


Umweltforschung-Journal 2005

 Umweltforschung in Baden-Württemberg – Beiträge für eine sichere Zukunft.
Aktuelle Forschungsergebnisse – Forschung und Praxis – Projektförderung 2003-2005 – Kontakte.

- HERAUSGEBER** Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU)
Postfach 21 07 52, 76157 Karlsruhe
www.lfu.baden-wuerttemberg.de
- BEARBEITUNG** Mechthild Fendrich, EcoText International GmbH (S. 17)
Peter Fendrich, EcoText International GmbH (S. 32, 35, 37, 42, 43)
Stefan Kriz, EcoText International GmbH (S. 14, 24-26, 28, 29, 31)
Dr. Andreas Lehmann, EcoText International GmbH (S. 34, 39-41)
Dr. Iris Lehmann, EcoText International GmbH (S. 6, 10, 18-20, 22, 36, 45, 46)
Andrea Mehling, LfU (S. 5, 16, 30, 47, 48, 50)
Dr. Theo von der Trenck, LfU (S. 44)
Dr. Martin Wessels, LfU (S. 38)
Beate Wörner, EcoText International GmbH (S. 12)
- REDAKTION** Dr. Rosemarie Umlauff-Zimmermann, LfU
Andrea Mehling, LfU
Dr. Jürgen Höß, Umweltministerium Baden-Württemberg
Peter Fendrich, EcoText International GmbH, Stuttgart
Dr. Iris Lehmann, EcoText International GmbH, Stuttgart
- BEZUG** Die Broschüre ist kostenlos erhältlich bei der Verlagsauslieferung der LfU,
JVA Mannheim, Druckerei
Herzogenriedstraße 111, 68169 Mannheim
Telefax 0621/398-370
bibliothek@lfuka.lfu.bwl.de
sowie als Download unter: www.lfu.baden-wuerttemberg.de/
- STAND** August 2005, 1. Auflage
- DRUCK** Engelhardt & Bauer Druck- und Verlagsgesellschaft mbH, Karlsruhe
Auflage: 3000 Exemplare

Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Zustimmung des Herausgebers mit Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

PROLOG

Zukunft der Umweltforschung

Interview mit Umweltministerin Tanja Gönner. 4

Preise für Umweltforscher

Auszeichnungen für gute Ideen und hohe Kompetenz. 5

KLIMA

Klimawandel konkret

Wer gewinnt, wenn es wärmer wird – und wer verliert? 6

„Alle Vögel sind schon da“

Zugvögel kommen durch Klimawandel früher zurück. 10

Häufiger heftige Unwetter

Mehr Unwetter mit hohem Schadenspotenzial. 12

Lebensgefahr durch Hitzewellen?

Höhere Sterblichkeit durch Hitzesommer 2003. 14

Schnee von gestern?

Übersicht über die Klimaforschung. 16

LUFT

Nano-Partikel in der Lunge

Lungenentzündung durch luftgetragene Partikel. 17

Mobile Schadstoffe

Zur Konzentration von PCB und Co. in Innenräumen. 18

Klare Sicht beim Tabakrauch

Neuer Expositionsmarker fürs Passivrauchen. 19

Angriff über die Nase

Zusammenhang zwischen Phthalat-Belastung von Feinstaub und Asthma bronchiale. 20

Der sehr kleine Unterschied

Die Masse macht's? Nicht beim Feinstaub ... 22

Weniger Lösemittel

Das Emissions-Maximum für flüchtige organische Verbindungen wird auch hierzulande überschritten werden. 24

Durchblick im Lacknebel

Lüftungs- und Abscheideeinrichtungen in Lackierereien. 25

Pulver- statt Flüssiglack

Pulverbeschichtung ist umweltfreundlicher und meist auch kostensparender als die Flüssiglackierung. 26

Sparen beim Fahren

Optimierung der Benzin-Direkteinspritzung. 28

Harmlos oder bedrohlich?

Wie verhalten sich verkehrsbedingte MTBE-Emissionen in der Umwelt? Ein Modell soll Aufschluss geben. 29

WASSER

Quaddeln am See

Möglichkeiten zur Verminderung der Badedermatitis-Belastung am Bodensee. 30

Fließgewässer-TÜV

Bewertung der Beeinflussung von Fließgewässern. 31

Naturnahe Fließgewässer

Leitlinien zur Gewässerentwicklung im urbanen Bereich. 32

Selbst-lernende Karten

Mit neuronalen Netzen die potenzielle Gefahr der Grundwasserbelastung abschätzen. 34

Stoffeinträge in Gewässer

Stoffstromanalysen am Kraichbach als Basis für die Planung und Umsetzung von Gewässerschutzmaßnahmen. 35

Die unsichtbare Gefahr

Südafrikanischer Krallenfrosch enttarnt endokrin wirksame Substanzen im Schwarzwaldfluss Alb. 36

BODEN

Wieviel gelangt ins Grundwasser?

Verfahren zur Abschätzung der Konzentrationsabminderung von Altlasten und Verdachtsflächen. 37

Seeboden im Bodensee

Bestandsaufnahme biologischer, chemischer und sedimentologischer Parameter. 38

Deponieabdeckung mit Boden

Mit Bäumen bepflanzte Rekultivierungsschichten sollen Stoffaustrag aus Deponien nachhaltig verhindern. 39

Steinfressende Pilze?

Können Mykorrhizapilze in extrem versauerten Böden im Gestein gebundene Nährstoffe pflanzenverfügbar machen? 40

ÖKONOMIE

Klärschlamm als Wertstoff

Durch intensives Faulen und Filtern wird die Menge an Klärschlamm verringert und Stickstoffdünger abgetrennt. 41

Nicht ausgeschöpfte Potenziale

Trotz seiner Vorteile ist ein Energie- und Stoffstrommanagement oft zum Scheitern verurteilt. Warum? 42

Zielfindung verbessern

Öko-Effizienz plus Öko-Effektivität. 43

ÖKOLOGIE

Eier als Spiegel der Umwelt

Nachweis von Umweltgiften in Vogeleiern. 44

Muscheln als Umweltdetektive

Bioindikatoren für Platin, Palladium und Rhodium. 45

GESUNDHEIT

Feuerfeste Nahrungsmittel

Flammschutzmittel und ihre Abbauprodukte. 46

Viel Lärm um nichts?

