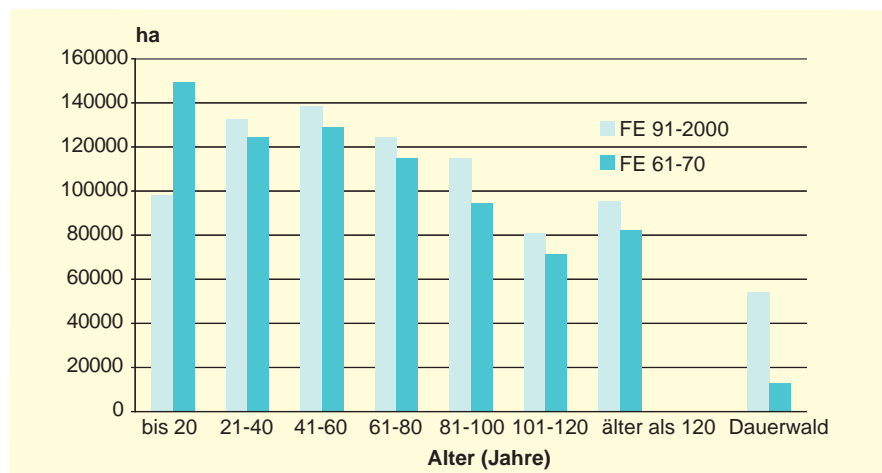


Abb. 6: Der Wald wird älter. Entwicklung des Altersklassenverhältnisses (Quelle: MLR/Landesforstverwaltung 2001)

4.2.1 Wie stabil ist der Wald?

Die aktuelle Forsteinrichtungsstatistik klassifiziert 90 % der Wälder als „stabil“, 10 % der Waldbestände sind „labil“. Den labilen Beständen ist ein klares Umwandlungsziel über die Zuordnung zu einem Waldentwicklungstyp vorgegeben. Ein labiler Fichtenbestand wird so z. B. mit dem Ziel der Umwandlung in einen Buchen-Mischwald belegt. Abb. 5 zeigt den Umfang der labilen Bestände geordnet nach ihrem Alter unter der Bezeichnung labile Fichte-ZIEL Buche/Eiche/Tanne. Waldentwicklungstypen umfassen Waldbestände mit vergleichbarem waldbaulichem Ausgangszustand und vergleichbarer Zielsetzung. Sie beschreiben die zweckmäßigsten Verfahren und Tech-

niken, um diese Zielsetzung unter Beachtung der Funktionenvielfalt des Waldes zu erreichen. Abb. 5 zeigt, welche Waldentwicklungstypen vorkommen und welchen Anteil sie an den jeweiligen Altersklassen haben.

In den vergangenen 30 Jahren hat die Fläche an alten Beständen deutlich zugenommen. Der Anteil an strukturreichen Dauerwäldern ist

Standortswald wird in Anlehnung an die heutige potenzielle natürliche Vegetation hergeleitet. Er umfasst die lokale natürliche Baumartenzusammensetzung im Bereich einer Standortseinheit der forstlichen Standortskartierung. Aus dem Standortswald lässt sich die Naturnähe der vorhandenen Bestockung ableiten (vgl. Umweltdaten 2000 S.173 ff.).

angestiegen. Insgesamt 27 % der Fläche des öffentlichen Waldes sind älter als 100 Jahre. Gegenüber der Forsteinrichtungsstatistik 1961-1970 (FE 61-70) konnte bis 2000 (FE 91-2000) eine Steigerung der Flächenanteile von Wäldern in diesem Alter um 38 % erreicht werden (Abb. 6). Die Zunahme an Althölzern belegt das längere Ausreifenlassen der Bestände in Verbindung mit langen Naturverjüngungsphasen. Andererseits steigt mit dem Alter und der Höhe der Bäume das Risiko von Sturm- und Insekenschäden stark an.

4.2.2 Wie naturnah ist der Wald?

Im öffentlichen Wald wachsen im Jahr 2000 auf 36 % der Fläche Fichten. Der Orkan „Lothar“ am 26.12.1999 hat nach gegenwärtigem Kenntnisstand den Fichtenanteil auf 33 % abgesenkt. Buchen überschirmen 24 %. Es folgen andere Laubbaumarten (außer Eiche) mit 11 %, Kiefern (9 %), Tannen (8 %), Eichen (7 %), Douglasien (3 %) und Lärchen mit 2 % der Fläche. Das Verhältnis von Laub- zu Nadelbäumen betrug 2000 42 % Laub- zu 58 % Nadelbäumen.

Langfristig vorgegebenes Ziel ist es, 50 % Laub- und 50 % Nadelbäume zu erreichen. Grundlage dafür ist die standörtliche Eignung der Baumarten in den einzelnen Regionen. Der Anteil der am Standortswald orientierten Baumarten konnte seit den 70er Jahren gesteigert werden. Gegenüber dem Stand von 1975 hat sich das Verhältnis um 6 Prozentpunkte zu Gunsten der Laubbäume verschoben. Das Ziel ist fast erreicht (Abb. 7).

4.2.3 Reinbestände und gemischter Wald

Die aktuelle Forsteinrichtungsstatistik weist 51 % des Waldes als reich gemischt mit einem Anteil von mehr als 30 % Mischbaumarten aus. 30 % des Waldes sind Mischbestände mit einem Mischungsanteil zwischen 10 und 30 % sowie 19 % Reinbestände. In Reinbeständen werden nur bis zu 10 % der Fläche durch beigemischte Baumarten eingenommen. Unter den Reinbeständen befinden sich auch naturtypische Laubbaumreinbestän-

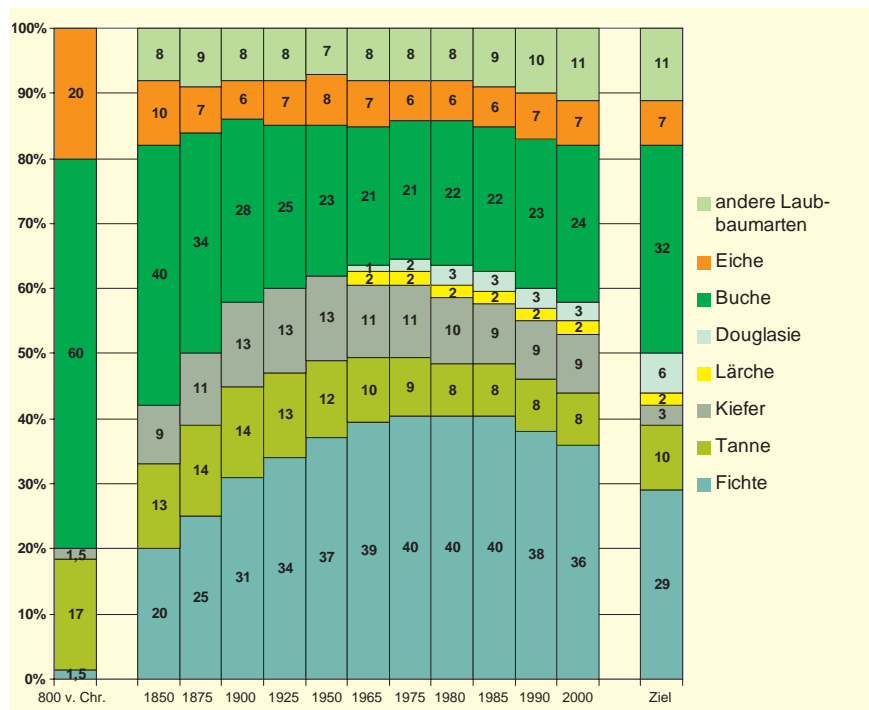


Abb. 7: Die Laubbäume sind wieder auf dem Vormarsch. Entwicklung der Baumartenanteile in Prozent (Quelle: MLR/Landesforstverwaltung 2001)

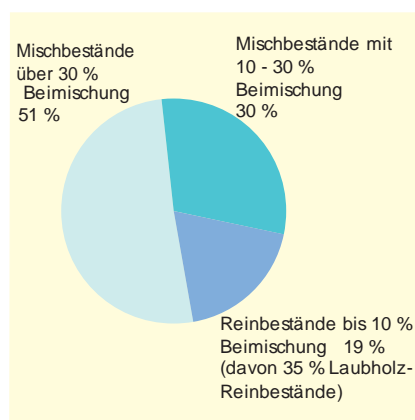


Abb. 8: Gemischter Wald. Anteile der Mischbestände in Prozent (Quelle: MLR/Landesforstverwaltung 2000)

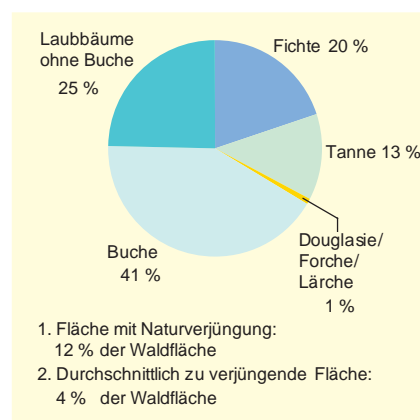


Abb. 9: Der Wald verjüngt sich natürlich. Naturverjüngungsvorräte in Prozent (Quelle: MLR/Landesforstverwaltung 2000)

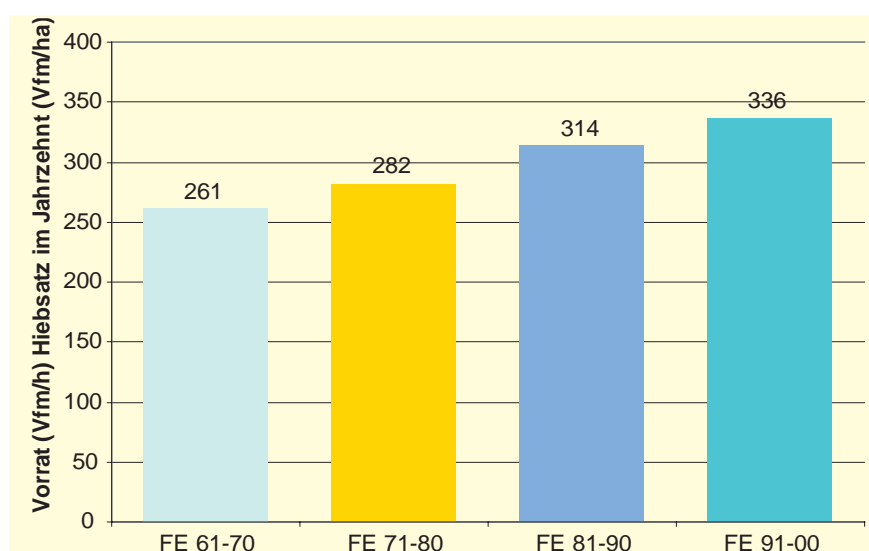


Abb. 10: Entwicklung des Holzvorrats (Quelle: MLR/Landesforstverwaltung 2001)

de; diese machen 35 % der Reinbestandsfläche aus. Reinbestände sind in der Natur die absolute Ausnahme. Reinbestandstypen werden in der Verjüngungsplanung der Forsteinrichtung nicht angestrebt. Mittelfristig kann man im öffentlichen Wald den Reinbestand als Auslaufmodell bezeichnen (Abb. 8).

4.2.4 Wie verjüngt sich der Wald?

Auf 12 % der Fläche des öffentlichen Waldes wachsen – vorwiegend unter dem Schirm des Altbestands – natürlich angesamte Baumpflänzchen (Naturverjüngung). Die Buche hat mit 41 % und die sonstigen Laubbäume haben mit 25 % einen besonders hohen Anteil an diesem Naturverjüngungsvorrat. Die Naturverjüngungsvorräte haben in den vergangenen 20 Jahren stark zugenommen. Diese positive Entwicklung ist nur durch eine biotopgerechte Bejagung möglich gewesen (Abb. 9).

4.2.5 Wie viel Holz wächst im Wald?

Seit den sechziger Jahren konnte der Holzvorrat um 22 % gesteigert werden. Während im Mittel des Forsteinrichtungszeitraums 1961-1970 (FE 61-70) pro ha Wald eine Holzmasse von 261 Vorratsfestmetern

wuchs, sind dies im Mittel für den Forsteinrichtungszeitraum 1991-2000 336 Vorratsfestmeter (Abb. 10). Der Einschlag von Bäumen (Hiebsatz), den die Forsteinrichtung anhand von Nachhaltigkeitskriterien plant, stieg in gleicher Größenordnung. Dies lässt den Rückschluss zu, dass der heutige im Durchschnitt sehr gute Pflegezustand der Wälder nicht ohne wirtschaftliche Holznutzung erreicht worden wäre. Insgesamt ist die Leistungsfähigkeit der Wälder in den vergangenen 30 Jahren deutlich angestiegen.

Vor dem Hintergrund der weltweiten CO₂-Problematik und der daraus immer deutlicher werdenden Klimafolgen ist dies ein Erfolg nachhaltig bewirtschafteter Waldflächen.

4.2.6 Integrierter Waldschutz

Eine bundesweite Erhebung der Biologischen Bundesanstalt ergab im Jahr 1985, dass die im Wald eingesetzten Mengen an pestiziden Wirkstoffen 0,1-0,2 % des Gesamtverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland ausmachten. Im Ländervergleich lagen dabei für den baden-württembergischen Wald die Verbrauchsmengen deutlich unter dem Bundesdurchschnitt. Abb. 11 zeigt, wie durch weitere Bemühungen um den Einsatz pestizidfreier oder pestizidreduzier-

ter Waldschutz-Alternativen es der Landesforstverwaltung gelungen ist, diesen bereits 1986 geringen Mitteleinsatz weiter zu reduzieren.

5. Nachwachsender Rohstoff Holz

Obwohl die Wälder seit Jahrhunderten einer intensiven Nutzung unterliegen, bilden sie die naturnächsten großflächigen Ökosysteme unseres dichtbesiedelten Landes. Dies ist im Wesentlichen ein Verdienst der nachhaltigen Waldwirtschaft.

Hoher Holzvorrat und hohe Leistungsfähigkeit des Waldes stellen die nachhaltige Lieferung großer Mengen an umweltfreundlich erzeugtem Holz sicher, das als Rohstoff, Baumaterial und Energieträger vielseitig verwendbar ist.

Nach den Ergebnissen der Bundeswaldinventur 1 (1986-1990) beträgt der gesamte Holzvorrat der Wälder in Baden-Württemberg 471 Mio. Vorratsfestmeter (Volumen des Stamm- und Astholzes über 7 cm Durchmesser; 1 Festmeter = 1 m³). Der Orkan „Lothar“ reduzierte diesen Gesamtvorrat um rund 10 %. Trotzdem gehört Baden-Württemberg – zusammen mit Bayern – nach wie vor zu den holzvorratsreichsten deutschen Ländern.

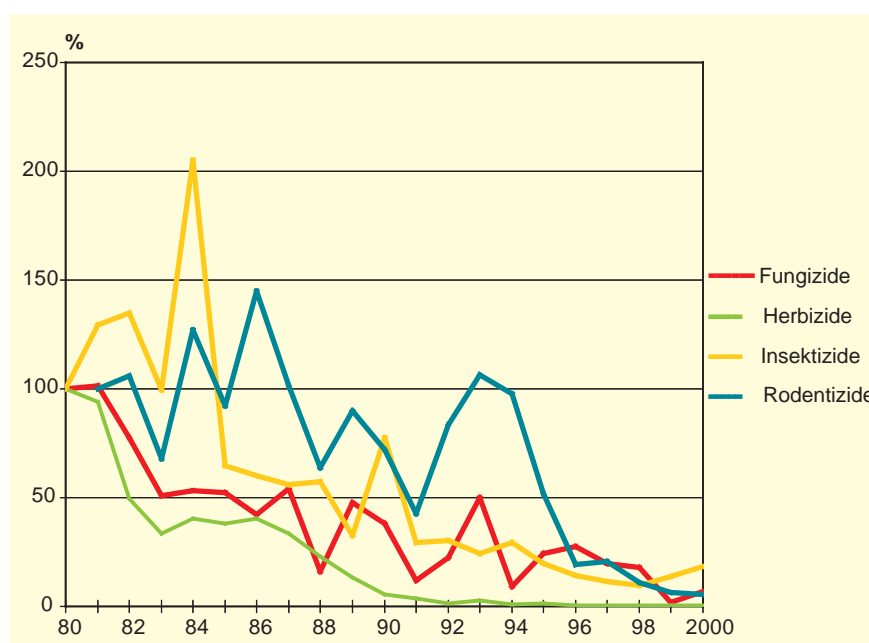


Abb. 11: Pflanzenschutzmittel im Staatswald (einschließlich Pflanzschulen). Verhältnis von 1980 (100 %) zu den folgenden Jahren (Quelle: MLR/Landesforstverwaltung 2001)

6. Wald im CO₂-Haushalt

Die heutigen Prognosen zur Klimaentwicklung gehen von einem engen Zusammenhang zwischen dem Anstieg der CO₂-Konzentration in der Erdatmosphäre (Treibhauseffekt) und der globalen Erwärmung derselben aus.

Wälder können als Kohlenstoffquelle (vermehrte CO₂-Freisetzung) und als Kohlenstoffsenke (es wird mehr CO₂ gebunden als freigesetzt) wirken. Über den Zuwachs hinausgehende Waldrodungen und Ausbeutungen mit anschließender thermischer Nutzung verursachen eine zusätzliche CO₂-Freisetzung in die Atmosphäre, während die Vergrößerung der Wald-

fläche durch Aufforstungen CO₂-Entzug aus der Atmosphäre bewirkt.

Nach Berechnungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg sind im gesamten Ökosystem des Staatswaldes über 280 Mio. t CO₂ gebunden. Für den Gesamtwald Baden-Württembergs kann man von einer Kohlenstoffspeicherung in etwa vierfacher Höhe ausgehen.

Beim Einsatz und bei der Verwendung des nachwachsenden Rohstoffes Holz aus nachhaltiger forstwirtschaftlicher Nutzung ist die CO₂-Bilanz für das Holzprodukt langfristig positiv. Die CO₂-Bindung durch Holzverwendung hat zusätzliche Effekte:

- **Speicherfunktion:** In langlebigen Holzprodukten bleibt der Kohlenstoff länger gebunden als im natürlichen Kreislauf des Urwaldes. Wird Holz z. B. in einem Dachstuhl verbaut, ist der in diesem Holz festgelegte Kohlenstoff für die Lebensdauer des Dachstuhls und gegebenenfalls darüber hinaus der Atmosphäre entzogen.
- **Material- und Energie-Substitution:** Heizen mit Holz verursacht bei gleichem Wirkungsgrad eine viel geringere CO₂-Emission. Wird Holz anstelle von Materialien eingesetzt, deren Produktion mit einem deutlich höheren Energieaufwand verbunden ist (z.B. Aluminium, Beton), werden CO₂-Emissionen messbar eingespart (Material-Substitution). Der gleiche Effekt tritt ein, wenn Holz anstelle fossiler Energieträger (z.B. Heizöl, Kohle) eingesetzt wird, die alle einen spezifisch höheren CO₂-Ausstoß aufweisen als das Holz (Energie-Substitution) (Tab.1, 2).