Lärm und kognitive Leistungen bei Grundschulkindern. 47

BWPLUS-FÖRDERUNG

Eine Auswahl von geförderten Projekten 48

KONTAKTE

Personen- und Institutionen-Register

zu den präsentierten Projekten 50

Zukunft der Umweltforschung

INTERVIEW MIT UMWELTMINISTERIN TANJA GÖNNER.

KONTAKT

Umweltministerium
Baden-Württemberg
Pressestelle
Kernerplatz 9
70182 Stuttgart
Tel.: 07 11/126-2780
Fax: 07 11/126-2880
presse@um.bwl.de
www.um.baden-
wuerttemberg.de

Die mittlere globale Temperatur ist in den letzten hundert Jahren nach einem Bericht der europäischen Umweltagentur EEA weltweit um 0,7 Grad Celsius angestiegen. Der Klimawandel wird uns also nicht in der Zukunft ereilen: Wir sind bereits mitten drin. Ist es da überhaupt noch sinnvoll, Klimaschutz zu betreiben anstatt alle Anstrengungen auf die Bewältigung des Klimawandels zu konzentrieren?

Gönnert: Beides ist notwendig – der Klimawandel ist ein überaus ernstes Problem mit gravierenden Auswirkungen. Die Gesellschaft wird sich damit intensiv auseinander setzen müssen. Das gilt im Übrigen auch für die Forschung. Denn noch kennen wir wahrscheinlich nur einen Bruchteil der Konsequenzen des globalen Klimawandels. Baden-Württemberg übernimmt dabei mit der von der LfU koordinierten 'KLARA-Studie' eine Vorreiterrolle, indem wir die Auswirkungen in den verschiedenen Regionen des Landes und auch auf die unterschiedlichen Lebens- und Wirtschaftsbereiche systematisch untersucht haben.

Gleichzeitig sind mehr denn je Klimaschutzmaßnahmen erforderlich. Die Begrenzung des Klimawandels wird langfristig eine der größten Herausforderungen für die Politik und die Weltgemeinschaft sein. Konkret heißt dies, die Treibhausgasemissionen weltweit zu reduzieren. Die dazu notwendigen Technologien zu entwickeln wird Aufgabe und Chance der Umweltforschung in der Zukunft sein.

Große Umweltprobleme und leere Haushaltskassen – werden der Klima- und Umweltforschung überhaupt noch Mittel zur Verfügung stehen?

Gönnert: Das Umweltministerium hat seit Beginn des ersten Umweltforschungsprogramms PEF mehr als 150 Millionen Euro in Forschungsprojekte investiert. In den vergangenen Jahren waren es jährlich durchschnittlich 2,5 Millionen Euro. Das soll auch in den kommenden Jahren so bleiben.

Wir wollen uns dabei auf Themen konzentrieren, die in der Umweltpolitik des Landes eine wesentliche Rolle spielen: Neben dem Klimaschutz sind dies der Lärmschutz, Schadstoffe in der Umwelt, Fragen zur Biodiversität und das Flächenmanagement. Bei der Themenauswahl haben wir außerdem die Hinweise unseres Nachhaltigkeitsbeirats im Statusbericht 2005 zum Umweltplan Baden-Württemberg berücksichtigt.

Im Klimaschutzkonzept des Landes heißt es: „Der Energieforschung kommt eine Schlüsselstellung für die Entwicklung einer nachhaltigen Energieversorgung, für die Erreichung

der Klimaschutzziele und für die Zukunft des Wirtschaftsstandorts Baden-Württemberg zu.“ Gibt es auch hier konkrete Forschungsförderung des Landes?

Gönnert: Ja. Das Umweltministerium wird im Rahmen der Zukunftsoffensive „Innovation und Exzellenz“ ein Forschungsprogramm „Herausforderung Brennstoffzelle“ durchführen.

Wir wollen durch gezielte Projektförderung die in Baden-Württemberg vorhandene exzellente Forschungs-

landschaft unterstützen und dabei in der Brennstoffzellenentwicklung sichtbare Fortschritte erreichen.

Bei der Durchführung des Forschungswettbewerbs und für die Abwicklung der Forschungsprojekte werden wir vom Forschungszentrum Karlsruhe unterstützt, mit dem wir im Rahmen der Projektträgerschaft BWPLUS beste Erfahrung gemacht haben und das uns eine reibungslose Abwicklung des Forschungsprogramms garantiert.

Daneben unterstützen wir Pilotprojekte im Bereich regenerativer Energien, die häufig auch durch Forschungsinstitute begleitet werden.



Umweltministerin Tanja Gönnert (CDU)

Preise für Umweltforscher

AUSZEICHNUNGEN FÜR GUTE IDEEN UND HOHE KOMPETENZ IN DER UMWELTFORSCHUNG.

Die Qualität der durch das Land Baden-Württemberg geförderten Projekte wird unter anderem dadurch dokumentiert, dass immer wieder Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Umweltforschung Baden-Württemberg mit Preisen ausgezeichnet werden.

In diesem Jahr erhielten Dr. Stefan Fennrich, Universität Konstanz, und Johannes Baur, Landwirtschaftliche Berufsgenossenschaft Baden-Württemberg, einen Umweltpreis der Sparkasse Pforzheim. Mit ihrem Forschungsprojekt, das mit Mitteln der Zukunftsoffensive III teilfinanziert wurde, entwickelten sie einen Test zum Nachweis von krankheitserregenden Keimen in der Luft. Sie richteten ihr Augenmerk auf Pyrogene, also auf Reste von Keimen, die Fieber auslösen können. Diese Pyrogene werden beispielsweise über Klimaanlage verbreitet und führen bei zahlreichen Menschen zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen, zum so genannten „Sick Building Syndrom“.