7. Energieholzpotenziale

Die Landesregierung hat 1999 das Ziel definiert, den Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch von gegenwärtig 2,4 % bis 2010 zu verdoppeln. Dabei soll der Anteil an der Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien von 6 % bis 2010 ebenfalls verdoppelt werden.

	WDQ ¹⁾ (W/m ² K) ⁴⁾	Masse (kg)	PEI ne ²⁾ (MJ/m ²) ⁵⁾	GWP 100 a ³⁾ (kg CO ₂ -ÄQ/m ²) ⁶⁾
1. Zweischaliges Ziegelmauerwerk Wandaufbau: 12,0 cm Sichtziegel, 4,0 cm Hinterlüftung; 12,0 cm Glaswolle zwischen Lattung, 17,0 cm Porosierter Hochlochziegel, 1,0 cm Lehmputz; Dicke = 46 cm	0,34	461	1 172	93
2. Hochlochziegelmauerwerk mit Wärmedämmverbundsystem Wandaufbau: 2,0 cm armierter Silikatputz, 10,0 cm Steinwolle, 25,0 cm Hochlochziegel, 1,0 cm Kalkputz; Dicke = 38 cm	0,30	273	876	58
3. Holzständerwand mit Putzfassade Wandaufbau: 1,0 cm armierter Silikatputz, 2,5 cm Holzwolledämmplatte; 2,4 cm Schalung, 16,0 cm Zellulosedämmung zwischen Kantholz, 0,02 cm PE-Folie, 2,0 cm Holzlattung, 3,0 Brandschutzplatten; Dicke = 27 cm	0,26	88	418	-21
4. Holzständerwand mit hinterlüfteter Fassade Wandaufbau: 2,0 cm Holzschalung, 3,0 cm Lattung, 4,0 cm Koterlattung, 0,02 cm Windbremse, 2,0 cm Holzsparschalung, 16,0 cm Zellulosedämmung zwischen Kantholz, 0,02 cm PE-Folie, 2,0 cm Holzlattung; 3,0 Brandschutzplatten	0,29	71	271	-50

1) WDQ = Wärmedurchgangskoeffizient
2) PEI ne = Primärenergiebedarf (nicht erneuerbare Energie)
3) GWP 100 a = Treibhauspotenzial bewertet auf 100 Jahre
4) W = Watt
5) MJ = Mega Joule
6) CO₂-Äq. = CO₂-Äquivalent

Tab. 1: Ökologischer Vergleich verschiedener Wandaufbauten von Häusern (Massiv- und Holzrahmenbauten) (Quelle: Informationsdienst Holz, Deutsche Gesellschaft für Holzforchung e.V.; Stand 2001)

	Holz	Heizöl
Brennstoffmenge	10 kg	ca. 3 kg
Heizwert	13,3 MJ/kg	42,7 MJ/kg
Wirkungsgrad	> 80 %	> 85 %
Aufbereitung	Holzernte, Transport, Hacken	Förderung, Transport, Raffinerie
Energieaufwand bei der Aufbereitung	0,34 MJ/kg 0 kg aus Holz	10,9 MJ/kg 9,56 kg aus Heizöl
Netto CO ₂ -Freisetzung	0,66 kg aus Aufbereitung	4,21 kg aus Aufbereitung
Nutzwärme	ca. 100 MJ	100 MJ

Tab. 2: Vergleich der Kohlenstoffemissionen bei der Heizung mit Holz und Heizöl bei gleicher Nutzenergie (Quelle: MLR/LFV, Ausstellung Holzenergie; Stand 2002)

	Techn. Potenzial (Mio Fm)	Techn. Potenzial (Mio t atro)	Techn. Potenzial (Mrd kWh)	Derzeitige Nutzung betriebsintern, stofflich (Mio t atro)	Freies Potenzial (Mio t atro)
Waldholz	2,245	1,211	6,200	0,493	0,718
Sägenebenprodukte	2,246	0,900	4,608	0,800	0,100
Industrierestholz	0,100	0,040	0,205	0,020	0,020
Landschaftspflegeholz	1,173	0,470	2,406	0,024	0,447
Gebrauchtholz naturbelassen	0,424	0,170	0,870	0,095	0,075
Gebrauchtholz behandelt	2,072	0,830	4,250	0,232	0,598
Total	8,260	3,621	18,540	1,664	1,957

Umrechnungen:
atro = absolutes Trockengewicht
1 Festmeter (Fm.- Nadelholz, waldfriech, 50 % Wassergehalt) = 2,6 Srm (Schüttraummeter) = 0,455 Tonnen atro
1 Fm (Laubholz, waldfriech, 50 % Wassergehalt) = 2,6 Srm = 0,67 Tonnen atro
1 Tonne atro (Nadelholz) = 2,25 Fm = 5,88 Srm = 5,12 Megawattstunden (MWh)
1 Srm = 0,38 Fm = 0,17 Tonne atro

Tab. 3: Energieholzpotenzial (Quellen: Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg, MLR/Landesforstverwaltung; Stand 2000)

CO₂-Minderungspotenzial durch Holz

Bei der Versorgung eines Neubaugebietes mit 100 Häusern durch eine zentrale Holzfeuerung beträgt die CO₂-Reduzierung rund 450 t, das ist mehr als 1 t je Bewohner. Dies reduziert den statistischen Ausstoß der Bewohner von 7,7 t um 13 % auf 6,7 t. Vergleicht man diesen Wert mit dem Ziel der Bundesregierung, die CO₂-Emissionen um 25 % zu reduzieren, wird deutlich, dass allein die Umstellung der Wärmeversorgung auf den erneuerbaren Energieträger Holz beträchtliche Fortschritte für den Klimaschutz bewirkt.

Ein wichtiger Bestandteil ist dabei auch die verstärkte Nutzung von Biomasse.

Für die Nutzung von Holz als Energieträger bedeutet dies, dass die Verdopplung des Anteils am Primärenergieverbrauch von im Jahr 1997 0,6 % auf 1,2 % bereits 2005 erreicht werden soll, um damit überproportional zum Ausbau der erneuerbaren Energien beizutragen.

Dieses Ziel lässt sich erreichen, wenn die Anstrengungen weiter intensiviert werden. Der Anteil aus Biomasse erzeugter Energie in Baden-Württemberg liegt bei 6800 Gigawattstunden (GWh). Diese Summe liegt 2000 GWh über den bisherigen Annahmen und belegt den deutlich wachsenden Anteil der Bioenergie.

Die Studie „Holzenergie für Kommunen in Elsaß und Baden“ (Klimaschutz- und Energieagentur BW, 2000) zum Energiepotenzial in Baden-Württemberg zeigt auf, dass bei Nutzung der vorhandenen Potenziale 18,5 Mrd KWh (Tab. 3) generiert werden konnten. Dies entspricht 4,2 % des Primärenergieverbrauchs oder etwa 30 % des Heizölbedarfs für Haushalte und sonstige Verbraucher im Land.

Die bislang durch das Land geförderten Anlagen haben einen Holzbedarf von rund 180 000 Festmeter Holz. Dies entspricht lediglich 4,2 % des freien Potenzials und verdeutlicht die möglichen Umsetzungspotenziale.

8. Wald mit besonderen Schutzfunktionen

8.1 Besondere Bedeutung für den Biotop- und Artenschutz

In unserem dichtbesiedelten und hochindustrialisierten Land haben die Wälder eine große Bedeutung für den Biotop- und Artenschutz. Ihre Großflächigkeit und die naturnahe Bewirtschaftung mit langfristigen Verjüngungszyklen haben die Wälder zu Rückzugsstätten und Lebensräumen für viele Tier- und Pflanzenarten gemacht. Es ist daher kein Zufall, dass ein Großteil der Flächen mit naturschutzrechtlicher Zweckbindung in Waldgebieten liegt.

Am Stichtag 31.12.2000 waren landesweit rund 43 000 ha Wald als Naturschutzgebiet, rund 428 000 ha als Landschaftsschutzgebiet und als Naturpark 389 000 ha ausgewiesen. Zu beachten ist, dass es beim Wald in Naturparks zu Flächenüberschneidungen mit Natur- und Landschaftsschutzgebieten kommt (Tab. 4).

8.2 Waldschutzgebiete

Waldschutzgebiete sind Bannwälder und Schonwälder. Das Waldschutzgebietsprogramm der Landesforstverwaltung umfasst die Ausweisung, den Schutz und die Pflege von Bann- und Schonwäldern (§ 32 Landeswaldgesetz). Waldschutzgebiete haben die Funktion, bestimmte Waldgesellschaften zu schützen und ihre wissenschaftliche Erforschung zu ermöglichen. Dabei gilt es, Erkenntnisse über die Entwicklung von Waldökosystemen und in die Praxis umsetzbare Erfahrungen für Waldwirtschaft, Landschaftspflege und Naturschutz zu gewinnen.

Der Flächenanteil der Waldschutzgebiete soll von derzeit 1,6 % auf 2 % erhöht werden.

Einen wesentlichen Aspekt bei der Auswahl der vorgesehenen größerflächigen Bannwälder bildet die annähernd repräsentative Verteilung auf die *Großlandschaften*. In Bannwäldern

		Hektar	% der Waldfläche	Anzahl
Naturschutzwichtige Flächen im Wald		773865	55,9	
Waldschutzgebiete nach § 32 Landeswaldgesetz	Bannwald	5338,8	0,4	90
	Schonwald	17467,1	1,2	381
	insgesamt	22805,9	1,6	471
Wald in Schutzgebieten nach Naturschutzgesetz (NatSchG)	Wald in Naturschutzgebieten	42752	3,1	
	Wald in Landschaftsschutzgebieten	427862	30,9	
Waldbiotope	Wald in Naturparks	389125	28,1	
	Waldbiotope nach § 24a NatSchG	40861	3,0	
Natura 2000	Waldbiotope nach § 30a LWaldG	16870	1,2	
	Sonstige seltene Waldbiotope	21643	1,6	
	Wald in vorgeschlagenen Natura 2000-Gebieten (Stand 2001)	200413	14,5	

Tab. 4 Naturschutzwichtige Flächen im Wald (Quelle: MLR/Landesforstverwaltung 2001)

Bannwälder sind sich selbst überlassene Totalreservate ohne jegliche Bewirtschaftung. In ihnen entwickelt sich die Waldvegetation unter möglichst weitgehendem Ausschluss menschlicher Einflüsse zu den Urwäldern von morgen (Prozessschutz). Sie erfüllen damit herausragende Naturschutzfunktionen und bilden gleichzeitig „Freilandlaboratorien“, die sich in besonderem Maße zur wissenschaftlichen Beobachtung und Untersuchung walddynamischer Prozesse eignen.

Schonwälder sind Waldreservate, die, wie zahlreiche Naturschutzgebiete, der Erhaltung bestimmter Pflanzen- und Tiergesellschaften dienen. Sie eignen sich auch als „Waldmuseen“, in denen historische Waldnutzungsformen wie die Mittel- und Niederwaldwirtschaft exemplarisch überliefert bleiben.

wird intensiv geforscht. Da ursprüngliche Urwälder in Mitteleuropa so gut wie nicht mehr vorkommen, bietet die Bannwaldforschung eine der wenigen Möglichkeiten, Aufschlüsse über eine vom Menschen nahezu unbeeinflusste Dynamik von Wald-Ökosystemen zu erhalten.

Zum Stichtag 1.6.2002 gab es in Baden-Württemberg insgesamt 90 Bannwälder mit 5339 ha und 381 Schonwälder mit 17 468 ha (Abb. 12,13).

Langfristig ohne Nutzung sind auch die im Rahmen der Forsteinrichtung ausgewiesenen Waldflächen in „außerregelmäßiger Bewirtschaftung“. Sie umfassen im öffentlichen Wald etwa 16 000 ha. Obwohl diese Flächen überwiegend keiner gesetzlichen Schutzkategorie angehören, sind sie aufgrund ausgesetzter Nutzung vom Naturschutzaspekt her ähnlich zu beurteilen wie Waldschutz- oder Naturschutzgebiete.

8.3 Waldbiotopkartierung

Die Waldbiotopkartierung der Landesforstverwaltung ist eine selektive Kartierung: Maßstab für die Auswahl der Biotope sind die Kriterien „Seltenheit“ und „Gefährdung“. Die Biotope, die den festgelegten Kartierkriterien entsprechen, werden in Karten im Maßstab 1:10000 eingetragen und in Biotopbelegen näher beschrieben.

Die Ersterfassung der Waldbiotope konnte 1998 abgeschlossen werden. Im Anschluss daran begann die Überarbeitung der frühen Waldbiotopkartierungen von 1989 bis 1992. Die Überarbeitungen waren notwendig, weil zu Beginn der Waldbiotopkartierung 1989 nur eine relativ allgemein gefasste Kartieranleitung mit vielfach nur rahmenhaft formulierten Biotoptypen vorlag. Zudem bestand damals hinsichtlich der regionalen Seltenheit einiger Waldgesellschaften keine Klarheit.

Im Rahmen der Forsteinrichtung werden die 2002 gestarteten Wiederholungskartierungen in bestimmten Forstämtern vorgenommen und die

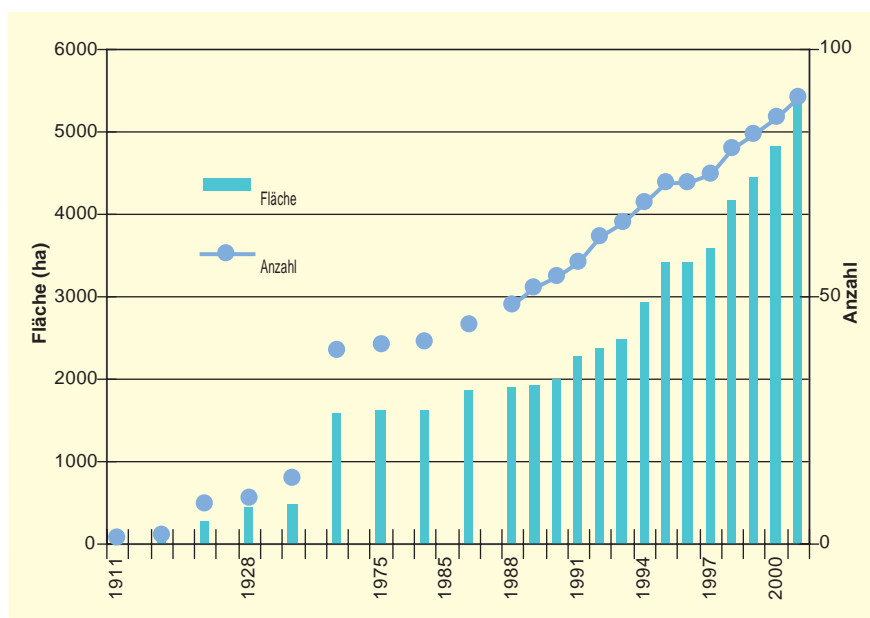


Abb. 12: Bannwälder (Quelle: MLR/Landesforstverwaltung 2002)

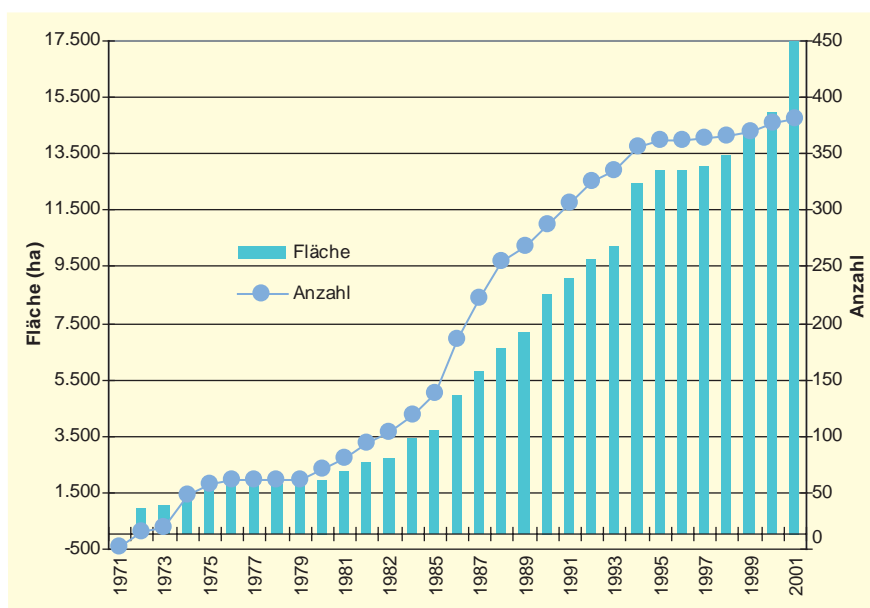


Abb. 13: Schonwälder (Quelle: MLR/Landesforstverwaltung 2002)

Leitbiotoptypen	Hektar
Seltene naturnahe Waldgesellschaften	19 045
Trockenbiotope	4 460
Moorbereiche und Feuchtbiotope	6 071
Stillgewässer mit Verlandungsbereich	1 925
Fließgewässer mit naturnaher Begleitvegetation	15 665
Waldränder	745
Waldbestände mit schützenswerten Tierarten	3 906
Waldbestände mit schützenswerten Pflanzenarten	4 112
Strukturreiche Waldbestände	8 037
Waldbestände mit Resten historischer Bewirtschaftungsformen	780
Sukzessionsflächen	4 151
Naturgebilde	10 476
insgesamt	79 373

Tab. 5: Auswertung der Waldbiotopkartierung nach Leitbiotoptypen (Quelle: MLR/Landesforstverwaltung; Stand 1.6.2002)

aktualisierten Daten des Biotopbestandes zu konkreten waldbaulichen Maßnahmen umgesetzt. Für die in den Flächen durchgeführten Pflegemaßnahmen findet gleichzeitig eine Erfolgskontrolle statt.

Hinsichtlich des gesetzlichen Schutzes der kartierten Waldbiotop sind drei Gruppen von Biotopen zu unterscheiden:

Die nach § 24a Naturschutzgesetz des Landes besonders geschützten Biotop sind insbesondere

- naturnahe Bruch-, Sumpf- und Auewälder
- naturnahe Wälder trockenwarmer Standorte einschließlich ihrer Staudensäume.

Der unter dem Schutz des § 30a Landeswaldgesetz stehende „Biotop-schutzwald“ umfasst

- naturnahe Schlucht- und Blockwälder sowie regional seltene naturnahe Waldgesellschaften
- Tobel, Klingen, Kare und Toteislöcher im Wald mit naturnaher Begleitvegetation
- Wälder als Reste historischer Bewirtschaftungsformen
- strukturreiche Waldränder.

Ein dritter Teil der Biotop unterliegt keinem unmittelbaren gesetzlichen Schutz. Diese Biotop werden kartiert, um einen Gesamtüberblick über die für den Biotop- und Artenschutz besonders wichtigen Bereiche im Wald zu bekommen.

Zur Strukturierung und Zusammenfassung der vielen vorkommenden Einzelstrukturen in einer Biotopfläche haben die FVA und LfU die Biotop zwölf Leitbiotopotypen zugeordnet. Den Stand der kartierten Biotop nach Anzahl und Fläche, verteilt auf die einzelnen Leitbiotopotypen, kann man Tab.5 entnehmen.

Die größte Fläche nehmen die seltenen naturnahen Waldgesellschaften ein, die vor allem die extrem trockenen bzw. nassen Standorte besiedeln. Naturraumbedingt hoch ist auch der Anteil an naturnahen Fließgewässern und an Naturgebilden, das heißt Bereichen mit Felsen und Blockhalden. Diese beiden Biotopotypen treten vor allem in den Mittelgebirgen gehäuft auf.

Die Ausstattung der Wälder mit seltenen und hochwertigen Biotop ist insgesamt gut. Regional differenziert ergeben sich Schwerpunkte

- im Südwestdeutschen Alpenvorland mit seinen zahlreichen Moor- und Feuchtgebieten

- auf der Schwäbischen Alb mit den Trockenbiotop und den insbesondere am Albtrauf gehäuft vorkommenden Trockenwäldern
- im Südschwarzwald mit großflächigen naturnahen Waldgesellschaften, naturnahen Fließgewässern und Naturgebilden
- im Oberrheintal mit den typischen Biotop der Aue
- im übrigen Gebiet des Rheintals mit den Trockenbiotop.

8.4 Bodenschutzwald

Wälder auf erosionsgefährdeten Standorten sind nach § 30 Landeswaldgesetz als Bodenschutzwald geschützt und müssen besonders schonend bewirtschaftet werden. Dazu gehören insbesondere rutschgefährdete Hänge, felsige oder flachgründige Steilhänge, zur Verkarstung neigende Standorte und Flugsandböden. Die Waldbesitzer sind gesetzlich verpflichtet, Bodenschutzwald so zu behandeln, dass eine standortgerechte, ausreichende Dauerbestockung erhalten bleibt. Bodenschutzwald ist kraft Gesetzes begründet und bedarf somit keiner besonderen Ausweisung, sondern lediglich einer ortsüblichen Bekanntmachung durch das Forstamt.

Die Waldfunktionenkartierung hat landesweit 237 431 ha Wald (17,2 % der Waldfläche) als gesetzlichen Bodenschutzwald ausgewiesen (Abb. 14).

8.5 Wasserschutzwald

Wald trägt wesentlich zur Reinhaltung des Grund- und Oberflächenwassers und zur Stetigkeit der Wasserspende bei. Die Wälder wirken ausgleichend und stabilisierend auf den Wasserhaushalt. In geschlossenen Waldgebieten fehlen Verschmutzungsquellen weitgehend und in der Regel findet kein Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln statt. Daher ist Grund- und Oberflächenwasser, das aus großflächigen Waldgebieten stammt, in der Regel hygienisch einwandfrei.

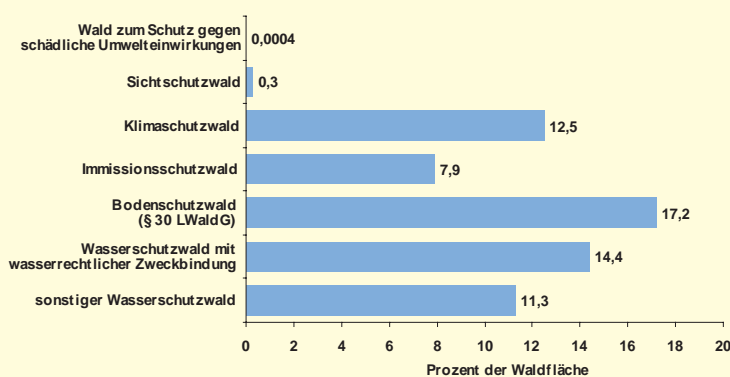


Abb. 14: Schutzwaldanteile (Quelle: MLR/Landesforstverwaltung; Stand: Waldfunktionenkartierung 1990)

Der Waldboden übt eine starke biologische Filterwirkung aus. Aufgrund ihres hohen Grobporenanteils verfügen Waldböden einerseits über eine gute Durchlässigkeit, andererseits aber auch über eine hohe Speicherkapazität. Diese Eigenschaften verhindern oberflächennahe Abflüsse und Hochwasserspitzen; ferner sorgen sie für eine nachhaltige Wasserversorgung in niederschlagsarmen Zeiten.

8.6 Klimaschutzwald

Große zusammenhängende Waldflächen nahe Siedlungen können als *Regionaler Klimaschutzwald* das Klima großräumig günstig beeinflussen. Die Temperaturunterschiede zwischen Siedlung und Wald führen dazu, dass die Luftmassen ständig in Bewegung bleiben und sich dabei durchmischen. Regionaler Klimaschutzwald wird aufgrund spezieller Klimagutachten ausgewiesen.

Lokaler Klimaschutzwald wurde bei der Waldfunktionenkartierung entweder als Schutzwald zur Vermeidung von Kaltluftschäden, insbesondere an nachgelagerten landwirtschaftlichen Sonderkulturen, oder als Windschutzwald vor Siedlungsbereichen und Erholungsschwerpunkten ausgewiesen (Abb. 14).

8.7 Immissionsschutzwald

Aufgrund der großen Oberfläche ihrer Nadel- und Blattorgane können Waldbäume viele Tausend Tonnen Schadstoffe aus der Luft herauskämmen oder absorbieren. Diese natürliche Filterwirkung ist bei großen, geschlossenen Waldbeständen am stärksten ausgeprägt. Dies belegt, wie wichtig es ist, insbesondere in den dichtbesiedelten und stark industrialisierten Ballungsräumen, den Wald unseres Landes zu erhalten.

Wald, der großräumig eine Verringerung der Luftschadstoffe bewirkt, wurde in der Waldfunktionenkartierung als *Regionaler Immissionsschutzwald* erfasst. Dagegen wurden *Lokale Immissionsschutzwälder* in der Umgebung einzelner, besonders schad-

stoffintensiver Emittenten (z.B. Zementfabriken, Bitumenwerke, Steinbrüche) ausgewiesen. Der Wald hat hier die Aufgabe, angrenzende Siedlungen, Erholungsgebiete, Krankenhäuser usw. vor Luftverschmutzung sowie Geruchs- und Lärmbelästigungen zu schützen. Eine besondere Art des Lokalen Immissionsschutzwaldes ist der Lärmschutzwald entlang von Verkehrsanlagen (stark befahrenen Straßen und Bahnlinien) (Abb. 14).

8.8 Erholungswald

Die frische und mit Duftstoffen angereicherte Luft, sein ausgeglichenes Klima, seine freie Zugänglichkeit, seine große Flächenausdehnung und vieles mehr machen den Wald als Erholungsraum bei der Bevölkerung sehr beliebt. Die Waldfunktionenkartierung hat deshalb Waldflächen, die die Bevölkerung in Siedlungs-, in Erholungsgebieten und an besonderen Anziehungspunkten besonders stark in Anspruch nimmt, als Erholungswald erfasst. Entsprechend der Frequentierung wird dabei zwischen Erholungswald der Stufe 1 (> 10 Besucher/ha Waldfläche/Tag) und der Stufe 2 (1 bis 10 Besucher/ha Waldfläche/Tag) unterschieden.

Außerdem ist es nach § 33 LWaldG möglich, von Erholungssuchenden besonders stark begangene Wälder als gesetzlichen Erholungswald auszuweisen.

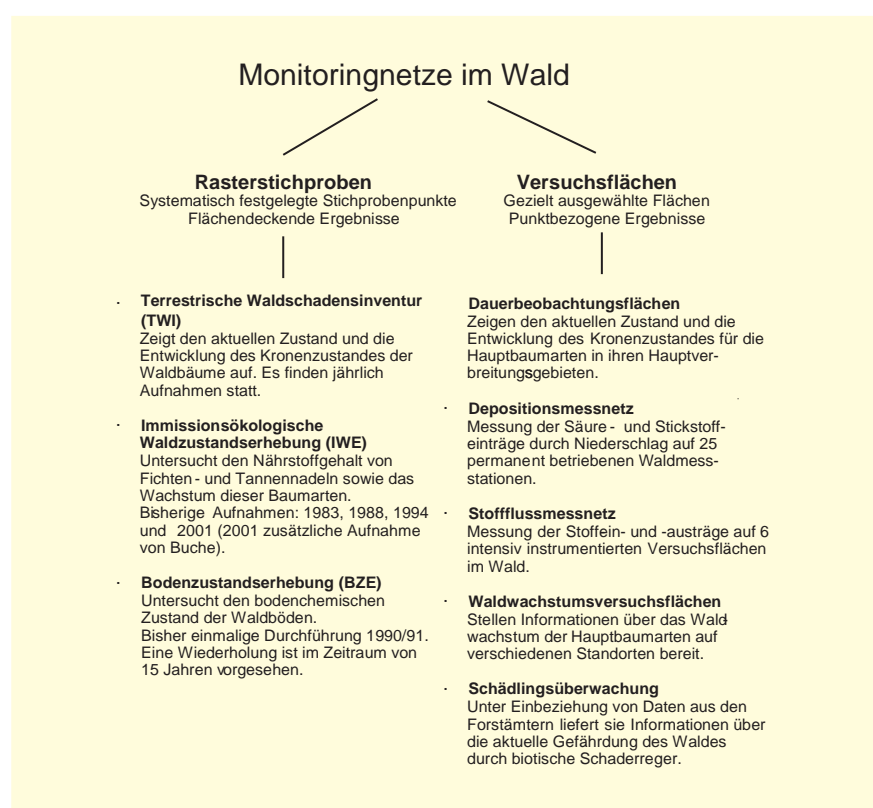
Die Waldfunktionenkartierung hat 66 804 ha Erholungswald der Stufe 1 (4,8 % der Gesamtwaldfläche), 305 647 ha Erholungswald der Stufe 2 (22,1%) und 7809 ha Erholungswald nach § 33 LWaldG (0,6 %) ausgewiesen.

9. Gesundheitszustand der Wälder

Der aktuelle Waldzustand Baden-Württembergs wird durch ein umfassendes Monitoringnetz im Wald überwacht.

Ein wesentlicher Bestandteil ist hierbei die jährliche Terrestrische Waldschadensinventur, durch die seit 1983 die Vitalität der Waldbäume anhand des aktuellen Kronenzustandes vom Boden aus im Hinblick auf den Nadel-/Blattverlust und die Vergilbung der Blattorgane eingeschätzt wird.

Eine Vielzahl natürlicher und anthropogener Faktoren beeinflusst den Zustand der Waldökosysteme. Um Informationen über die Intensität und



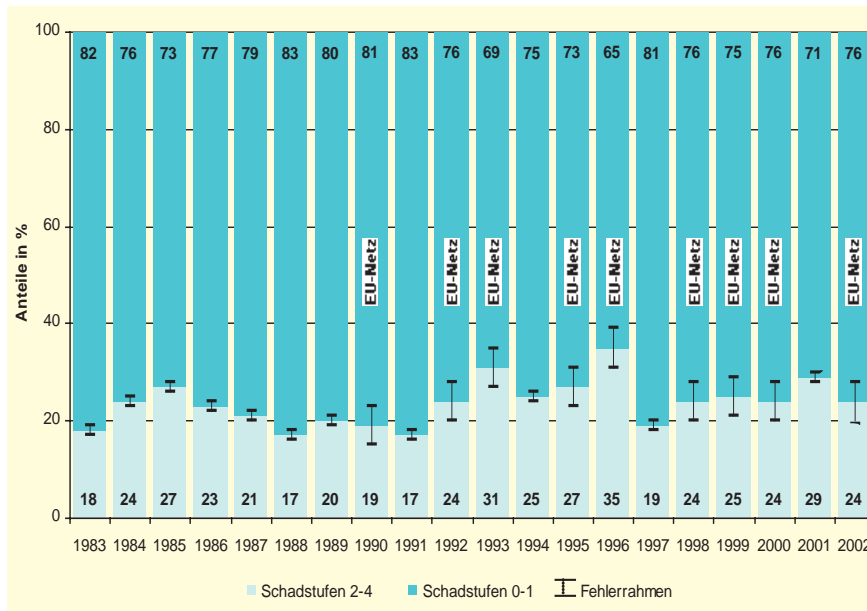


Abb. 15: Entwicklung der geschädigten Waldfläche (Quelle: MLR/Landesforstverwaltung 2002)

Ursachen von Veränderungen in den Waldböden und der Vegetation zu erhalten, hat die Landesforstverwaltung in den Wäldern des Landes verschiedene Mess- und Beobachtungsnetze eingerichtet. Hierbei sollen insbesondere das Ausmaß von Veränderungen und die dabei ablaufenden Prozesse erkannt werden. Aus den Ergebnissen lassen sich dann gezielte Maßnahmen ableiten, um die Waldökosysteme langfristig zu stabilisieren.

Das aktuelle Schadniveau der Wälder in Baden-Württemberg ist mit rund einem Viertel deutlich geschädigter Waldfläche (> 25 % Nadel-/Blattverluste, Schadstufen 2-4) weiterhin sehr hoch. Der Vitalitätszustand der Wälder hat sich im Vergleich zu den letzten vier Aufnahmen im EU-Netz (16 mal 16 km) nicht signifikant verändert. Der Waldflächenanteil mit vergilbten Bäumen (9 %) ist dagegen in dem selben Zeitraum signifikant gestiegen. Dies ist ein Zeichen für Nährstoffmängel, vor allem Magnesiummangel, im Boden (Abb.15).

Dabei wirken auf den Wald viele natürliche und anthropogene Stressfaktoren, die zum Teil in Wechselbeziehung zueinander stehen.

9.1 Witterungseinflüsse

Die globale Klimaveränderung, die unter anderem auf den durch die erhöhten CO₂-Emissionen bedingten Treibhauseffekt zurückzuführen ist, schafft eine Reihe von Stressfaktoren für die Wälder. Durch die Temperaturerhöhung, insbesondere im Frühjahr und Herbst, kommt es zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode und zu einer Verschiebung der jährlichen Niederschlagsmengen. Während die Niederschläge im Vergleich zum langjährigen Mittel in den Wintermonaten steigen, nehmen sie in der Vegetationszeit ab. Die veränderten Klimabedingungen wirken sich direkt auf die Wasser- und Nährstoffversorgung der Waldökosysteme aus. Zudem führen häufigere Klimaextreme, wie Sturmereignisse, anhaltende Trockenheit und Hitzeperioden, zu Stresssituationen, die den Vitalitätszustand der Bäume negativ beeinflussen. Es sind aber auch andere, indirekte Einflüsse des Klimawandels denkbar, wie z.B. eine Veränderung der Populationsdynamik von Schadinsekten.

9.2 Schadstoffe in der Luft und im Niederschlag

Obwohl die Schwefeldioxidimmissionen (SO₂) seit Ende der 80er Jahre deutlich zurückgegangen sind, stellen die Säure- und Stickstoffeinträge nach wie vor insbesondere auf silikatischen Standorten ein bedeutendes Risiko für das Waldökosystem und das Trinkwasser dar. Es kommt zu Auswaschungsprozessen bei Nährelementen wie Magnesium, Calcium und Kalium und somit zur Versauerung des Bodens. Hohe Stickstoffeinträge fördern zwar das Wachstum der Bäume, sie können aber gleichzeitig zu Ungleichgewichten im Nährstoffhaushalt der Bäume führen.

Die Konzentration von pflanzenschädlichem, bodennahem Ozon (O₃) ist in den Sommermonaten insbesondere in den Hochlagen der Mittelgebirge weiterhin sehr hoch. Zwar konnten noch keine sichtbaren Blattschädigungen an Waldbäumen nachgewiesen werden, doch ist mit einer negativen Beeinflussung des Stoffumsatzes in Nadeln und Blättern zu rechnen.

Vor diesem Hintergrund sind Politik und Gesellschaft weiterhin aufgefordert, die Säureeinträge in die Wälder zu verringern. Vitalitätsfördernde Maßnahmen von Seiten der Waldbesitzer können nur die Folgen abmildern, die Ursache aber nicht beseitigen. Bodenschutzkalkungen mit magnesiumhaltigem Kalk bewirken eine Kompensation der aktuellen Säureeinträge und führen dem Boden zugleich notwendiges, zuvor durch Nährstoffauswaschung entzogenes Magnesium zu. Hierdurch treten zwei wesentliche Effekte auf:

pH-Wert im Waldboden

Ein Vergleich zwischen 1927 und 1992 im Schwarzwald und im Odenwald gemessenen pH-Werten zeigt: Auf Standorten des Buntsandsteins, Gneises und Moränenlehms hat eine deutliche Zunahme der Säurestärke um 1 bis 2 pH-Stufen stattgefunden. Weitergehende Informationen finden sich im Merkblatt „Bodenschutzkalkung im Wald“, Nr. 50/2000, FVA.

Der Vegetation werden wichtige Nährelemente wieder zur Verfügung gestellt; andererseits wird der Trend zur Gewässerversauerung durch die Bodenschutzkalkung erheblich gemildert. Inzwischen sind Wiederholungskalkungen auf anthropogen stark versauerten Standorten insbesondere im Schwarzwald und Odenwald erforderlich. Die Bodenschutzkalkung im Wald ist eine umwelttechnische Vorsorgemaßnahme, die zwar Säureeinträge kompensieren kann. Sie ersetzt aber in keiner Weise eine konsequente Weiterführung der Luftreinhaltepolitik. Ziel ist die langfristige Senkung von Säure- und Stickstoffeinträgen auf ein ökosystemverträgliches Maß.