Die Forscher entwickelten einen Test zum Nachweis von Pyrogenen, der mit menschlichem Blut durchgeführt werden kann und damit einen Tierversuch ersetzt. Der Test ist auch für Müllsortieranlagen und landwirtschaftliche Betriebe geeignet. Er kann auch für Tiere angewandt werden, indem Tierblut für den Test verwendet wird. Pyrogene sind für Tiererkrankungen verantwortlich und können zu wirtschaftlichen Schäden in bäuerlichen Betrieben führen.

Ferner erhielten Christoph Singer an der Universität Karlsruhe sowie Andreas Rößler den Umweltpreis der Sparkasse

Karlsruhe. Singers Diplomarbeit ist Bestandteil eines BWPLUS-Forschungsprojektes unter Leitung von Hochschuldozent Dr. Bernd Sures am Zoologischen Institut der Universität Karlsruhe. Die Arbeitsgruppe um Sures befasst sich mit der Umwelttoxizität von Schwermetallen. Singer erforschte die Anreicherung von Rhodium, Palladium, Platin und anderen Metallen in Zebramuscheln. Diese Metalle geraten über Katalysatoren in die Umwelt.

Die von Singer untersuchten Zebramuscheln wurden mit in Wasser gelösten Metallen, wie sie entlang stark befahrener Straßen vorkommen, behandelt. Während der zehnwöchigen Laufzeit des Versuchs stieg in den Muscheln der Gehalt der Metall bindenden Proteine (Metallothionein, MET) deutlich an. Das Protein bindet Metalle an sich. Singer konnte nachweisen, dass erhöhte MET-Gehalte in den Muscheln auf erhöhte Metallbelastungen in der Umwelt hinweisen. Die neuen Ergebnisse des Wissenschaftlers wurden von der Sparkasse Karlsruhe mit dem Umweltpreis für Diplomarbeiten mit 2.500 Euro dotiert.

Bereits im Jahr 2001 gewann Sonja Zimmermann einen Umweltpreis der Sparkasse. Auch sie gehörte damals dem Forscherteam um Dr. Sures an der Universität Karlsruhe an. Sie legte der Jury ihre Projektskizze zur Untersuchung von Kfz-bürtigen Platinmetallen vor. Mit dem Preisgeld der Sparkasse Karlsruhe konnte sie ihre Feldversuche zur Bioakkumulation der durch Katalysatoren emittierten Metalle erfolgreich durchführen.

KONTAKT

Andrea Mehling
Landesanstalt für
Umweltschutz Baden-
Württemberg (LfU)
Postfach 21 07 52
76157 Karlsruhe
Tel.: 0721/983-1469
Fax: 0721/983-1414
andrea.mehling@
lfuka.lfu.bwl.de
www.lfu.baden-
wuerttemberg.de



Christoph Singer erforschte die Anreicherung von Rhodium, Palladium, Platin und anderen Metallen in Zebramuscheln.

Klimawandel konkret

WER GEWINNT, WENN ES WÄRMER WIRD – UND WER VERLIERT? WISSENSCHAFTLER BEWERTEN DEN KLIMAWANDEL IM RAHMEN VON „KLARA“.

Jeder redet vom Klimawandel. Dass sich das Klima tatsächlich ändert bezweifelt niemand mehr ernsthaft, doch das Ausmaß der eintretenden Veränderungen ist auf Grund der großen Komplexität der beteiligten Prozesse noch nicht sicher abschätzbar. Die Wissenschaftler des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung haben im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg damit angefangen, über Auswirkungen der Entwicklung nachzudenken. In dem Verbundvorhaben KLARA wurden die positiven wie negativen Folgen des Klimawandels für besonders betroffene Bereiche, angefangen bei der Gesundheit der Menschen, über Land- und Forstwirtschaft bis hin zum Tourismus recherchiert, geprüft und bewertet. Im Zusammenhang mit dem Klimawandel wird es „Gewinner“ und „Verlierer“ geben, wenn die Temperaturen steigen und sich die Niederschläge verändern – das können die Wissenschaftler des Potsdamer Klimafolgenforschungsinstituts mit Sicherheit sagen. Um jedoch nach und nach weitere und immer konkretere Aussagen machen zu können und zwar auch ganz speziell für die Situation in Baden-Württemberg, wurde beim damaligen Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg das Verbundprojekt KLARA geplant. KLARA

steht für Klimawandel, Auswirkungen, Risiken und Anpassung. Es wurde von einer Projektgruppe unter Leitung der Landesanstalt für Umweltschutz vorbereitet und im weiteren Verlauf begleitet. Als vordringlich zu untersuchende Bereiche wurden von dem Team „die menschliche Gesundheit“, „Landwirtschaft und Weinbau“, „Forstwirtschaft“, „Tourismus“, „Vogelwelt und Naturschutz“ (s. S. 10f) sowie „Schifffahrt und Wasserkraftnutzung“ ausgewählt. Dabei wurden mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft in einem eigenen Schwerpunktprojekt beurteilt. Ziel von KLARA war es generell, den aktuellen Wissensstand über die bisher vorliegenden Erkenntnisse und über mögliche Auswirkungen der Klimaänderungen auf Baden-Württemberg zusammenzustellen, eine Rangfolge der betroffenen Bereiche in Hinsicht auf die Brisanz der Auswirkungen vorzuschlagen, offene Fragen und weiteren Forschungsbedarf zu ermitteln und nicht zuletzt beispielhaft Anpassungsmaßnahmen gegen einzelne Auswirkungen herauszuarbeiten. Als Voraussetzung für die Bearbeitung wurden zunächst möglichst exakte Aussagen über die regionale Ausprägung des Klimawandels in Baden-Württemberg erarbeitet und versucht abzuschätzen, wie sich Extremwetterer-