10. Zertifizierung

Unter Zertifizierung versteht man eine „Maßnahme durch einen Dritten, die aufzeigt, dass angemessenes Vertrauen in die Übereinstimmung eines ordnungsgemäß bezeichneten Erzeugnisses, Verfahrens oder einer ordnungsgemäßen Dienstleistung mit einer bestimmten Norm oder einem bestimmten anderen Dokument besteht“ (Definition nach ISO). Das heißt: Ein Betrieb verpflichtet sich, bei seiner Produktion bestimmte Qualitäts- oder Umweltstandards einzuhalten; eine Zertifizierungsstelle (ein „unabhängiger Dritter“) überprüft dies und bestätigt es bei positivem Prüfergebnis mit einem Zertifikat. Der Betrieb kann bei der Vermarktung seiner Produkte mit diesem Zertifikat werben und dadurch Mehrerlöse oder Marktanteile gewinnen.

Die Idee, Waldbewirtschaftung zu zertifizieren, entspringt ursprünglich dem Wunsch, den Tropenwald zu retten. Der jährliche Verlust von 12,5 Mio. ha Tropenwald entspricht der neunfachen Waldfläche des Landes Baden-Württemberg oder 125 % der Waldfläche Deutschlands. Vor diesem Hintergrund betrachten insbesondere Umweltverbände die Zertifizierung als ein Mittel, nachhaltige Forstwirtschaft zu fördern und damit die Waldzerstörung zu stoppen.

Mit Hilfe der Zertifizierung dokumentiert die Forstwirtschaft des Landes nachhaltige Waldbewirtschaftung und schafft ein Marketinginstrument für Holz und Holzprodukte. Die Zertifizierung endet allerdings nicht im Wald. Um nachzuweisen, dass zertifizierte Holzrohstoffe tatsächlich aus zertifizierten Wäldern stammen, muss, auf dem Weg über die Produktzertifizierung, in der gesamten Produktkette der Weg des Holzes nachgewiesen werden. So wird für den Endverbraucher dokumentiert, dass das Holzprodukt aus nachhaltiger Forstwirtschaft stammt.

In Baden-Württemberg sind 1 044 834 ha (Stand 3.2.2003) Wald nach dem Zertifizierungssystem PEFC (Pan European Forest Certification) und 11 339 ha (Stand 8.1.2003) Wald nach dem Zertifizierungssystem FSC (Forest Stewardship Council) zertifiziert.

Diese beiden großen Zertifizierungssysteme stimmen bezüglich ihrer hohen ökologischen Anforderungen und Standards weitestgehend überein.

Die ökologischen Standards PEFC/FSC bedeuten:

- naturnaher Waldbau
- grundsätzlicher Verzicht auf Kahlschlag
- Vorrang der Naturverjüngung
- angepasste Wildstände
- Verbot gentechnisch veränderter Organismen
- Schutz gefährdeter Arten und Lebensräume
- Schutz von alten Bäumen und Totholz
- Verzicht auf Biozide/Vorrang des integrierten Waldschutzes

11. Anhang

11.1 Kleines Waldlexikon

Abiotische Schäden

Entstehen durch Frost, Sturm, Schnee, Dürre oder auch Waldbrand.

Aufforstung

Pflanzen von Bäumen auf einer Fläche, die bisher kein Wald war.

Baumartenanteile

Rahmenwerte für den Flächenanteil einer Baumart im Waldentwicklungstyp über alle Entwicklungsphasen.

Behandlungstyp

Zusammenfassung von Beständen innerhalb eines Waldentwicklungstyps, die der gleichen waldbaulichen Behandlung unterworfen sind. Behandlungstypen werden durch spezifische Maßnahmen (z.B. Jungbestandspflege, Durchforstung, Zieldurchmesser-Ernte) gekennzeichnet.

Bestand

Teil des Waldes.

Biotope

Der charakteristische Lebensraum von Pflanzen und Tieren in einem bestimmten Gebiet, z.B. Feuchtbiotop.

Durchforstung

Behandlungstyp, der mittels selektiver Baumentnahmen eine gezielte Konzentration des Zuwachses auf vitale und qualitativ gute Bäume (Z-Bäume) erreicht.

Feinerschließung

Um ein flächiges Befahren des Waldbodens zu vermeiden und eine geordnete, pflegliche Holzernte zu ermöglichen, wird ein permanentes Feinerschließungsnetz angelegt. Dieses besteht aus Rückegassen oder Maschinenwegen.

Holzvorrat

Holzmenge auf einer bestimmten Fläche. Der Holzvorrat wird in Vorratsfestmetern angegeben (Volumen des Stamm- und Astholzes über 7 cm Durchmesser; 1 Festmeter = 1 cbm).

Labilität

Gegensatz: Stabilität.

Nachhaltigkeit

Die ständige und optimale Erfüllung der Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktion der Wälder. Für die Holzernte bedeutet das Prinzip der Nachhaltigkeit, dass nie mehr Holz eingeschlagen wird, als nachwächst. Gleichzeitig muss auch die Versorgung künftiger Generationen gesichert sein.

Natürliche Waldgesellschaft

Auf einem Standort von menschlicher Kultur unabhängige, durch die Wuchsbedingungen, Entstehungsart und Entwicklungsdauer geprägte, von Waldbäumen dominierte Pflanzengemeinschaft.

Naturnähe

Grad der Nähe eines Waldes zum Standortswald.

Naturverjüngung

Natürlicher Aufwuchs des Waldes aus den Samen des bestehenden Bestands oder vegetative Vermehrung, z.B. durch Stockausschläge oder Wurzelbrut.

Rücken

Transport gefällter Bäume zu autobefahrenen Waldwegen (Rückegassen).

Stabilität

Relativ konstanter Gleichgewichtszustand, in dem die Waldökosysteme eine hohe Elastizität und Widerstandskraft gegenüber Störeinflüssen besitzen. Artenzusammensetzung und Strukturelemente fluktuieren räumlich und zeitlich in nur begrenztem Maß, und die Bilanz der Stoffumsätze ist ausgeglichen. Gegensatz: Labilität.

Stabilität eines Baumes

Widerstandsfähigkeit gegenüber biotischen und abiotischen Stressfaktoren.

Standort

Durch Klima, Boden und Exposition gekennzeichnete Gesamtheit der Umwelteinflüsse. Die Verhältnisse eines Standortes bestimmen, welche Baumarten auf ihm optimal wachsen können (vgl. auch Umweltdaten 2000, S. 173 ff.).

Standortskartierung

Die Standortskartierung erfasst die

Waldstandorte und bewertet diese in Bezug auf ihre Eignung für die verschiedenen Baumarten. Sie ist wesentliche Basis für eine naturnahe Waldbewirtschaftung (vgl. auch Umweltdaten 2000, S. 173 ff.).

Standortswald

Lokale natürliche Baumartenzusammensetzung innerhalb einer Standortseinheit der forstlichen Standortskartierung. Der Standortswald wird in Anlehnung an die heutige potenzielle natürliche Vegetation hergeleitet. Aus dem Standortswald lässt sich die Naturnähe der vorhandenen Bestockung ableiten.

Struktur

Vertikale Gliederung von Beständen durch Bäume oder Sträucher von deutlich unterschiedlicher Höhe. Sie ist Folge des baumartenspezifischen Höhenwachstums, von Ungleichartigkeit der Bäume und Sträucher oder von langsamerer Höhenentwicklung durch geringeren Lichtgenuss im Schatten höherer Bäume.

Umwandlung

Rodung des Waldes zur Überführung in eine andere Nutzungsart (z.B. als Siedlungsfläche).

Waldbau

Planmäßige Bewirtschaftung des Waldes. Dazu gehören unter anderem Verjüngung, Bestandspflege und Bestandserziehung.

Waldentwicklungsphasen

Gliederung in Verjüngungs-, Wachstums-, Reife-, Alters- und Zerfallsphase. Die letztere tritt in Wirtschaftswäldern nur bei Verzicht auf Nutzung auf.

Waldentwicklungstyp

Zu Waldentwicklungstypen fasst man Bestände mit vergleichbarem Ausgangszustand und vergleichbaren Zielsetzungen zusammen. Sie beschreiben die zweckmäßigsten waldbaulichen Techniken zur Erreichung dieser Ziele unter Beachtung der Funktionenvielfalt des Waldes.

Zuwachs

Die jährlich nachwachsende Holzmenge eines Waldes auf einer bestimmten Fläche.

11.2 Quellen- und Literaturhinweise

Waldgesetz für Baden-Württemberg i.d.F. vom 31.8.1995 (GBl S. 685)

Richtlinie landesweiter Waldentwicklungstypen, Landesforstverwaltung Baden-Württemberg 1999

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg: Merkblatt „Bodenschutzkalkung im Wald“, Nr. 50/2000

Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg: Naturnahe Waldwirtschaft; Eigenverlag, Stuttgart 1992

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg: Der Wald in Baden-Württemberg – Im Spiegel der Bundeswaldinventur 1989-1990; Eigenverlag, Freiburg 1993

Landesforstverwaltung: Forsteinrichtungstatistiken für die öffentlichen Waldungen in Baden-Württemberg 1991-2000; Eigenverlag, Stuttgart 2002

Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg: Jahresberichte der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg 2001; Eigenverlag, Stuttgart

11.3 Informationsmöglichkeiten

www.mlr.baden-wuerttemberg.de
www.wald-online-bw.de
www.fva-bw.de

UMWELTINDIKATOREN

1. Allgemeines	255
2. Definition und Zielsetzung	255
4. Indikatoren für Baden-Württemberg	257
5. Anhang	264

1. Allgemeines

Seit der UN-Konferenz in Rio de Janeiro 1992 hat sich die internationale Völkergemeinschaft auf ein nachhaltiges Handeln verständigt. Dies bedeutet, die Bedürfnisse der Gegenwart zu befriedigen, ohne die Perspektiven zukünftiger Generationen zu beeinträchtigen. Die Gedanken und Forderungen aus dieser Konferenz sind in der Agenda 21 festgelegt. Das Hilfsinstrument „Indikator“, in Kapitel 40 der Agenda 21 als Schlüsselgröße gefordert, schafft eine Grundlage für politische Entscheidungen. Indikatoren sollen das Handeln des Menschen sichtbar machen. Im Sinne von nachhaltigem Handeln gilt es, sowohl ökologische als auch ökonomische und soziale Aspekte zu berücksichtigen (Nachhaltigkeitsindikatoren). Aufgrund der hohen Komplexität dieses dreigliedrigen Systems und dem zusätzlichen Anspruch, den Handlungsbedarf und den Fortschritt eingeleiteter Maßnahmen ablesbar zu gestalten, erfolgte von unterschiedlichen Institutionen und Gremien der Einstieg in Indikatorensysteme zunächst über den ökologischen Part.

Bereits 1997 wurden für die „Umweltdaten 95/96“ die ersten Bewertungen anhand von Umweltindikatoren von der Landesanstalt für Umweltschutz erarbeitet. Im Folgebericht im Jahr 2000 wurde ein erweiterter mit der Akademie für Technikfolgenabschätzung abgestimmter Indikatorenansatz veröffentlicht. Seither haben sich die politisch und wissenschaftlich

definierten Ansprüche an die Inhalte des Indikatorensystems geändert. Der vorliegende Indikatorenansatz basiert im wesentlichen auf den Arbeiten des Bund-Länder-Arbeitskreises „Nachhaltige Entwicklung“ und der Länderinitiative für einen länderübergreifenden Kernindikatorenansatz (LIKI).

2. Definition und Zielsetzung

Grundsätzlich müssen Indikatoren greifbar, signifikant, leicht verständlich und auf das Wesentliche beschränkt sein. Sie beziehen sich auf definierte Größen und Zeiträume. Sie können die internationale, die nationale und die kommunale Ebene umfassen. Dargestellt werden Zeitreihen, die in der Regel aus Jahresmittelwerten aufgebaut sind. Die Bewertung der Zeitreihen erfolgt mit Bezug auf bestimmte Ziele oder Vergleichsgrößen (z.B. Bundesdurchschnitt), um somit gegebenenfalls einen politischen Handlungsbedarf aufzuzeigen.

3. Entwicklungen

3.1 Internationale Ansätze

Die Entwicklung von Umweltindikatoren begann schon vor der UN-Konferenz von 1992 durch die OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). Sie entwickelte einen methodischen Ansatz, in dem drei Hauptkategorien von Umweltindikatoren unterschieden wurden: Belastungen der Umwelt („pressures“), Beschreibung von Umweltzustand und -qualität („state“) und gesell-

schaftliche Reaktionen („responses“). Dieser so genannte PSR-Ansatz stellt bis heute die Grundlage der internationalen Entwicklungen auf dem Gebiet der Indikatorensysteme dar. Die OECD hat mehrere Indikatorenansätze für verschiedene Zwecke entwickelt, darunter das Core Set, das zehn Schlüsselindikatoren für die Umwelt beinhaltet und die Öffentlichkeit über wichtige gemeinsame Themen der OECD-Länder informieren soll. Spezielle sektorale Indikatoren haben darüber hinaus die Aufgabe, Entscheidungsprozesse in Umweltfragen, wie z.B. Transport, Energie, Landwirtschaft usw. zu unterstützen. Die OECD unterstützt ihre Mitgliedsländer in der Entwicklung und Anwendung von Umweltindikatoren.

Die im Rahmen der Rio Konferenz von der UN ins Leben gerufene CSD (Commission for Sustainable Development) übernahm zunächst den methodischen Ansatz der OECD, ist aber mittlerweile zu einem System von Themen und Unterthemen über-

Nachhaltigkeitsindikatoren sind Kenngrößen für die Trendbeschreibung zentraler Problemfelder einer nachhaltigen Entwicklung in der ökologischen, ökonomischen, sozialen und partizipatorischen Dimension. Sie dienen als Monitoring für die Umsetzung der Agenda 21.

Umweltindikatoren sind Mess- oder Kenngrößen für die Bewertung und Trendbeschreibung der Umweltsituation. Mit wenigen Schlüsselgrößen werden Belastungen und Zustand der Umwelt in einer komprimierten und generalisierten Form dargestellt.

1. Energie- und Rohstoffproduktivität
2. Emissionen der sechs Treibhausgase des Kyoto-Protokolls
3. Anteil erneuerbarer Energien am Energieverbrauch
4. Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche
5. Entwicklung der Bestände ausgewählter Tierarten
6. Finanzierungssaldo des Staatssektors
7. Investitionsquote
8. Private und öffentliche Ausgaben für Forschung und Entwicklung
9. Ausbildungsabschlüsse der 25-Jährigen und Zahl der Studienanfänger
10. Bruttoinlandsprodukt
11. Transportintensität und Anteil der Bahn an der Güterverkehrsleistung
12. Anteil des ökologischen Landbaus und Gesamtbilanz Stickstoff-Überschuss
13. Schadstoffbelastung der Luft
14. Zufriedenheit mit der Gesundheit
15. Zahl der Wohnungseinbruchsdiebstähle
16. Erwerbstätigenquote
17. Ganztagsbetreuungsangebote
18. Verhältnis der Bruttojahresverdienste von Frauen und Männern
19. Zahl der ausländischen Schulabgänger ohne Hauptschulabschluss
20. Ausgaben für die Entwicklungszusammenarbeit
21. Einfuhren der EU aus Entwicklungsländern

Tab. 1: 21 Indikatoren für das 21. Jahrhundert Nachhaltigkeitsindikatoren für die Bundesebene

gegangen (z. B. Thema „Atmosphäre“, Unterthema „Klimawandel“, Indikator „Treibhausgasemissionen“). Außerdem dehnte sie den Betrachtungsrahmen neben dem ökologischen auch auf soziale, wirtschaftliche und institutionelle Bereiche aus. 1997 übergab die CSD einen umfassenden Satz von 134 Einzelindikatoren an 22 Staaten (u. a. an Deutschland) zur Erprobung. Basierend auf den Erfahrungen wurde 2001 ein überarbeiteter Satz von 58 Indikatoren erstellt. Von diesen Indikatoren können 19 als umweltrelevant eingestuft werden.

Die Europäische Umweltagentur (EUA) orientierte sich ebenfalls an dem international verbreiteten PSR-Ansatz der OECD, ergänzte ihn jedoch um die Kategorien verursachende Faktoren („driving forces“) und Auswirkungen („impact“). Innerhalb dieses DPSIR genannten Bewertungsrahmens erstellte die EUA einen eigenen Umweltindikatorenansatz. In dem jährlich erscheinenden Bericht „Umweltsignale“ veröffentlicht die EUA ihre neuesten Entwicklungen zu dem Thema. Der ursprünglich getrennt entwickelte Indikatorenansatz

zu TERM (Transport and Environment Reporting Mechanism) und zum Umweltbereich wurde in dem Bericht „Stimmt die Richtung? Indikatoren zur Integration von Verkehr und Umwelt in der EU (TERM 2000)“ zusammen dargestellt.

3.2 Nationale Umsetzungen

Basierend auf den Erfahrungen mit der Erprobung der CSD-Indikatoren präsentierte der Staatssekretärsausschuss für Nachhaltige Entwicklung („Green Cabinet“) der Bundesregierung im Dezember 2001 einen Entwurf zur nationalen Nachhaltigkeitsstrategie. Dieser beinhaltete „21 Indikatoren für das 21. Jahrhundert“ (Tab. 1). Derzeit bearbeitet das Umweltbundesamt (UBA) als Grundlage für weitere Diskussionen im Kontext der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie „Schlüsselindikatoren für eine nachhaltige Entwicklung“.

Daneben liefert das Umweltbundesamt (UBA) im Rahmen eines „Deutschen Umweltindex“ (DUX) Kennwerte zu den Themen Klima, Luft, Boden,

Wasser, Energie und Rohstoffe. Der DUX soll als plakatives Instrument zur Präsentation von Entwicklungstrends im Umweltbereich fungieren.

3.3 Landesebene

Im Jahr 2001 wurde die Länderinitiative „Kernindikatoren“ (LIKI) der Umweltämter und -anstalten der Bundesländer gegründet. Ziel war es, einen gemeinsamen geprüften Satz von Umweltindikatoren auszuweisen. Der Ansatz bezieht sich im Wesentlichen auf die in den Umweltdaten 2000 publizierten Umweltindikatoren. Das UBA ist in dieser Initiative vertreten.

Auf der Grundlage der Arbeiten des LIKI hat sich im Jahr 2002 der Bund-Länder-Arbeitskreis Nachhaltige Entwicklung (BLAK NE) auf einen Satz von Umweltindikatoren verständigt. Diese sollen im Herbst 2003 von der Umweltministerkonferenz beschlossen werden.

Weitere Indikatorenentwicklungen im Land beziehen sich auf die von der EUA entwickelten TERM-Indikatoren. Diese wurden an die Landesverhältnisse angepasst und umfassen spezifische Indikatoren zur Verkehrssituation. In einer Vorstudie wurden bezüglich der verschiedenen Indikatorgrößen der jeweilige Ist-Zustand und die Trendentwicklung dargestellt und mit den landespolitischen Zielsetzungen verglichen.

3.4 Kommunale Ebene

Das Ministerium für Umwelt und Verkehr (UVM) hat 1999 die Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) mit einem Projekt zur Entwicklung von „Nachhaltigkeitsindikatoren für die Lokale Agenda 21“ beauftragt. Diesem Projekt haben sich die Bundesländer Bayern, Hessen und Thüringen angeschlossen. Unter Beteiligung von 12 Gemeinden und 4 Landkreisen wurden 24 Nachhaltigkeitsindikatoren ausgewiesen und getestet. Seit dem Jahr 2000 liegen die Empfehlungen für „Indikatoren im Rahmen einer Lokalen Agenda 21“ in Form eines Leitfadens vor. Baden-Württemberg hat darauf aufbauend 2002 eine

1. Flächenverbrauch
2. Umweltmanagement
3. Verkehrsleistung
4. Kohlendioxidemissionen des Verkehrs
5. Energieverbrauch
6. Endenergieverbrauch privater Haushalte und Kleinverbraucher
7. Energieproduktivität
8. Kohlendioxid-Emissionen
9. Bodennahes Ozon
10. Stickstoffdioxid-Immission
11. Abfall
12. Gewässergüte
13. Nitratgehalt des Grundwassers
14. Belastung der Muttermilch
15. Ökologische Landwirtschaft
16. Naturschutzflächen
17. Erholungsflächen in Agglomerations- und verstäderten Räumen
18. Flächenbilanz Stickstoff-Überschuss
19. Waldzustand
20. Landschaftszerschneidung

In Entwicklung:

21. Rohstoffproduktivität
22. Lärmbelastung
23. Schwermetalleintrag in Böden
24. Säure- und Stickstoffeintrag in Böden
25. Luftqualitätsindex
26. Bestandsentwicklung repräsentativer Arten der Normallandschaften
27. Trophiestufen stehender Gewässer
28. Gewässerstruktur

Tab. 2 Umweltindikatoren für Baden-Württemberg

Mustervorlage für Nachhaltigkeitsberichte erstellt. Die Gemeinden Bad Boll, Radolfzell, Schutterwald, Friedrichshafen und Hockenheim haben die ersten Nachhaltigkeitsberichte vorgelegt.

4. Indikatoren für Baden-Württemberg

Der vorliegende Indikatorenset umfasst 28 Indikatoren. Für 8 Indikatoren liegen derzeit noch keine Datensätze vor (Tab. 2).

Die Indikatoren werden anhand von Kennlinien dargestellt. Idealerweise wird zu der jeweiligen Dimension ein Jahresmittelwert angegeben. Zum Teil liegen die Daten nur für größere Intervalle vor. Im Folgenden wird einleitend zu jedem Indikator Definition,

Dimension und Bedeutung angegeben.

Die im Anschluss angefügten **Ziele** zu den Indikatorenthemen beziehen sich entweder auf gesetzliche Regelungen oder die Vorgaben des Umweltplans Baden-Württemberg. In wenigen Fällen wurden zur Bewertung Daten anderer Bundesländer zum Vergleich herangezogen (Diskussionswert).

Der **Status** beschreibt den momentanen Zustand und ist Ausgangspunkt für weitere umweltpolitische Zielsetzungen.

Die Entwicklung der **Trendlinie** wird vom Status aus zurückgehend betrachtet. Sie wird wie folgt bewertet:

Negativ: Der Status hat sich in Bezug auf das Ausgangsjahr verschlechtert.

Stagnierend: Der Status hat sich in den letzten Jahren entweder wenig verändert oder er hat stark fluktuiert. Trotz eines Auf- oder Abwärtstrends im letzten Messjahr zeichnet sich aber keine signifikante, langfristige Zustandsänderung ab.

Positiv: Der Status hat sich in Bezug auf das Ausgangsjahr leicht oder deutlich verbessert, ohne dass eine Umkehrung dieses Trends erkennbar ist.

Unter **Datenquelle** sind die Institutionen verzeichnet, die die ausgewerteten Daten zur Verfügung gestellt haben.

Flächenverbrauch

Dargestellt wird der Flächenverbrauch in ha/Tag und der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Landesfläche (in %).

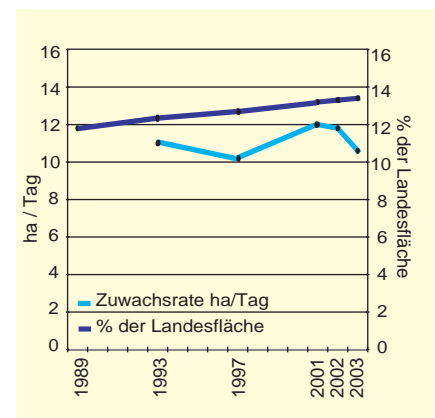
Der Flächenverbrauch steht als hoch-aggregierter Schlüsselindikator für den zum Teil unwiederbringlichen Verlust an Böden und Freiflächen. Die mit dem Flächenverbrauch verbundenen Umweltschädigungen sind in der Regel schleichend und treten erst über lange Zeiträume auf. Die Folgewirkungen für Mensch und Umwelt sind auf den ersten Blick nur schwer zu erkennen. Bei der ungebremsten Neuinanspruchnahme gehen ökologische Funktionen des Bodens verloren ebenso wie Lebensräume für Flora und Fauna. Die Gefahren dieser Entwicklungen werden zur Zeit noch deutlich unterschätzt

Ziel: Das Land strebt an, zur langfristigen Sicherung von Entwicklungsmöglichkeiten die Inanspruchnahme bislang un bebauter Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke (gegenwärtig 4 000 ha/Jahr) bis 2010 deutlich zurückzuführen (Umweltplan Baden).

Status: Täglich verliert Baden-Württemberg knapp 11 ha Boden durch Siedlungs- und Straßenbau.

Trend: Negativ. Zwischen 1997 und 2001 hat der Flächenverbrauch signifikant zugenommen. Es bleibt zu beobachten, ob die Reduktion in den letzten beiden Jahren bereits eine Trendumkehr bedeutet.

Datenquelle: Statistisches Landesamt 2003.



Umweltmanagement

Anteil der Beschäftigten in EMAS-zertifizierten Unternehmen und Organisationen, gemessen an der Gesamtzahl der im Bundesland Beschäftigten (in %).

Im Zentrum der EMAS-Beteiligung (EMAS = Eco-Management and Audit Scheme) steht die Verbesserung des betrieblichen Umweltschutzes und der eigenen Umweltleistung. Damit verbunden sind die Identifikation unnötiger und wirtschaftlich ineffizienter Ressourcenverbräuche sowie die Verminderung von Umweltbelastungen.

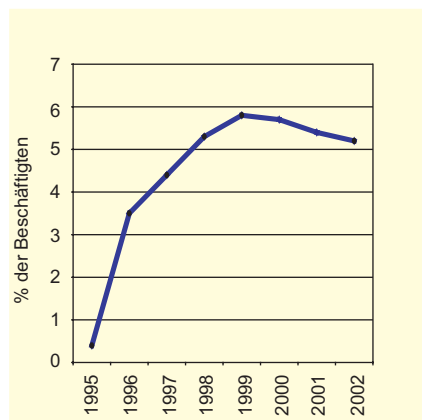
Zu berücksichtigen ist, dass hier nur EMAS-zertifizierte Organisationen erfasst sind. Zu den Beschäftigtenzahlen in Unternehmen, die nach der privatrechtlichen Umweltmanagementnorm ISO 14001 zertifiziert sind, liegen keine vergleichbaren Angaben vor.

Ziel: Es wird ein möglichst hoher Anteil von Beschäftigten in EMAS-zertifizierten Organisationen – gemessen an der Gesamtzahl der im Bundesland Beschäftigten – angestrebt.

Status: Die Zahl der Beschäftigten in EMAS-Organisationen bewegt sich auf einem niedrigen Niveau.

Trend: Negativ. Nach einer stetigen Zunahme bis 2000 ist in den vergangenen drei Erhebungsjahren ein Rückgang zu verzeichnen.

Datenquelle: Industrie- und Handelskammern 2003.



Verkehrsleistung

Güterverkehrsleistung in Milliarden Tonnenkilometern (Mrd. tkm) pro Jahr; Anteil des Schienen- und Binnenschiffsverkehrs an der Güterverkehrsleistung (in %).

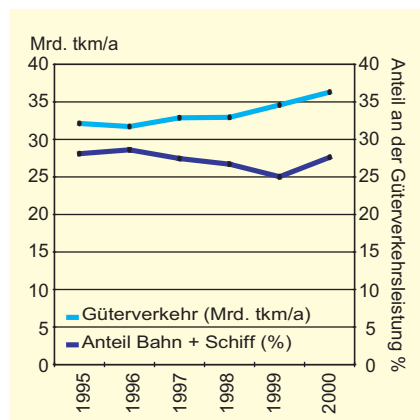
Eine Veränderung zu Ungunsten des energie- und schadstoffärmeren Schienen- und Binnenschiffsverkehrs kann in der Regel mit einer Erhöhung der Umweltbelastung gleichgesetzt werden.

Ziel: Der 2002 veröffentlichten Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie zufolge soll die Bahn bis 2015 eine doppelt so große Menge an Gütern transportieren, um die Umwelt zu entlasten und Staus auf den Straßen zu vermindern.

Status: Der Güterverkehr hat insgesamt während des gesamten Messzeitraumes um 6,7 % zugenommen. Die Anteile von Bahn und Schiff waren zwischen 1996 und 1999 rückläufig; erst im letzten Erhebungsjahr nahmen sie wieder zu.

Trend: Negativ. Bei steigendem Güterverkehrsaufkommen stagniert der Anteil von Bahn und Schiff. Dadurch nimmt die Umweltbelastung durch den Güterverkehr insgesamt zu. Ob die Zunahme des Anteils von Bahn und Schiff im letzten Erhebungsjahr bereits eine Trendumkehr bedeutet, bleibt abzuwarten.

Datenquelle: Statistisches Landesamt 2003.



Kohlendioxid-Emissionen des Verkehrs

Jährlich emittierte Kohlendioxidmenge des Straßen-, Luft-, Schienen- und Binnenschiffsverkehrs in Millionen Tonnen pro Jahr (Mio. t/a).

Der zum großen Teil durch Kohlendioxid (CO₂) verursachte Treibhauseffekt ist eines der vorrangigsten globalen Umweltprobleme. Der Verkehrssektor ist – neben Industrie und Haushalten – einer der größten Endenergieverbraucher mit einem steigenden Anteil an den anthropogen verursachten CO₂-Emissionen.

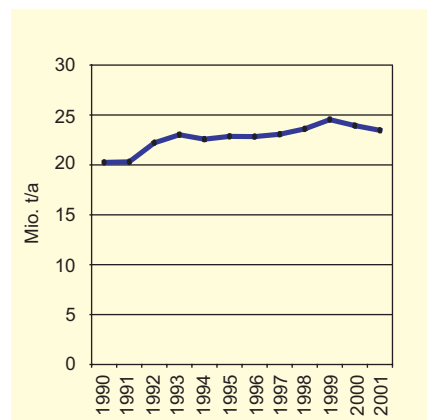
Der Energieverbrauch des Verkehrs gliedert sich in die Sektoren Schienenverkehr, Straßenverkehr, Luftverkehr und Binnenschifffahrt. Den Hauptbeitrag liefert in Baden-Württemberg der Straßenverkehr mit einem Anteil von über 90 %.

Ziel: Das Land strebt an, die CO₂-Emissionen des Verkehrs bis 2005 um 10 % bezogen auf 1987 zu verringern (Umweltplan, Generalverkehrsplan), also von 23,9 im Jahr 2000 auf 17,8 Mio. t/a.

Status: Die Werte liegen noch immer deutlich über dem Zielwert von 17,8 Mio. t/a.

Trend: Negativ. Die CO₂-Emissionen sind während des Erhebungszeitraumes fast kontinuierlich gestiegen. Erst in den letzten beiden Messjahren war eine leichte Emissionsminderung zu verzeichnen.

Datenquelle: Statistisches Landesamt 2003.



Energieverbrauch

Primärenergieverbrauch in Petajoule (Billiarden Joule) pro Jahr (PJ/a) und der ausgewiesene Anteil regenerativer Energie (in %).

Der Primärenergieverbrauch (z.B. Rohöl oder Steinkohle) ist ein deutlicher Zeiger für den Verbrauch von Ressourcen und die Verursachung von Treibhausgasemissionen. Der ausgewiesene Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch verdeutlicht den Beitrag zum Klimaschutz.

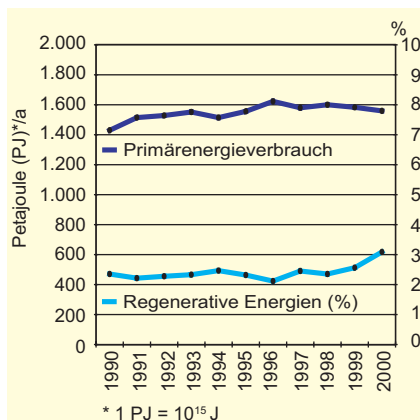
Ziel: Das Land strebt an, bis zum Jahr 2010 in Baden-Württemberg den Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch auf 4,2 % zu erhöhen (Umweltplan Baden-Württemberg).

Status: Mit einem Anteil erneuerbarer Energien von derzeit 3,1 % liegt das Land gut im Zeitplan zur Zielerreichung.

Trend: Positiv. Seit 1996 ist ein leichter Rückgang des Primärenergieverbrauchs zu verzeichnen sowie ein deutlicher Zuwachs des Anteils der erneuerbaren Energien.

Beim Mineralöl gibt es einen rückläufigen Trend. Der Verbrauch bei der Kernenergie nimmt leicht zu (Anteil 1990: ca. 26,2 %, Anteil 2000: ca. 27,1 %). Ebenso steigt der Anteil von Erdgas leicht an (Anteil 1990: ca. 13 %, Anteil 2000: ca. 15 %).

Datenquelle: Statistisches Landesamt 2003 und Energiebericht des Wirtschaftsministeriums.



Endenergieverbrauch privater Haushalte und Kleinverbraucher

Gesamt-Endenergieverbrauch des Sektors „private Haushalte und Kleinverbraucher“ (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, übrige Verbraucher) in Petajoule (Billiarden Joule) pro Jahr (PJ/a).

Der Endenergieverbrauch der privaten Haushalte und Kleinverbraucher stellt einen der größten Anteile des gesamten Endenergieverbrauchs dar.

Für den Sektor „private Haushalte und Kleinverbraucher“ stehen Angaben über den Energieverbrauch nicht bzw. nur aufgrund abgeleiteter statistischer Ermittlungen zur Verfügung. In der Energiebilanz werden daher die Lieferungen an diese Verbrauchergruppe dem Endenergieverbrauch gleichgesetzt.

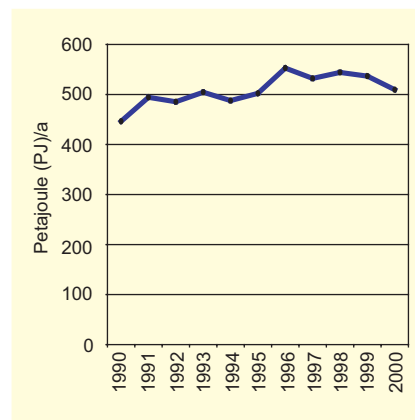
Der Endenergieverbrauch gibt Auskunft über die Verwendung von Energieträgern, die unmittelbar der Erzeugung von Nutzenergie dienen.

Ziel: Es existiert derzeit keine offizielle Zielsetzung.

Status: Zunahme des Energieverbrauchs zwischen 1990 und 1996, anschließend leichter Rückgang.

Trend: Stagnierend. Trotz eines Rückgangs des Endenergieverbrauchs in den letzten beiden Erhebungsjahren zeichnet sich ein langfristig positiver Trend noch nicht ab, zumal der Verbrauch auch von externen Faktoren wie z.B. Klimaschwankungen abhängt.

Datenquelle: Statistisches Landesamt 2003.



Energieproduktivität

Bruttoinlandsprodukt pro Primärenergieverbrauch (in Mio. EUR/PJ).

Die Energieproduktivität stellt ein Maß für die Effizienz der Energieverwendung dar. Mit diesem Indikator kann die Energieeffizienz einer Volkswirtschaft verfolgt, dokumentiert und mit geeigneten Maßnahmen ggf. der Verlauf frühzeitig beeinflusst werden. Die Energieproduktivität ergibt sich aus dem Bruttoinlandsprodukt (BIP) bezogen auf den Primärenergieverbrauch (PEV), ausgedrückt in Mio EUR/PJ (Petajoule). Der PEV stellt dabei die Gesamtheit aller in einer Periode für die Deckung des inländischen Energiebedarfs zur Verfügung stehenden Energieträger dar.

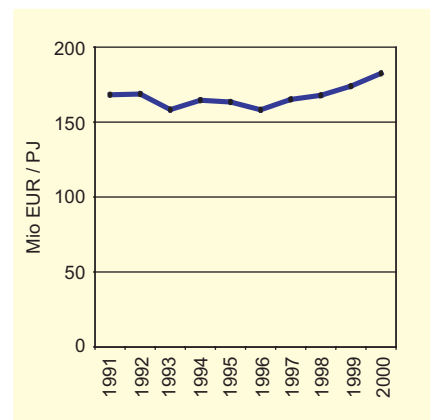
Ziel: Ziel der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie ist es, die Energieproduktivität bis 2020 auf der Basis von 1990 zu verdoppeln (1991 = 168 Mio. EUR/PJ)¹.

Status: Im Jahr 2000 lag der Wert (183 Mio. EUR/PJ) deutlich unter dem umgerechneten Sollwert von 220 Mio. EUR/PJ.