KONTAKT

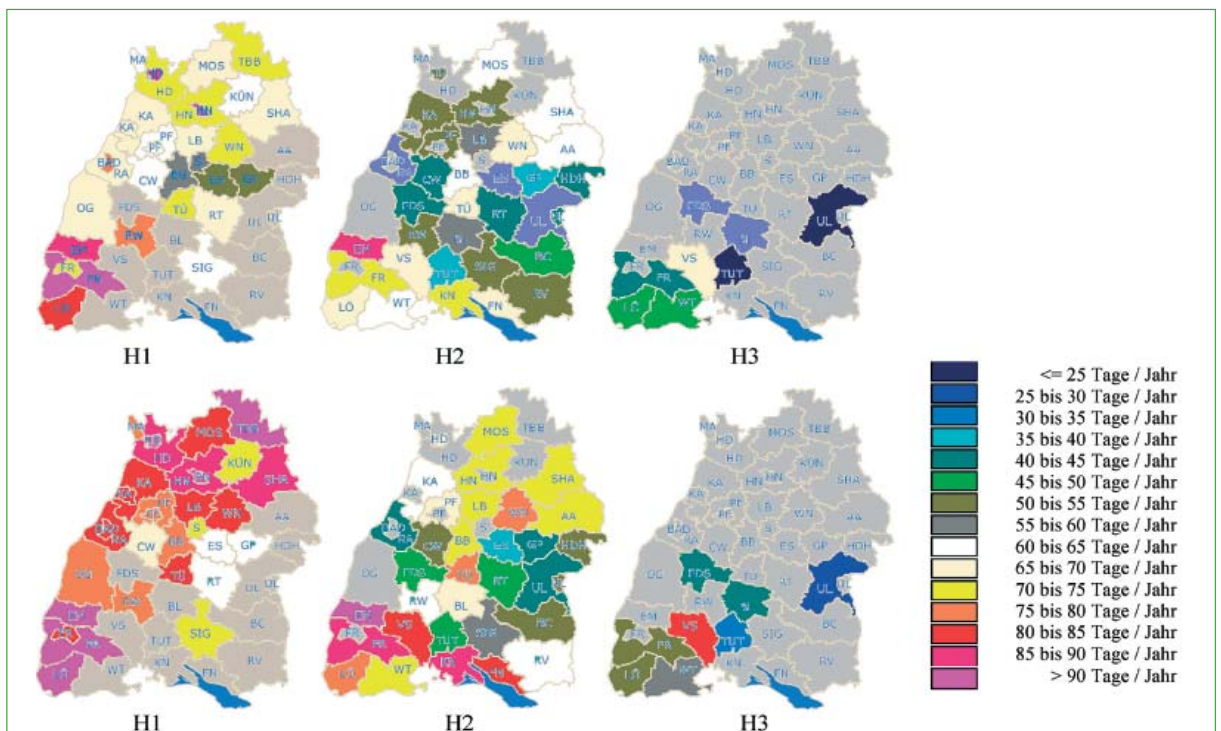
Dr. Manfred Stock
Potsdam-Institut für
Klimafolgenforschung
e.V. (PIK)
Postfach 601203
14412 Potsdam
Tel.: 0331/288-2500
Fax: 0331/288-2600
www.pik-potsdam.de
stock@pik-potsdam.de

PROJEKT

Projekttitel:
Verbundvorhaben
Klimawandel – Aus-
wirkungen, Risiken,
Anpassung (KLARA) –
Analyse spezifischer
Verwundbarkeiten und
Handlungsoptionen

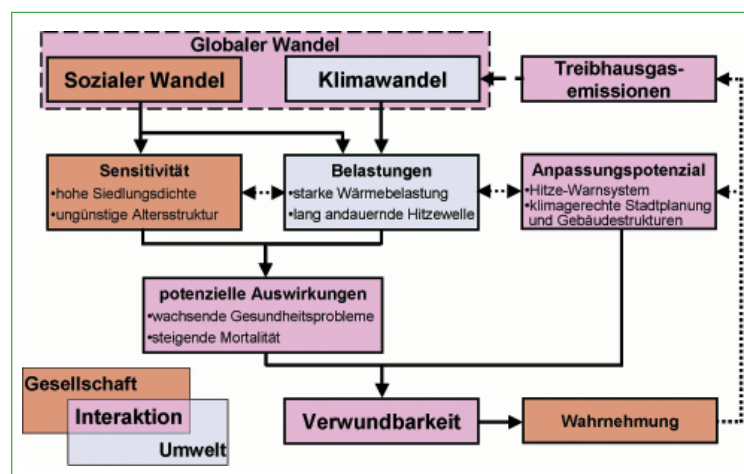
Projektlaufzeit:
1/2003 bis 2/2005

Anzahl der Tage pro Jahr mit mäßiger bis extremer Wärmebelastung für Basis-szenarium (1951-2000) (oben) und Zukunftsszenarium (2001-2055) (unten) für alle drei Höhenklassen H1: 0-400, H2: 400-800, H3: >800



eignisse mit ihrem großen Schadenspotenzial in Zukunft entwickeln. „Nach dem heutigen Stand von Wissenschaft und Forschung muss man von einer relativ raschen globalen Klimaveränderung während der nächsten Jahrzehnte ausgehen, die sich regional sehr differenziert gestalten wird“, so steht es im Abschlussberichts des Projekts KLARA. Für Baden-Württemberg wagen die Bearbeiter des KLARA-Verbundprojektes darin auch detailliertere Aussagen: In den letzten 100 Jahren sei im Land die Temperatur im Mittel um mehr als ein Grad Celsius angestiegen und dieser Trend werde sich zukünftig mindestens fortsetzen, wenn nicht gar verstärken. Für die Berechnungen wurde eine Zunahme der Temperatur um 1,2 Grad für das Zukunftsszenario (2001-2055) angenommen, die aus dem Ergebnissen des globalen Klimamodells ECHAM4/OPY3 des Max-Planck-Instituts Hamburg für eine gemäßigte Entwicklung der CO₂-Emission (A2-Szenarien) abgeleitet wurde. Wird diese Zahl in ein statistisches Regionalmodell (bei KLARA waren das vor allem die Modelle STAR und GROWEL) eingespeist, ergibt sich daraus im Gebietsmittel eine geringfügige Abnahme des Niederschlags verglichen mit den letzten 50 Jahren. Allerdings gilt diese Abnahme nicht gleichmäßig für alle Landesteile: Laut Prognose werden in großen Teilen im Westen und Norden von Baden-Württemberg die Niederschläge sogar deutlich zunehmen, während im Lee des Schwarzwalds bis zur östlichen Landesgrenze hin weniger Regen, Schnee und sonstige Niederschläge fallen werden. Zudem komme es zu einer saisonalen Verschiebung, so die Experten, wobei die Niederschläge im Sommerhalbjahr weniger würden, es dafür im Winter aber nasser werde. Starkniederschlagstage würden im Westen und Norden zunehmen, im Rest des Landes abnehmen. Auf der Basis der Klimaprognose wurde von den Wissenschaftlern versucht, über die Ermittlung mehrerer Parameter zu einer Aussage über die „Verwundbarkeit“ besonders klimasensibler Wirtschaftsbereiche zu kommen. Für diese „Verwundbarkeitsanalyse“ wird zunächst die „Belastung“ verschiedener Systeme, von Bauwerken ebenso wie die des Menschen, bestimmt. Zum Beispiel ermittelten die Experten für den Bereich Gesundheit, wie groß die Wärmebelastung der Bevölkerung in Ballungsgebieten bei längeren Hitzeperioden voraussichtlich sein wird. Ein weiterer Faktor der Analyse ist die „Sensitivität“ bzw. die Empfindlichkeit des Systems gegenüber dieser Belastung in Abhängigkeit von der jeweiligen Struktur. Bei der Gesundheit sind relevante „Strukturen“ zum Beispiel die Siedlungsdichte oder die Altersstruktur der Bevölkerung. Aus der Kombination