Trend: Positiv. Seit 1996 steigt die Energieproduktivität kontinuierlich an.

Datenquelle: Statistisches Landesamt 2003 und Energiebericht des Wirtschaftsministeriums.

¹ Aufgrund der Änderung der Berechnungsmethode für das BIP liegt für 1990 ein vergleichbarer Wert nicht vor, so dass auch die Energieproduktivität in Baden-Württemberg für 1990 nicht ermittelt werden kann. Daher wurde der Wert für 1991 als nächstliegender Realwert gewählt.



Kohlendioxid-Emissionen

Energiebedingte Kohlendioxid-(CO₂-) Emissionen in Millionen Tonnen pro Jahr (Mio. t/a).

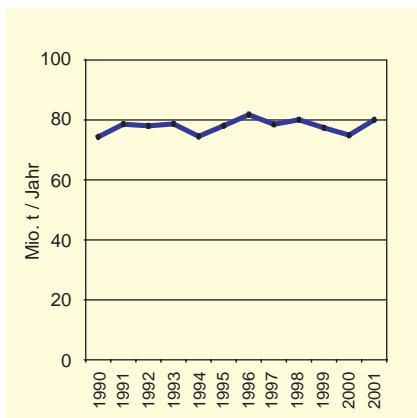
Der anthropogen verursachte Treibhauseffekt ist ein globales Problem mit regionalen Verursachern und Folgen. Aufgrund des Anstieges der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre wird ein globaler Temperaturanstieg, ein Anstieg der Meeresspiegel, eine Veränderung der Niederschlagsereignisse und eine Zunahme extremer Wetterereignisse vorhergesagt. CO₂ ist das mit Abstand wichtigste Treibhausgas. Die CO₂-Emissionen werden quellenbezogen errechnet, das heißt, im Falle der Stromerzeugung werden jene CO₂-Emissionen berücksichtigt, die im Land erzeugt werden, unabhängig vom Ort der Stromnutzung.

Ziel: Verringerung der CO₂-Emissionen auf unter 70 Mio. t/a bis 2005 und auf unter 65 Mio. t/a bis 2010 (Umweltplan Baden-Württemberg).

Status: Die Messwerte liegen noch immer deutlich über dem angestrebten Wert von 70 Mio. t/a (Wert für 2001 vorläufig).

Trend: Stagnierend. Die Werte schwankten im gesamten Erhebungszeitraum. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass auch die jeweiligen Wintertemperaturen einen Einfluss auf die CO₂-Emissionen haben können.

Datenquelle: Statistisches Landesamt 2003 und Energiebericht des Wirtschaftsministeriums.



Bodennahes Ozon

Anzahl der Stunden pro Jahr mit Überschreitungen des Stundenmittelwertes für Ozon von 180 µg/m³ Luft an 20 Messstationen in städtischer und vorstädtischer Lage.

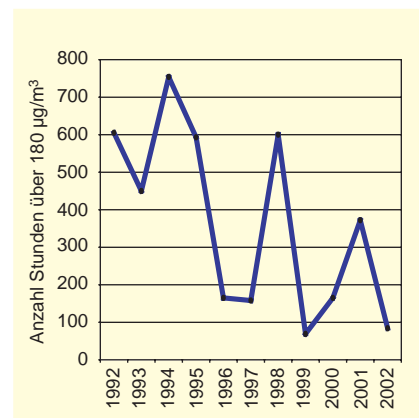
Stickstoffoxide und flüchtige Kohlenwasserstoffverbindungen führen im Sommer bei geringem Luftaustausch, hohen Temperaturen und starker Sonneneinstrahlung zu erhöhten Ozonwerten. Hauptemittenten der Vorläufersubstanzen sind Verbrennungsmotoren, Lösemittelanwendungen und natürliche biogene Emissionen. Der Wert von 180 µg Ozon pro m³ Luft ist der Informationswert zur Unterrichtung der Bevölkerung gemäß der Richtlinie 2002/3/EG der Europäischen Gemeinschaften sowie der 22. BImSchV. Bei einer Überschreitung von 180 µg/m³ ist die Bevölkerung zu informieren, Verhaltensempfehlungen sind auszusprechen.

Ziel: Verringerung erhöhter Konzentrationen des bodennahen Ozons im Sommer.

Status: Die Werte unterlagen während des gesamten Erhebungszeitraumes erheblichen Schwankungen.

Trend: Stagnierend. Die starken witterungsbedingten jährlichen Schwankungen lassen einen eindeutigen Trend nicht erkennen.

Datenquelle: Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit Baden-Württemberg 2003.



Stickstoffdioxid-Immissionen

Gemittelte Konzentrationen von 17 Messstationen in städtischer und vorstädtischer Lage (in µg/m³).

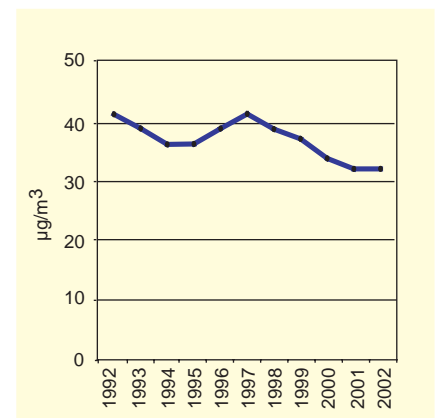
Stickstoffdioxid ist für den Menschen von hoher gesundheitlicher Relevanz, da es als Reizgas auf den Atemtrakt einwirkt. Außerdem ist es eine wichtige Vorläufersubstanz für die sommerliche Ozonbildung in den bodennahen Luftschichten. Stickstoffdioxid ist eine relativ stabile Verbindung, die über größere Entfernungen transportiert werden kann. Deshalb sind auch in ländlichen, an sich emissionsärmeren Gebieten noch messbare Konzentrationen vorhanden.

Ziel: Zum Schutz der menschlichen Gesundheit sieht die Richtlinie 1999/30/EG der Europäischen Gemeinschaften und die 22. BImSchV einen Grenzwert der Stickstoffdioxid-Konzentrationen von 40 µg/m³ im Jahresmittel vor.

Status: Großflächig wird dieser Grenzwert in Baden-Württemberg eingehalten, an einigen begrenzten, verkehrsbeeinflussten Flächen in Ballungsgebieten jedoch noch erreicht oder überschritten.

Trend: Positiv, die Belastung nahm in den vergangenen Jahren leicht ab.

Datenquelle: Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit Baden-Württemberg 2003.



Abfall

Abfälle aus Haushalten in Kilogramm pro Einwohner und Jahr (kg/E-a)

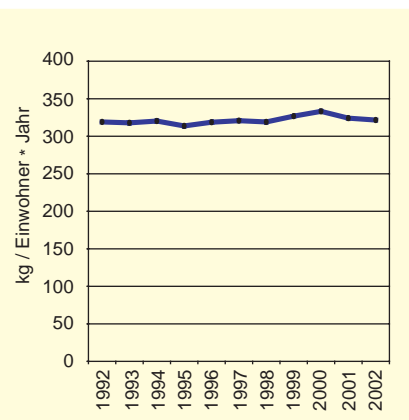
Der Begriff „Abfälle aus Haushalten“ umfasst folgende Abfallarten: Hausmüll, Sperrmüll, Papier, Pappe und Kartonagen, Behälterglas, Leichtverpackungen und Bioabfall. Als Datengrundlage dienen die Abfallbilanzen der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger und die Mengestromnachweise des Dualen Systems Deutschland (DSD).

Ziel: Zielsetzung des Umweltplans Baden-Württemberg ist es, die eingeleiteten Maßnahmen zur Abfallvermeidung fortzuführen und sinnvolle Verwertungsmaßnahmen weiterzuentwickeln.

Status: Im Jahr 2002 lag die durchschnittlich produzierte Menge an Abfällen aus Haushalten bei 322 kg pro Einwohner und Jahr.

Trend: Stagnierend. Seit 1992 bewegen sich die Abfallmengen auf fast gleichbleibendem Niveau.

Datenquelle: Statistisches Landesamt und Ministerium für Umwelt und Verkehr 2003.



Gewässergüte

Anteil der Fließstrecke von Fließgewässern mit erreichtem Zielwert „mäßig belastet“ (Gewässergüteklasse II) oder besser.

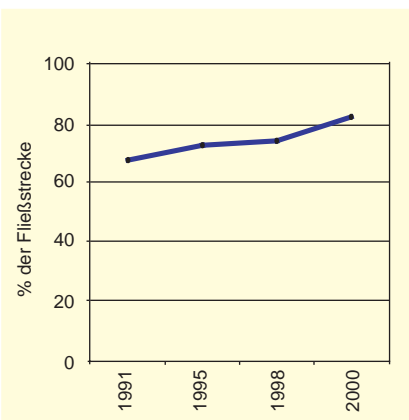
Die biologische Gewässergüte lässt sich vor allem an Beeinträchtigungen von Fließgewässern durch biologisch leicht abbaubare Stoffe und sich hieraus ergebenden Defiziten des Sauerstoffhaushaltes erkennen. Grundlage des Verfahrens ist eine biologische Untersuchung, bei der im Gewässer vorkommende Arten, wie z.B. Insektenlarven, Krebse, Egel etc., erfasst werden. Entsprechend der Empfindlichkeit der vorhandenen Arten gegenüber der Beeinträchtigung des Sauerstoffhaushaltes können diese als so genannte Bioindikatoren zur Erfassung des Belastungszustandes herangezogen werden. Ergänzend fließen physiographische und chemische Eigenschaften des Fließgewässers mit in die Bewertung ein.

Ziel: Nach der EU-Wasserrahmenrichtlinie soll bis Ende 2015 für alle Fließgewässer die Gewässergüteklasse II oder besser erreicht sein.

Status: 82 % der Fließgewässer sind unbelastet bis mäßig belastet.

Trend: Positiv. Die Anzahl der Messstellen mit Güteklasse II oder besser hat sich im Messzeitraum erhöht.

Datenquelle: Die Daten von ca. 1600 Erhebungsstellen werden seit 1968 alle 5 Jahre von der Landesanstalt für Umweltschutz erhoben.



Nitratgehalt des Grundwassers

Anteil der Messstellen mit einem Nitratgehalt von über 25 mg/l bzw. 50 mg/l.

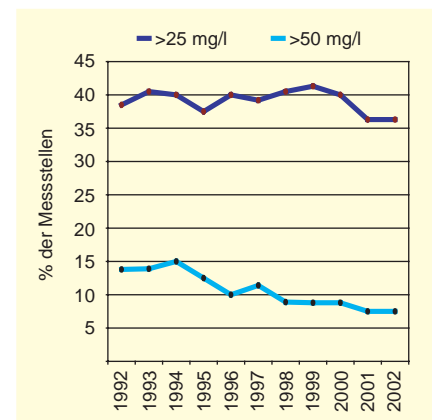
Die menschliche Gesundheit kann durch zu hohe Nitratgehalte im Trinkwasser beeinträchtigt werden. Außerdem führen andauernde hohe Einträge in den durch das Grundwasser gespeisten Oberflächengewässern zur Eutrophierung (Überdüngung). Mit der Nitratbelastung als Indikator lassen sich die Auswirkungen von Schutzmaßnahmen zur Verminderung des diffusen Eintrages dieses Stoffes aus der Landwirtschaft und den Siedlungsgebieten dokumentieren.

Ziel: Die EU-Wasserrahmenrichtlinie (12/2000) und die deutsche Trinkwasserverordnung schreiben einen Grenzwert von 50 mg/l im Grundwasser vor. Ein Risiko, dass ein schlechter Zustand eintritt, besteht aber schon früher. Überschreiten die Konzentrationen 50 % des Qualitätszieles, hier also 25 mg/l (EU- Risikoschwellenwert), stellt dies eine deutliche Abweichung von den natürlichen Verhältnissen mit Gehalten unter 10 mg/l dar.

Status: Bei über 35 % der Messstellen liegen die Werte über 25 mg/l. Damit ist die Belastung nach wie vor hoch.

Trend: Stagnierend. Trotz einer leicht rückläufigen Entwicklung bei den Messungen über 50 mg/l ist beim Risikoschwellenwert von 25 mg/l keine signifikante Verbesserung ersichtlich.

Datenquelle: Landesanstalt für Umweltschutz 2003.



Belastung der Muttermilch

Durchschnittliche Menge aufgenommener Dioxine eines vollgestillten, 4 Monate alten Säuglings durch die Muttermilch (internationale Toxizitätsäquivalente in Picogramm (10^{-12}) pro Kilogramm Körpergewicht pro Tag, pg I-TEq/kg KG*Tag).

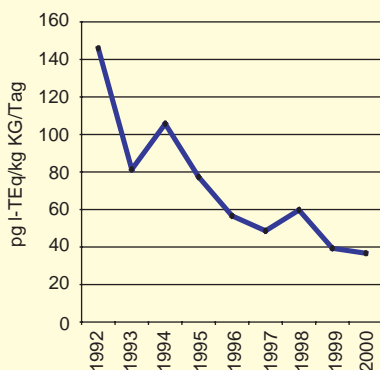
Dioxine reichern sich aufgrund ihrer hohen Beständigkeit gegenüber biotischen und abiotischen Abbauprozessen im menschlichen Fett an. Bereits in geringen Mengen können sie schwerwiegende toxische Wirkungen hervorrufen. Die Anreicherungen in der Muttermilch sind überwiegend auf die Belastungen von Wasser, Boden, Flora und Fauna zurückzuführen.

Ziel: Minimierung der Belastung. Die WHO legte 1998 eine langfristig tolerable Tagesdosis (TDI) von 1-4 pg WHO-TEq/kg KG fest; sie gilt jedoch für eine lebenslange Aufnahme und ist daher nicht als Grundlage für eine Bewertung der Dioxin-Aufnahme während der kurzen Stillzeit geeignet.

Status: Im Vergleich zu Erwachsenen (1996-98: 0,7 pg I-TEq/kg KG*Tag) ist die Dioxin-Aufnahme des gestillten Säuglings um das fast 80fache höher. Da sich das Stillen ansonsten aber positiv auf die Entwicklung des Säuglings auswirkt, empfehlen die WHO und die Nationale Stillkommission trotz der erhöhten Dioxin-Belastung das Stillen.

Trend: Positiv. Seit 1992 sind die Werte drastisch gesunken.

Datenquelle: Chemische und Veterinäruntersuchungsämter Baden-Württemberg 2003.



Ökologische Landwirtschaft

Anteil der Flächen mit ökologischer Landwirtschaft an der landwirtschaftlich genutzten Fläche (in %).

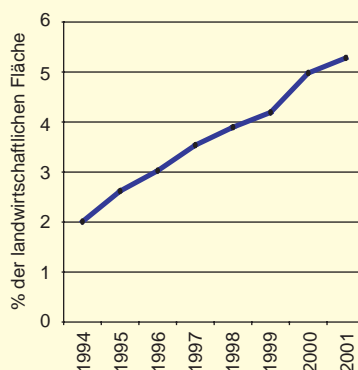
Im ökologischen Landbau kommt dem Boden eine besondere Bedeutung zu. Die Steigerung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit durch Kulturmaßnahmen, die die Gesetzmäßigkeiten der Bodenregeneration und die langen Zeiten der Bodenbildung beachten, ist Grundlage einer dauerhaften Ertragsfähigkeit und damit nachhaltiger Wirtschaftsweise. Der konsequente Verzicht auf den Einsatz naturfremder chemisch synthetischer Hilfsmittel schont die Gewässer und trägt zur Vielfalt der Arten und Lebensgemeinschaften bei.

Ziel: Ziel der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie ist es, den Anteil des ökologischen Landbaus an der landwirtschaftlich genutzten Fläche bis 2010 auf 20 % zu steigern.

Status: Der Anteil ökologisch bewirtschafteter Flächen an der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche in Baden-Württemberg liegt bei 5,3%. Damit ist er deutlich höher als der Bundesdurchschnitt von 3,7%.

Trend: Positiv. Der Anteil ökologisch bewirtschafteter Flächen ist im gesamten Erhebungszeitraum kontinuierlich gestiegen.

Datenquelle: Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft 2003.



Naturschutzflächen

Anteil der bundeseinheitlich streng geschützten Gebiete des Naturschutzes an der Landesfläche (in %).

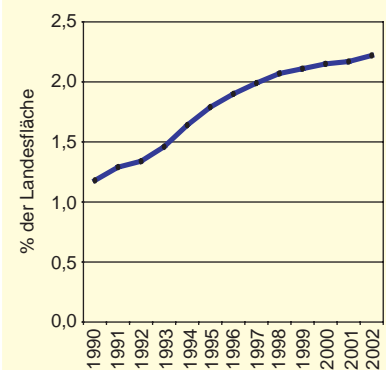
Um die biologische Vielfalt nachhaltig zu sichern, sind ausreichend große Flächen erforderlich, auf denen sich die Natur ohne belastende Eingriffe des Menschen entfalten kann – streng geschützte Gebiete mit „Vorrang für Natur“ (Naturschutzgebiete, Nationalparke, Biosphärenreservate). Die Ausweisung von Schutzgebieten gehört deshalb zu den wichtigsten Instrumenten des Naturschutzes. Ihr Flächenanteil sagt etwas aus über die Aktivitäten der Länder zur Erhaltung, Wiederherstellung und Entwicklung von Existenzmöglichkeiten für empfindliche Arten und Biotope.

Ziel: Nach Angaben der Bundesforschungsanstalt für Naturschutz lag der Bundesdurchschnitt 2001 bei 2,8%. Eine Zielsetzung auf Landesebene existiert nicht.

Status: Mit einem Naturschutzflächenanteil von 2,2% lag Baden-Württemberg 2001 unter dem Bundesdurchschnitt von 2,8%.

Trend: Positiv. Der Anteil der Naturschutzgebiete an der Landesfläche ist im gesamten Messzeitraum deutlich gestiegen.

Datenquelle: Landesanstalt für Umweltschutz 2003.



Erholungsflächen in Agglomerations- und verstärterten Räumen

Anteil der Erholungs- und Friedhofsflächen (in %) an den Siedlungs- und Verkehrsflächen in Agglomerationsräumen (> 300 000 Einwohner oder eine Bevölkerungsdichte > 300 Einwohner/km²; Baden-Württemberg 23 %) und verstärterten Räumen (> 100 000 Einwohner oder 100 Einwohner / km²).

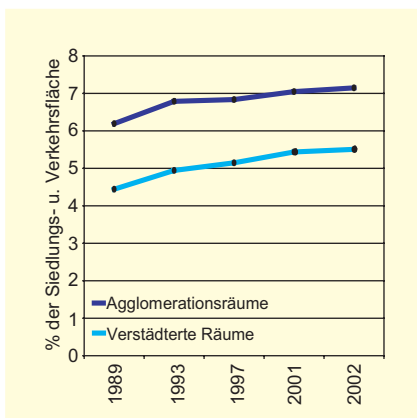
Erholungsflächen, die sich zusammensetzen aus Sportflächen, Grünanlagen und Campingplätzen, stellen neben Friedhöfen weniger versiegelte Flächen dar. Sie übernehmen wichtige Funktionen für das lokale Kleinklima und die Grundwasserentstehung. Die Entwicklung des Erholungsflächenanteils ist ein Indikator für die Gesundheitsvorsorge und den Klimaschutz. Zur Ermittlung des Sollwertes wurden die Werte von 12 Bundesländern für das Jahr 2000 gemittelt (aktuellste verfügbare Daten, Stadtstaaten nicht berücksichtigt).

Ziel: Ein offizielles Ziel existiert nicht. Der Länderdurchschnitt von Erholungsflächen in Agglomerationsräumen beträgt 7,4 % und in verstärterten Räumen 6,8 %.

Status: In beiden Kategorien liegt der Wert für Baden-Württemberg 2002 unter dem Länderdurchschnitt (Agglomerationsräume 7,1 %, verstärterte Räume 5,5 %).

Trend: Positiv. Im gesamten Messzeitraum sind die Anteile der Erholungsflächen an den Siedlungs- und Verkehrsflächen angestiegen.

Datenquelle: Statistisches Landesamt 2003.



Flächenbilanz Stickstoff-Überschuss

Stickstoffüberschüsse der landwirtschaftlich genutzten Fläche (kg/ha-a).

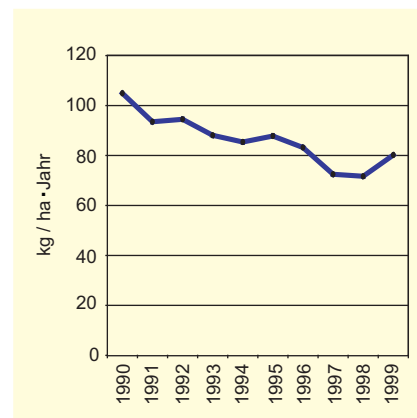
Ein wichtiger Gradmesser für die Nachhaltigkeit der Landwirtschaft insgesamt ist der Stickstoff-Überschuss. Stickstoff wird in der Landwirtschaft als Dünger eingesetzt und kann – soweit er nicht von den Nutzpflanzen aufgenommen wird – auf verschiedenen Wegen (Luft, Boden, Wasser) in die Umwelt gelangen. Auch bei Verbrennungsprozessen wird Stickstoff freigesetzt, der über die Atmosphäre in die Ökosysteme gelangt. Der zusätzliche Stickstoff-Eintrag kann auf den Naturhaushalt weitreichende Auswirkungen haben, u.a. Versauerung, Eutrophierung von Boden, Fließgewässern und Grundwasser, Beeinträchtigung der biologischen Vielfalt. Die Stickstoff-Flächenbilanz berechnet sich aus der Differenz zwischen Stickstoffeinträgen und -austrägen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in kg/ha bezogen auf ein Jahr.

Ziel: Ein offizielles Ziel existiert nicht.

Status: Die Werte liegen seit 1997 geringfügig unter dem Bundesdurchschnitt (1999 vorläufiger Wert).

Trend: Positiv. Allerdings ist sorgfältig zu beobachten, ob ein nachhaltig positiver Trend erreicht wird.

Datenquelle: Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Statistisches Bundesamt, Berechnungsmethode Umweltbundesamt 2003.



Waldzustand

Anteil der deutlich geschädigten Bäume der Schadstufe 2 und höher (Kombinationsschadstufe 2-4).

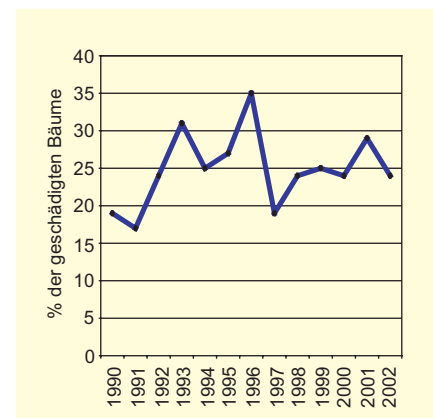
Der Kronenzustand der Bäume dient als Hinweis auf den Vitalitätszustand der Wälder. Als wichtigste Kriterien werden hierbei der Nadel-/Blattverlust und die Vergilbung der Blattorgane mit Hilfe eines Fernglases eingeschätzt. Eine Zusammenführung dieser Schadkriterien ergibt fünf so genannte Kombinationsschadstufen (0 = ungeschädigt, 1 = schwach geschädigt, 2 = mittelstark geschädigt, 3 = stark geschädigt, 4 = abgestorben). Der Anteil deutlich geschädigter Bäume (Schadstufe 2-4) im Durchschnitt aller Baumarten lag bei der Waldschadensaufnahme 2002 in Baden-Württemberg bei 24 %. Dies entspricht dem Zustand in der gesamten EU.

Ziel: Die Blatt- bzw. Nadelverluste und -vergilbungen sollten 10 % nicht überschreiten. Die Schadstufe 0 wird als Idealzustand angesehen.

Status: Mit einem Anteil von 24 % deutlich geschädigter Waldfläche ist das Schadensniveau weiterhin als hoch einzustufen.

Trend: Stagnierend. Der Zustand weist innerhalb des Messzeitraums erhebliche Schwankungen auf. Trotz der positiven Entwicklung im letzten Messjahr ist kein langfristiger positiver Trend erkennbar.

Datenquelle: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt 2003.



Landschaftszerschneidung

In Baden-Württemberg wird als neues Zerschneidungsmaß die effektive Maschenweite verwendet. Dies ist die Größe (in km²) der verbleibenden Lebensräume, die einer Tierart in einer zerschnittenen Landschaft noch zur Verfügung stehen.

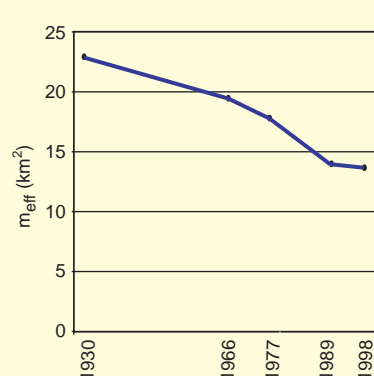
Die Definition der effektiven Maschenweite m_{eff} stützt sich auf die Wahrscheinlichkeit dafür, dass zwei beliebig ausgewählte Punkte, die in einem Gebiet liegen, nach der Zerschneidung des Gebietes noch gemeinsam in derselben Fläche liegen. Diese Wahrscheinlichkeit ist als Begegnungsmöglichkeit von zwei Tieren derselben Art interpretierbar, was eine wesentliche Bedingung für das Überleben der Art ist. Die Begegnungswahrscheinlichkeit wird in die Größe einer Fläche, die effektive Maschenweite, umgerechnet, angegeben in km². Wenn die Landschaft gleichmäßig in Flächen mit dieser Größe zerteilt wird, so ergibt sich dieselbe Begegnungswahrscheinlichkeit. Je stärker eine Landschaft zerschnitten ist, desto geringer wird die Begegnungswahrscheinlichkeit.

Ziel: Der Umweltrat (SRU) empfiehlt, unzerschnittene Räume ab einer Größe von 100 km² prioritär zu schützen.

Status: In Baden-Württemberg sind noch 6 Flächen von über 100 km² vorhanden.

Trend: Negativ. Rückgang der effektiven Maschenweite um 40 % seit 1930 (Gemeindestraßen berücksichtigt). 1998 bestanden nur noch 2,1 % der Landesfläche aus unzerschnittenen Flächen von über 100 km². 1930 waren es noch 4,2 %. Seit 1999 stagnierend.

Datenquelle: Akademie für Technikfolgenabschätzung, LfU, 2003.



5 Anhang

5.1 Literatur

Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg: Nachhaltige Entwicklung in Baden-Württemberg – Statusbericht 2000. Arbeitsbericht Nr. 173. Stuttgart 2000.

Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg (Hrsg.): Flächenzerschneidung in Baden-Württemberg - Kurzinfo (Neuaufgabe mit Zeitreihen 1930-1998). Stuttgart 2002.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Erprobung der CSD-Nachhaltigkeitsindikatoren in Deutschland. Bericht der Bundesregierung. Berlin 2000 (www.bmu.de/download/dateien/csd_01.pdf).

Die Bundesregierung: 2. Bericht gemäß Artikel 10 der Richtlinie 91/676/EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigungen durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen. Mitteilung der Regierung der Bundesrepublik Deutschland. Berlin November 2000

Die Bundesregierung: Perspektiven für Deutschland - unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung, 2002 (www.dialog-nachhaltigkeit.de/html/infos.htm).

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) und Umweltbundesamt: Dioxine Daten aus Deutschland - Dioxin-Referenzmessprogramm - 4. Bericht der Bund/Länder-Arbeitsgruppe Dioxine, Berlin 2002.

Esswein, Heide; Jaeger, Jochen; Schwarz-v. Raumer, Hans-Georg; Müller, Manfred: Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg: Tendenz steigend. Eine landesweite quantitative Untersuchung für den Zeitraum 1930 bis 1998. In: Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg Band 31. Stuttgart 2002.

Esswein, Heide; Jaeger, Jochen; Schwarz-v. Raumer, Hans-Georg; Müller, Manfred: Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg. Zerschneidungsanalyse zur aktuellen Situation und zur Entwicklung der letzten 70 Jahre mit der effektiven Maschenweite. Arbeitsbericht der Akademie für Technikfolgenabschätzung Nr. 214 (Selbstverlag), Stuttgart 2002.

Europäische Umweltagentur: Stimmt die Richtung? Indikatoren zur Integration von Verkehr und Umwelt in der EU (TERM 2000). Kopenhagen 2000 (www.reports.eea.eu.int/Term_summaries/de/term_sumde.pdf).

Europäische Umweltagentur: Umweltsignale 2002 – Benchmarking zur Jahrtausendwende. Kopenhagen 2002 (www.reports.eea.eu.int/signals-2000/de/page001.html/signals_de.pdf).

IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg: Anwendung von TERM-Indikatoren in der Verkehrsplanung Baden-Württemberg. Heidelberg 2002 (Veröffentlichung bevorstehend).

IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg: Entwicklung von Schlüsselindikatoren für eine nachhaltige Entwicklung. Heidelberg 2003 (Veröffentlichung bevorstehend).

Jaeger, Jochen: Landschaftszerschneidung. Eine transdisziplinäre Studie gemäß dem Konzept der Umweltgefährdung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 2002.

Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Umweltplan Baden-Württemberg. Stuttgart, 2000.

Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg und Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Umweltdaten 2000. Karlsruhe 2000.

SRU 2002: Deutscher Bundestag, 14. Wahlperiode, Drucksache 14/9852: Sondergutachten des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen. Für

eine Stärkung und Neuorientierung des Naturschutzes. Berlin, 2002.

Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg: Landesentwicklungsplan, 2002, S. 45/Karte 4.

5.2 Informationen

UN-CSD-Indikatoren:

www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/isdms2001/table_4.htm

OECD-Schlüsselindikatoren:

www.oecd.org/pdf/M00019000/M00019613.pdf

EUA-Indikatoren:

www.themes.eea.eu.int/all_indicators_box

Konzeptioneller Rahmen der EUA:

www.org.eea.eu.int/documents/brochure/german/brochure_reason.html

Sechstes Aktionsprogramm der Europäischen Gemeinschaft für die Umwelt:

www.europa.eu.int/comm/environment/newprg/index.htm

Deutscher Umweltindex (DUX):

www.umweltbundesamt.de/dux/index.htm

Strategie der Bundesregierung für eine nachhaltige Entwicklung:

www.dialog-nachhaltigkeit.de/html/infos.htm www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/isdms2001/table_4.htm

UMWELTINFORMATIONSSYSTEM

1. Das UIS – ein dynamisches System	265
2. Daten und Anwendungen	265
3. Umweltberichterstattung online	267
4. Anhang	270

1. Das UIS – ein dynamisches System

Die tabellarischen und grafischen Darstellungen im gesamten vorliegenden Bericht „Umweltdaten 2003“ beruhen auf Mess- und Erhebungsdaten aus dem Umweltinformationssystem Baden-Württemberg (UIS). Das UIS Baden-Württemberg erfasst die für die Aufgabenerledigung im staatlichen Umweltschutz relevanten Informationen in Datenbanken und anderen rechnergestützten Systemen systematisch und stellt sie allen Nutzern in der Umweltverwaltung des Landes, zunehmend aber auch kommunalen Stellen sowie der Öffentlichkeit, zur Verfügung.

Das UIS, ein äußerst dynamisches System, muss ständig wechselnden Anforderungen und technischen Randbedingungen angepasst werden. Die Entwicklung des UIS verlief in mehreren Phasen. Die aktuelle dritte Generation des UIS ist durch folgende organisatorische und technische Randbedingungen charakterisiert:

- Insbesondere in Folge des Sonderbehörden-Eingliederungsgesetzes von 1995 (SoBEG) ist die Nutzung von Umweltdaten und der zugehörigen Bearbeitungsprogramme in verschiedenen staatlichen und kommunalen Behörden wesentlich verbreitert und vernetzt worden.

- Zum Austausch von Umweltdaten zwischen den Landes- und Kreisbehörden sowie zum Betrieb verteilter Anwendungen wurden das Landesverwaltungsnetz (LVN) und das Kommunale Verwaltungsnetz (KVN) gekoppelt. Die Datenkommunikation zwischen den Behörden funktioniert wie in einem abgeschlossenen Segment des Internets, im Intranet.
- Seit 1996 verbreitet die Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) Umweltinformationen an die Öffentlichkeit über das Internet. Seither wurde das Informationsangebot sowohl inhaltlich als auch funktional bedeutend erweitert.
- Im Zusammenhang mit der Internet-Technologie wurden und werden auch die Bearbeitungsprogramme Zug um Zug auf moderne, leistungsfähige Verfahren umgestellt. Dienste-Architektur, objektorientierte Programmierung in Java, Kopplung klassischer Datenbanken mit Dokumenten-Verwaltungssystemen über XML sind die einschlägigen Schlagworte für diese Entwicklungsstrategie.

2. Daten und Anwendungen

Die *Datenbestände* des UIS stehen zunächst allen zuständigen Umweltdienststellen zur Verfügung. Soweit jeweils nur eine Behörde sie benötigt, werden sie dort in lokalen Datenbanken verwaltet. Daten, zu denen viele

Dienststellen einen Zugang benötigen, hält das Informationstechnische Zentrum der Landesanstalt für Umweltschutz in zentralen Datenbanken bereit. Soweit diese zentralen Daten für die Öffentlichkeit von Interesse sind, werden sie auch über das öffentliche Internet verbreitet.


Die zentralen Datenbestände bei der LfU sind sehr umfangreich. Für drei verschiedene Datenklassen ergeben sich, grob gerundet, folgende Bestandszahlen:

- 550 Mio. Messwerte aus physikalischen Messungen und chemischen Laboranalysen,
- 16 Mio. Bestimmungswerte aus Geländeerhebungen und biologisch-chemischen Laboranalysen und
- Geometriedaten (Rechts- und Hochwerte) von 12 Mio. Umweltobjekten.

Zur Verarbeitung von Umweltdaten für die unterschiedlichsten Aufgaben in der Umweltverwaltung werden nicht nur Datensammlungen benötigt. Darüber hinaus sind vielfältige *Anwendungsprogramme* zu entwickeln und zu betreiben, die zusammen mit den zugehörigen Daten oftmals thematisch sehr differenzierte Fachanwendungen bilden. Teilweise umfassen diese Anwendungen eigene Datenbanken, teilweise greifen sie

UMWELTINFORMATIONSSYSTEM

Jahr	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02
Anwendungen aus dem Bereich Technosphäre																				
Kernreaktor-Fernüberwachungssystem (KFÜ)																				
Integriertes Mess- und Informationssystem Strahlenschutz (IMIS)																				
Informationssystem der Gewerbeaufsicht (IS-GAA)																				
Emissionskataster (EKAT)																				
Radioaktivitäts-Datenbank (Rad-DB)																				
Anwendungen aus dem Bereich Wasser, Abfall, Boden																				
Grundwasserdatenbank (GWDB - WAABIS-Modul 8)																				
Fachinformationssystem Bodenschutz (FIS-Bo - WAABIS-Modul 9)																				
Hochwasservorhersage-Zentrale (HVZ)																				
Gewässer-Informationssystem (GewIS - WAABIS-Modul 7)																				
Wasserrechtsverfahren / Wasserbuch (WRV/AWB - WAABIS-Modul 1)																				
Anlagenbezogener Gewässerschutz, Abfallanlagen (AGS/AA - WAABIS-Modul 2)																				
FIS Altlasten, Grundwasserschadensfälle, Bodenbelastungen (FIS AGB - WAABIS Modul 6)																				
Verwaltungsverfahren zu Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (VAwS – WAABIS-Modul 4)																				
Verwaltungsverfahren zum Wasserentnahme-Entgelt (WEE - WAABIS-Modul 11)																				
Anwendungen aus dem Bereich Naturschutz und Landschaftspflege																				
Biotop-Datenbank (Biotop-DB)																				
Datenbank Ökologische Umweltbeobachtung (DB-Öko)																				
Fachinformationssystem Naturschutz (FIS-Natur)																				
§ 24a-Biotop-Datenbank (24a-Biotop-DB)																				
Themenübergreifende Anwendungen																				
Messreihen-Operationssystem (MEROS)																				
UIS-Berichtssysteme (UIS-BRS)																				
Räumliches Informations- und Planungssystem (RIPS)																				
Umweltdatenkatalog (UDK)																				
WWW-Informationsservice Umwelt und Verkehr (WWW-UVIS)																				
Hypermedia-Arbeitsplatz zur Umweltberichterstattung (HUDA)																				



Entwicklung Regelbetrieb Wichtige Änderung bzw. Erweiterung

Abb. 1: Entwicklung und Einsatz bedeutender Fachanwendungen im UIS Baden-Württemberg (Quelle: LfU; Stand 2002)

auf zentrale Datenbanken, wie z.B. die Messdatenbanken bei der LfU, zu.