von Belastung und Sensitivität ergeben sich die zu erwartenden Auswirkungen, also zum Beispiel die Zunahme von Kreislauferkrankungen. Allerdings haben manche Strukturen auch die Möglichkeit, sich an die zu erwartenden Belastungen anzupassen bzw. angepasst zu werden. So haben die Stadtplanung und die Architektur erheblichen Einfluss darauf, wie relevant Hitze für die in der Stadt oder in den Häusern wohnenden Menschen tatsächlich ist und ob sie sich vor der Belastung schützen können. Erst aus allen diesen Faktoren ergibt sich zuletzt die tatsächliche „Verwundbarkeit“ eines Systems. Wenn die Empfindlichkeit des Systems offen liegt, können Maßnahmen für eine bessere Anpassung geplant werden. Für solche Anpassungsmaßnahmen gibt es bereits erste Beispiele, insbesondere in der von den Stürmen gebeutelten Forstwirtschaft. Hier ist man zum Beispiel bereits

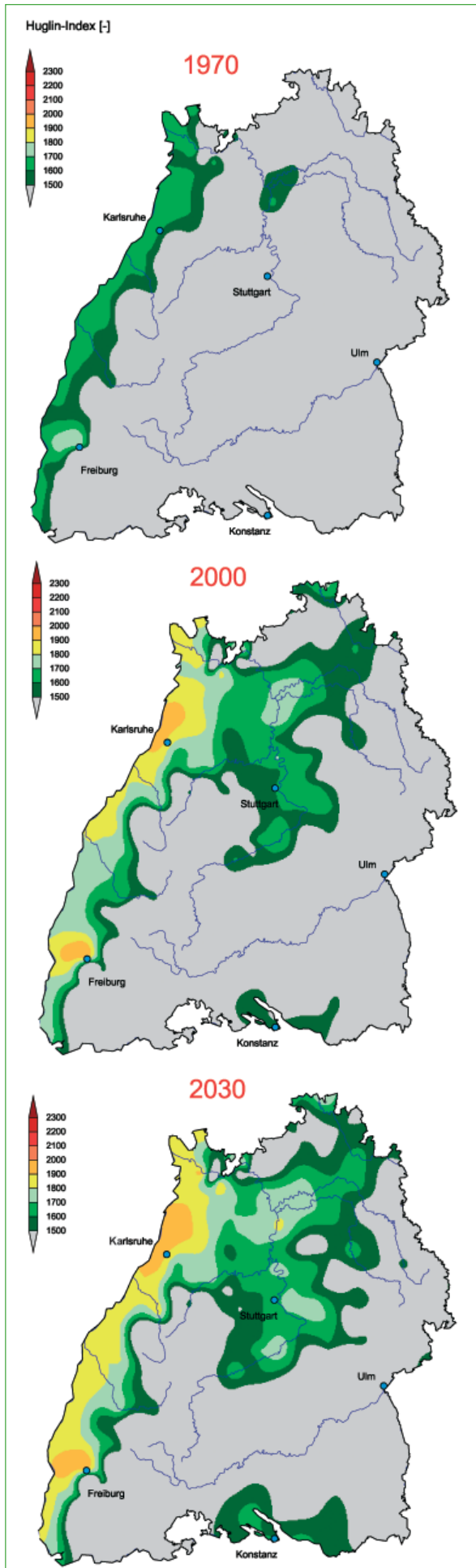


Bestandteile einer Analyse der Verwundbarkeit im Klimawandel mit Beispielen für Indikatoren in Bezug auf das Gesundheitsrisiko bei Hitzewellen.

dazu übergegangen, den Wald dort, wo er noch Nadelforst ist und insbesondere an Standorten, die durch Extremwetterereignisse besonders gefährdet sind, in Mischwälder umzubauen.

GEFAHR FÜR LEIB UND LEBEN

Zur Einschätzung der Belastung der menschlichen Gesundheit durch den Klimawandel wird vor allem die „gefühlte Temperatur“ herangezogen. Sie wird aus den vier thermischen Umweltfaktoren Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Wasserdampfdruck und mittlere Strahlungstemperatur berechnet. Neun Belastungsklassen unterteilen die große Spannweite der gefühlten Temperatur von „extremem Kältestress“ bis zu „extremem Hitzestress“. Auf der Basis des Klimaszenarios für das Land wurde angenommen, dass zukünftig mit einem deutlichen Anstieg der Anzahl der Tage mit Wärmebelastung zu rechnen ist. Zugleich wird es weniger Tage mit Kältestress geben. Als besonders empfindlich gegen die Extreme der gefühlten Temperatur konnten, mit



Ausdehnung der klimatisch günstigen Weinbaugebiete in Baden-Württemberg: Die Anbauwürdigkeit von Wein wird mit Hilfe des Huglin-Index bestimmt, in dem u.a. die Wärmesumme über Tagesmittel und die Tagesmaximumwerte enthalten sind. In den Abbildungen sind die 10-jährigen gleitenden Mittel des Huglin-Index der Dekaden 1961-1970, 1991-2000 und 2021-2030 dargestellt.