Je nach Bedarf der Nutzer haben die Anwendungen unterschiedliche funktionale Schwerpunkte, wie z.B. Datenerfassung, Datenauswertung, Vorgangsbearbeitung, Datenrecherche oder Berichtserstellung. Thematisch ergeben sich vier große Anwendungsbereiche:

- die Technosphäre (Luftreinhaltung, Strahlenschutz, Gewerbeaufsicht usw.),
- die Wasser- und Abfallwirtschaft, Altlastenbearbeitung, Bodenschutz usw.,
- Naturschutz, Landschaftspflege und biologische Umweltbeobachtung und
- zentrale Messdaten- und Geodatenhaltung, medienübergreifende Berichts- und Auskunftssysteme, Datenkataloge und Systeme für die öffentliche Umweltberichterstattung.

Eine für bestimmte Zwecke entwickelte Software kann aus technischen Gründen, aber auch wegen sich ändernder Anforderungen immer nur für einen gewissen Zeitraum genutzt werden. Dieser typische Softwarezyklus, also der Ablauf von Entwicklung, Regelbetrieb, Überarbeitung und Ablösung bzw. vollständigem Ersatz, betrifft auch die Anwendungen des UIS. Einen Überblick über die Entwicklungs- und Einsatzzyklen ausgewählter fachbezogener und fachübergreifender UIS-Anwendungen gibt Abb. 1.

Bedeutende Änderungen und Neuentwicklungen seit dem Jahr 2000 ergaben sich vor allem aus der Weiterentwicklung des Informationssystems Wasser, Abfall, Altlasten, Boden (WAABIS), das als Verbundvorhaben gemeinsam mit dem kommunalen Bereich entwickelt und betrieben wird. Hier wurden nicht nur neue Module aus dem Bereich Wasser, Abfall, Boden in den Betrieb übernommen (z.B. Verwaltungsverfahren zu Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, Verwaltungsverfahren zum Wasserentnahmeentgelt), sondern auch andere Umweltbereiche wur-

den stark von diesem Entwicklungsschwerpunkt beeinflusst. So wurde das bisher nur bei den Bezirksstellen für Naturschutz und Landschaftspflege eingesetzte Informationssystem IS-BNL zusammen mit Teilen des Arten-, Landschafts-, Biotop-Informationssystems (ALBIS) in ein neues Fachinformationssystem Naturschutz (FIS-Natur) überführt, das, vergleichbar mit WAABIS, auch den unteren Naturschutzbehörden bei den Stadt- und Landkreisen zur Verfügung steht.

Ebenfalls aus dem WAABIS-Umfeld stammt ein völlig neu entwickeltes Berichtssystem. Es ermöglicht über das Verwaltungsintranet Datenbankrecherchen, Auswertungen und kartographische Aufbereitungen nicht nur über die Datenbestände von WAABIS, sondern hält auch vergleichbare Zugangs- und Auswertefunktionen für Biotopdaten und für Daten aus der Technosphäre parat. Hierdurch konnte – mit denselben Datenbeständen, aber erweiterter Funktionalität – das älteste, seit 1992 in Betrieb befindliche Berichtssystem „Technosphäre- und Luft-Informationssystem – TULIS“ nach 10 Jahren erfolgreicher Laufzeit ersetzt werden.

3. Umweltberichterstattung online

Der Einsatz von Internet-Techniken wie z.B. WWW und Java-Programmen bedeutet: Nicht nur die Mitarbeiter in den verschiedenen Umweltdienststellen können immer einfacher auf die Daten- und Dokumentenbeständen des UIS zugreifen. Gleichzeitig sind diese Informationen mit derselben Technik zunehmend auch der breiten Öffentlichkeit über das Internet zugänglich.

Die UIS-Verantwortlichen haben diese stürmische Entwicklung der Informationsverbreitung über das Internet immer als Chance und Herausforderung gesehen. So hat die LfU als eine der ersten Landesbehörden überhaupt im Jahr 1996 die regelmäßige öffentliche Umweltberichterstattung über das Internet aufgenommen.

Die ersten – und auch heute noch am stärksten nachgefragten – Informa-

tionsangebote waren aktuelle Messwerte von Hochwasserpegeln und Luftmessstationen, hier insbesondere Ozondaten. Zug um Zug wurde dann das Angebot mit Fachberichten und Materialiensammlungen erweitert. Durch das schnell anwachsende Informationsangebot ergab sich schon bald die Notwendigkeit, den Benutzern durch Übersichten, Suchhilfen und Kataloge eine Orientierung zur Bewältigung der Informationsfülle zu geben. Die Entwicklung und Nutzung von Portalen wurde damit zu einer zentralen Aufgabe im Web-Management der LfU.

Der erste Schritt in diese Richtung war 1996 die Bereitstellung der Web-Version des Umweltdatenkatalogs (UDK). Der UDK wird in fast allen Bundesländern eingesetzt, um die unterschiedlichsten Arten von Umweltinformationen zu beschreiben und nachzuweisen, z.B. Veröffentlichungen, Messdaten, Projekte, Datensammlungen. Der UDK Baden-Württemberg (www.lfu.baden-wuerttemberg.de/udkservlets/UDKServlet) enthält inzwischen über 800 Objekte, die ausführlich darstellen, wo welche Umweltinformation in Behörden des Landes zu finden ist. Mit einer thesaurusgestützten Suche wird der Besucher zu den Beschreibungen der Umweltinformationen geführt und auch direkt auf die Information selbst verwiesen, falls sie im Web verfügbar ist. Der UDK hat sich damit zu einem wichtigen Navigationswerkzeug entwickelt, das in den Umweltportalen des Landes genutzt wird. Abb. 2 zeigt ein Beispiel aus dem im Internet zugänglichen Informationsangebot des UIS, wie es im Umweltdatenkatalog repräsentiert wird.

Ein Portal zu den Fachinformationsdiensten des Landes bildet die Systemfamilie XfaWeb (www.uvm.baden-wuerttemberg.de/xfaweb/). XfaWeb stellt seit 1996 hier umfangreiche Fachberichte, zunächst zu Altlasten, dann auch für die Bereiche Boden, Naturschutz, Chemikalien und Umweltforschung in hypermedial optimaler Weise bereit. Auch der Umweltplan Baden-Württemberg wurde in Form eines kleinen XfaWeb-Systems im Internet publiziert. Dazu werden die Berichte mit geeigneten Werkzeugen

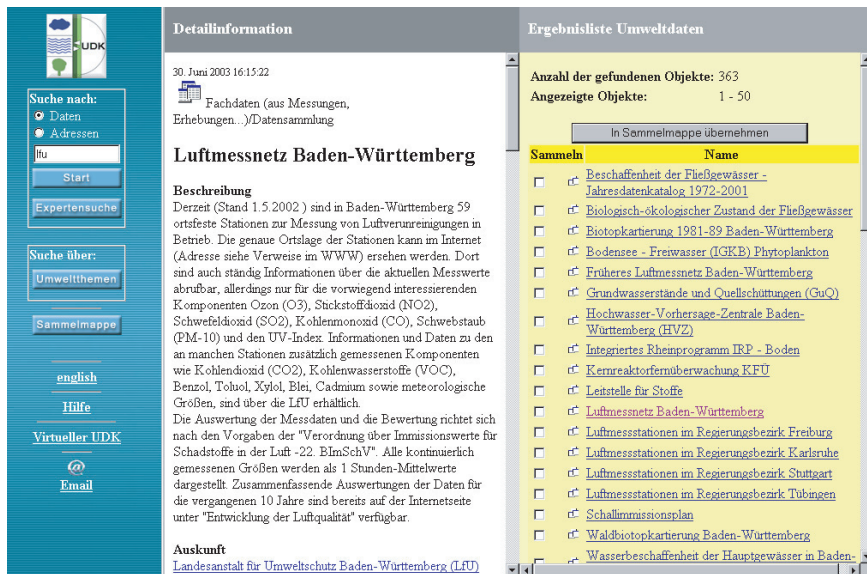


Abb. 2: Auszug aus den Datenbeständen im Umweltdatenkatalog (UDK) mit Detailangaben über Messnetze (Quelle: LfU)



Abb. 3: Die Web-basierten Fachdienste der XfaWeb-Familie (Eingangsseite. Quelle: LfU)

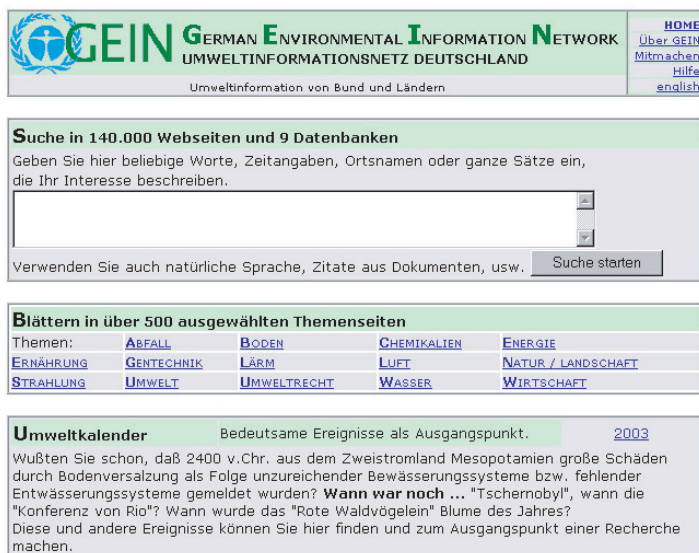


Abb. 4: Das Umweltinformationsnetz Deutschland (GEIN. Eingangsseite. Quelle: UBA)

unterteilt und mit Verweisen (Hyperlinks) sowie Schlagworten versehen. Die Werkzeuge wurden als Erweiterungen von freier Software entwickelt. Sie sind in einer Systemverwaltungs-komponente zusammengefasst, die an einem speziellen XfaWeb-Entwicklerarbeitsplatz bereitsteht. Eine Schnittstelle zum UDK stellt sicher, dass der Nachweis auch im UDK eingetragen wird und man somit einen Bericht auch über den UDK findet. Die XfaWeb-Systeme umfassen über 20 000 Webseiten, die im Landesintranet Baden-Württemberg und zum großen Teil auch im Internet stehen. Der Entwicklerarbeitsplatz wird auch in anderen Ländern für die Erstellung eigener XfaWeb-Systeme genutzt, z.B. für das SalfaWeb in Sachsen. Abb. 3 zeigt die Eingangsseite des XfaWeb-Informationsangebots.

Ein Portal zu Umweltinformationen in Deutschland, im Forschungsvorhaben German Environmental Information Network (GEIN) des Bundes entwickelt, ist mit der Expo2000 in Betrieb gegangen (www.gein.de). Das Umweltinformationsnetz Deutschland GEIN ermöglicht die gezielte Suche nach den auf Bundesländer und Behörden verteilten Umweltinformationen, die im Internet erreichbar sind. Dabei liegt die besondere Stärke von GEIN in der Nutzung eines Umwelt- und eines Geothesaurus, die die Recherche unterstützen. Zusätzlich wird im Unterschied zu üblichen Suchmaschinen auch die Suche nach Informationen in Fachdatenbanken (Messdaten, Flora-Web usw.) ermöglicht. Abb. 4 zeigt die Eingangsseite des GEIN.

GEIN umfasst etwa 140.000 Webseiten von über 70 Informationsanbietern aus dem öffentlichen Bereich. Aus Baden-Württemberg sind als Informationsanbieter registriert: Das Ministerium für Umwelt und Verkehr, das Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum, die LfU, die Staatliche Gewerbeaufsicht, der Informationsdienst der Landwirtschaftsverwaltung, das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau und das Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit (UMEG). Baden-Württemberg liefert damit rund

ein Viertel des gesamten Informationsangebots in GEIN.

GEIN und UDK werden seit 2003 in einer Bund-Länder-Kooperation betrieben und technisch noch enger zusammengeführt. Da fast alle Bundesländer an der neuen Kooperation beteiligt sind, wird das gemeinsame Umweltportal von GEIN und UDK künftig auf breiter Basis unterstützt, und seine Weiterentwicklung wird gemeinsam festgelegt und finanziert.

Die Ergebnisse und Erfahrungen von GEIN werden auch für die Webangebote im Land genutzt. Zum Beispiel werden hier nach dem Vorbild von GEIN Umweltinformationen des UIS Baden-Württemberg in einem Portal zentral erreichbar bereitgestellt: in dem Portal Umwelt (www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/uis/), das im Jahr 2001 in Betrieb ging (Abb. 5). Insbesondere der Katalog von Umweltthemen ist weitgehend an den Themenkatalog von GEIN angepasst, um eine optimale Informationsvernetzung zu gewährleisten. Eine Volltextsuche und der UDK Baden-Württemberg stehen als Recherchefunktionen zur Verfügung. Geplant ist, alle Suchmöglichkeiten mit den Diensten, die im UIS Baden-Württemberg und in GEIN entwickelt werden, konsequent zu integrieren.

Der Trend zu Portalseiten wurde auch bei der Erneuerung der LfU-Homepage (www.lfu.baden-wuerttemberg.de) berücksichtigt, die Anfang 2002 frei geschaltet wurde (Abb. 6). Neu auf der Homepage positioniert wurden die Umweltinformationen und insbesondere die aktuellen Messdaten. Damit werden die Navigationswege für die am häufigsten nachgefragten Kerninformationen der LfU verkürzt.



Abb. 5: Das Portal Umwelt als einfachster Zugang zu allen Umweltinformationen



Abb. 6: Die Homepage der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg

4. Anhang

4.1 Quellen- und Literaturhinweise

Andree Keitel, Renate Ebel, Roland Mayer-Föll, Thomas Dombeck, Albrecht Schultze, Jörg Westbomke & Michael Haase (2002): Ein Metadatenkonzept für das Umweltinformationssystem Baden-Württemberg. In: Pillmann, Werner, & Klaus Tochtermann (Hrsg.): Environmental Communication in the Information Society – Proceedings of the 16. Conference „Informatics for Environmental Protection“, IGU/ISEP, Wien 2002, 23-29

Andree Keitel, Alfred Reimann, Werner Franke, Matthias Neidlinger & Michael Haase (2002): Der Umweltzustandsbericht „Umweltdaten 2000“ des Landes Baden-Württemberg für das WWW. In: Pillmann, Werner, & Klaus Tochtermann (Hrsg.): Environmental Communication in the Information Society – Proceedings of the 16. Conference „Informatics for Environmental Protection“, IGU/ISEP, Wien 2002, 54-57

Koordinierungsstelle der Bund-Länder-Kooperation Umweltdatenkatalog (Hrsg.) (2000):

Der Umweltdatenkatalog – Ein System für den Zugang zu Umweltinformationen der öffentlichen Verwaltung (CD-ROM), Koordinierungsstelle Umweltdatenkatalog im Niedersächsischen Umweltministerium, Hannover

Mayer-Föll, Roland & Jürgen Pätzold (Hrsg.) (1998): Umweltinformationssystem Baden-Württemberg – als Teil des Landessystemkonzepts – Rahmenkonzeption 1998. Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Universitätsverlag Ulm

Mayer-Föll, Roland & Jürgen Pätzold (Hrsg.) (1998): Umweltinformationssystem Baden-Württemberg – Fortschreibung und Weiterentwicklung der Rahmenkonzeption – Hauptuntersuchung in vier Bänden. Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Stuttgart / Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung (FAW), Ulm

Mayer-Föll, Roland; Andree Keitel & Andreas Jaeschke (Hrsg.): Projekt AJA – Anwendung JAVA-basierter Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung – Phase I / 2000, Wissenschaftlicher Bericht FZKA 6565 des Forschungszentrums Karlsruhe, Dezember 2000

Mayer-Föll, Roland; Andree Keitel & Werner Geiger (Hrsg.): Projekt AJA – Anwendung JAVA-basierter Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung – Phase II / 2001, Wissenschaftlicher Bericht FZKA 6700 des Forschungszentrums Karlsruhe, Dezember 2001

Mayer-Föll, Roland; Andree Keitel & Werner Geiger (Hrsg.): Projekt AJA – Anwendung JAVA-basierter Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung – Phase III / 2002, Wissenschaftlicher Bericht FZKA 6774 des Forschungszentrums Karlsruhe, Dezember 2002

Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.) (1997): Rahmenkonzeption für das Informationssystem Wasser, Abfall, Altlasten, Boden (WAABIS) als Teil des Umweltinformationssystems Baden-Württemberg (UIS), Stuttgart

Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.) (1997): Hauptuntersuchung WAABIS – Informationssystem Wasser, Abfall, Altlasten, Boden – Abschlussbericht, Stuttgart

Tochtermann, Klaus; Andree Keitel & Roland Mayer-Föll (Hrsg.) (1999): Hypermediatechnik für Umweltdaten – Phase III – Entwicklung und Erprobung der Betriebsversion sowie Dokumentation (Abschlussbericht). Forschungsbericht 298 12 601 des Umweltbundesamtes, Berlin

Tochtermann, Klaus; Andree Keitel & Thomas Schütz (2001): Environmental Reporting in Print and Electronic Media. In: Rautenstrauch, C., & Patig, S.: Environmental Information Systems in Industry and Public Administration, Idea Group Publishing, London 2001, 333-345

4.2 Informationsmöglichkeiten

Die wichtigsten Informationen zu den Daten- und Dokumentenbeständen des Umweltinformationssystems Baden-Württemberg sind online im Internet zu erreichen.

Eine allgemeine Einführung über die angebotenen Umweltinformationen erhalten Sie über die Heimadressen des Ministeriums für Umwelt und Verkehr (www.uvm.baden-wuerttemberg.de) und der Landesanstalt für Umweltschutz (www.lfu.baden-wuerttemberg.de).

Detaillierte Informationen zum Naturschutz, insbesondere zum Flächenschutzprogramm Natura 2000 der Europäischen Union, sind über den Server des Ministeriums für Ernährung und Ländlicher Raum zu erreichen: www.ml.r.baden-wuerttemberg.de

Spezielle Informationswünsche werden mit anspruchsvollen Rechertechniken, wie Expertensuche oder Thesaurus-Anwendungen, vom Umweltdatenkatalog unterstützt: www.lfu.baden-wuerttemberg.de/udkservlets/UDKServlet

Einen Gesamtüberblick über die Umweltinformationen von Bund und Ländern gibt das Deutsche Umweltinformationsnetz (German Environmental Information Network) GEIN: www.gein.de