Blick auf die Sterbefallzahlen der Jahre 1968-2003, Menschen im Alter von über 75 Jahren eingestuft werden. Setzt man nun die vorliegenden Zahlen zur Altersstruktur in Beziehung zur Klimaveränderung der nächsten fünfzig Jahre, ergibt sich, dass die „Verwundbarkeit“ im Bereich Gesundheit in Zukunft – über alle Landkreise gemittelt – um etwa zwanzig Prozent zunehmen wird. In konkreten Zahlen ausgedrückt bedeutet diese Zunahme, dass landesweit mit jährlich 180 bis 400 zusätzlichen hitzebedingten Todesfällen zu rechnen ist. Oder anders ausgedrückt: Wenn die Zahl der Hitzetage wie prognostiziert zunimmt, muss in höheren und damit kühleren Lagen von etwa zwei (1,6) zusätzlichen Todesfällen je 100.000 Einwohnern ausgegangen werden, in tieferen, also wärmeren Lagen, von sogar drei bis vier Todesfällen (3,6). Eine Zahl, die durch die Abnahme der Tage mit Kältestress und damit auch deren Auswirkungen auf die Gesundheit nicht kompensiert wird. Die Wissenschaftler gehen davon aus, dass ihre Ergebnisse „wahrscheinlich eher die Untergrenze für die zusätzliche hitzebedingte Mortalität“ darstellen werden. Entsprechend erscheinen Maßnahmen zur Milderung dieser Auswirkung dringend nötig. Kurzfristig wurde bereits die Einrichtung von gesundheitsbezogenen Hitzewarnsystemen realisiert, langfristig ist eine klimagerechte Stadtplanung und ein klimagerechtes Gebäudedesign, also etwa der Verzicht auf großflächige Glasfronten, erforderlich. Den Aspekt, dass höhere Temperaturen auch eine Zunahme und möglicherweise auch Neueinführung bestimmter Krankheiten, wie Malaria oder Gelbfieber bedeuten können, erwähnen die Projektbearbeiter nur am Rande. Um dazu genauere Angaben machen zu können, seien ergänzende Untersuchungen erforderlich.

AUSWIRKUNGEN AUF DIE LANDWIRTSCHAFT

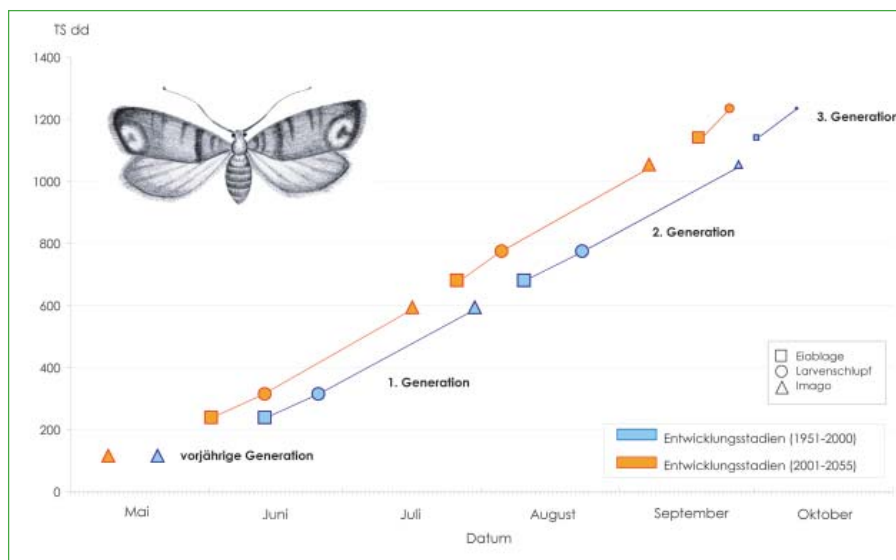
Dem „Klimawandel-Verlierer“ steht mit dem Bereich „Weinbau“ ein „Gewinner“ gegenüber (s. Abb.). Die Landwirtschaft muss, laut Experten-Votum, dagegen differenziert betrachtet werden. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft in Baden-Württemberg wurde exemplarisch für die Erträge von Mais und Weizen, die Gefährdung durch Schädlinge im Obstbau sowie die Reifebedingungen im Weinbau untersucht. Laut Zukunftsszenario ist im Norden und Westen im Land mit einem Temperaturanstieg zu rechnen, was die Bedingungen für den wärmeliebenden Mais verbessert, die für Weizen, mit seinem vergleichsweise großen Feuchtebedarf dagegen verschlechtert. Entsprechend rechnen die Experten mit einer Ausdehnung des Maisanbaus und Ertragseinbußen

beim Weizen. Zugleich könnte die Tendenz stärker als bisher von der Ernte des noch nicht vollständig ausgereiften Mais zur Nutzung als Silomais hin zum Anbau von vollreifem Körnermais gehen. Beim Weizen könnten die größeren Temperatursummen die Qualität des Mehles verbessern. Viele landwirtschaftliche Kulturen werden in ihrer Anbaufähigkeit und im Ertrag wesentlich von der vorhandenen Feuchtigkeit und der Temperatur bestimmt. Eine weitere wichtige Rolle spielt aber auch der Befall mit Schädlingen, der wiederum von den beiden Klimafaktoren beeinflusst wird. Am Beispiel des Schädling „Apfelwickler“,

einem der wichtigsten Schädlinge im Kernobstbau, haben die Experten die Aussichten für den Obstbau exemplarisch nachgezeichnet. Die Larve des Apfelwicklers überwintert am Baum, verpuppt sich im April, schlüpft im Mai und legt bereits einige Wochen später Eier auf junge Äpfel. Die Larven, die aus diesen Eiern schlüpfen, fressen sich durch die Äpfel, was dazu führt, dass die Bäume die Früchte frühzeitig abwerfen. Da in der Regel sowieso zu viele Früchte angelegt werden, ist diese „Auslichtung“ nur ein kleines Problem. Gefährlich für den Ertrag ist dagegen, wenn die Apfelwickler einen weiteren Entwicklungsdurchlauf schaffen und wieder Eier auf die nun bereits deutlich größeren Äpfel gelegt werden. In südlichen Ländern können Apfelwickler in einem Jahr mindestens zwei, nicht selten auch drei oder sogar vier Generationen hervorbringen. Genau diese Entwicklung ist mit zunehmenden Temperaturen auch für Baden-Württemberg anzunehmen, so die Projektbearbeiter. Die Klimaexperten gehen sogar davon aus, dass eine zweite Generation von Apfelwicklern in fast allen kommenden Jahren möglich sein wird. Der Anteil an klimatisch günstigen Jahren für den Larvenschlupf dritter Generation steigt im Zukunftsszenario auf immerhin fast 70 Prozent an – bislang lag die Rate bei unter 20 Prozent. Somit wäre in Zukunft mit einem wesentlich größeren Schadenspotenzial an Äpfeln zu rechnen.

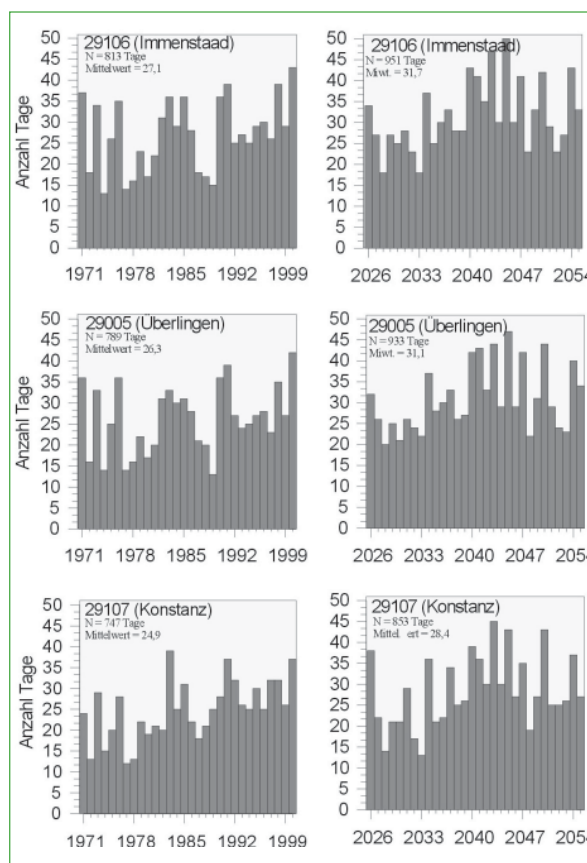
GEWINNER SOMMERTOURISMUS ...

Als fast uneingeschränkter Gewinner ist der Bereich Sommertourismus vor dem Hintergrund des Zukunftsszenarios einzuschätzen. Sowohl für den Badetourismus, wie für Wanderer können die Experten angenehme Aussichten prognostizieren. Die Tage, an denen die Sonnenverhältnisse zum Bade laden, werden laut Klimamodell zunehmen. Auch das Wan-



dern wird in Zukunft durchs Klima gefördert: Als „wanderrelevante Klimaparameter“ wurden die tägliche Maximaltemperatur, die relative Feuchte und vor allem die Sonnenscheindauer festgelegt. Zumindest für den südlichen Schwarzwald konnten die Experten einen „statistisch signifikanten Trend zu höheren täglichen Maximaltemperaturen und längeren täglichen Sonnenscheindauern“ feststellen. Allerdings eine bittere Pille bringt der Klimawandel für den Tourismus: Eine beständig gute Schneelage – das kann als sicher gelten – wird in den Lagen bis 1000 Metern Höhe in Zukunft eher zur Rarität im Land.

Veränderung der Generationsentwicklung beim Apfelwickler im Gebiet Bodensee



Jährliche Häufigkeit von potenziellen Badetagen an den vier Wettermessstationen der Bodenseeregion im Referenzzeitraum (1971-2000) und im Zukunftszeitraum (2026-2055)

„Alle Vögel sind schon da“

DIE ZUGVÖGEL KOMMEN DURCH KLIMAWANDEL FRÜHER NACH SÜDWESTDEUTSCHLAND.

„Alle Vögel sind schon da“ – selbst in dem Kinderlied spiegelt sich die besondere Bedeutung der Zugvögel als Frühjahrsboten für die Menschen wider. Nun haben Wissenschaftler das jährliche Ereignis näher untersucht und interessante Veränderungen festgestellt.

Sommer ist, wenn von draußen die spitzen Schreie der Mauersegler zu hören sind. Und das ist, so eine Gruppe von Wissenschaftlern, die das Phänomen des Vogelzugs am Standort Südwestdeutschland untersucht hat, immer früher im Jahr der Fall. Mit Unterstützung einer Vielzahl ehrenamtlicher „Feldornithologen“ haben sie die Ankunft und den Abflug zahlreicher Zugvögel untersucht. Den Rahmen für vier Teilprojekte bildete das Verbundprojekt „Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung“ (KLARA). Dabei wurde der Vogelzug als Indikator für die möglichen Veränderungen in der Tierwelt ausgewählt.

Im ersten Teilprojekt wurden die Veränderungen der Erstankunftszeiten von 17 Zugvogelarten an 13 verschiedenen Orten in Südwestdeutschland untersucht. In die Auswertung kamen Beobachtungsreihen von Feldornithologen, die einen Zeitraum von drei Jahrzehnten (1970-2003) umfassten.

Dabei mussten mindestens acht Erstankunftsdaten aus den Zeiträumen 1970-1987 und 1987-2003 vorliegen, die Beobachter durften in der Beobachtungszeit nicht umgezogen sein und es mussten für jede Art, die in die Auswertung eingehen sollte, mindestens drei unabhängig voneinander geführte Reihen vorhanden sein. Es zeigte sich, dass von den insgesamt 104 ausgewerteten Beobachtungsreihen bei 96 ein Trend zur früheren Erstankunft der Vögel festgestellt werden konnte.

Nur bei acht Reihen war das Gegenteil der Fall. Bei 58 Arten konnte aus der Steigung der Regressionsgeraden eine signifikant frühere Erstankunftszeit abgeleitet werden. Die Gegenprobe, durchgeführt mit einem anderen Auswertungsverfahren, bestätigte das Ergebnis im Wesentlichen. Teilweise kamen die Vögel sogar mehr als zehn Tage früher an als zu Anfang der Beobachtungszeit, so etwa der Schwarzmilan, die Gartengrasmücke, die Mönchsgrasmücke oder der Zilpzalp.

Keine Veränderung der Ankunft in Südwestdeutschland wurde lediglich bei Nachtigall, Gartenrotschwanz, Singdrossel, Fitis und Grauschnäpper festgestellt. Insgesamt ergab die Beobach-

tung zudem, dass die frühe Ankunft bei Kurzstreckenziehern signifikant stärker ausgeprägt ist als bei den Langstreckenziehern. Die Bearbeiter und Vogelexperten des ersten Teilprojektes, Dr. Markus Peintinger und Siegfried Schuster vermuten, dass die frühere Ankunft der Zugvögel darauf zurückzuführen ist, dass sich die Überwinterungsgebiete vieler Arten nach Norden verschoben haben.

DEN VÖGELN INS NEST GESCHAUT

Im zweiten Teilprojekt untersuchte Dr. Wolfgang Fiedler von der Vogelwarte Radolfzell am Max-Planck-Institut für Ornithologie, ob sich die frühere Ankunft auf die weiteren Stationen des Vogelzugs im Jahr durchpaust, das heißt, ob die Vögel auch beim Wegflug im Spätsommer früher in den Rastgebieten eintreffen und ob sie länger in diesen Rastgebieten verweilen. Ersteres traf jedoch nur für

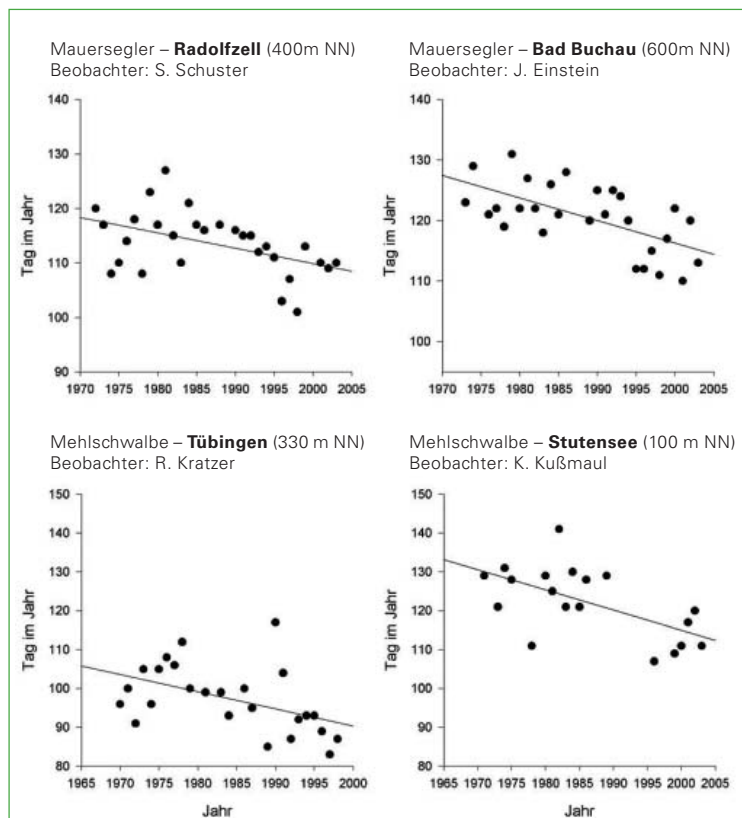
KONTAKT

Dr. Markus Peintinger,
Dr. Wolfgang Fiedler
Vogelwarte Radolfzell
am MPI Ornithologie
Schlossallee 2
78315 Radolfzell
Tel.: 07732/1501-0
Fax: 07732/1501-69
<http://vogelwarte.mpg.de>
Penti@t-online.de
fiedler@orn.mpg.de

PROJEKT

Projekttitel:
Auswirkung veränderter
Klimafaktoren auf Verbrei-
tung, Zug- und Brut-
verhalten von Vögeln in
Südwestdeutschland
Projektlaufzeit:
3/2004 bis 10/2004

Beispiele für die
Verfrühung der Erst-
ankünfte von Vogel-
arten in Südwest-
deutschland





zwei Weitstreckenzieher, die Gartengrasmücke und den Grauschnäpper, zu.

Bei weiteren neun der insgesamt 19 untersuchten Arten wurde im Gegenteil eine deutliche Verzögerung des Wegzugs festgestellt. Offensichtlich können es sich zunehmend mehr Arten leisten, im Herbst länger bei uns zu bleiben.

Im Rahmen des dritten Teilprojektes wurde Amsel, Hausrotschwanz, Blaumeise und Halsbandschnäpper ins Nest geschaut und untersucht, ob sich bei diesen Vögeln der Brutbeginn in den letzten 30 Jahren verändert hat. Wenn dies der Fall sein sollte, war weiter zu klären, ob sich diese Veränderung auf die Gelegegröße und den Schlüpfertag auswirkt.

Das Ergebnis fiel insofern nicht eindeutig aus, dass bei Amsel und Hausrotschwanz kein zeitlicher Trend beobachtet werden konnte, bei Blaumeise und Halsbandschnäpper dagegen sehr wohl eine Tendenz zu einem früheren Legebeginn festzustellen war. Zugleich war beim Halsbandschnäpper das Gelege größer und mehr Jungvögel schlüpften erfolgreich aus den Eiern.

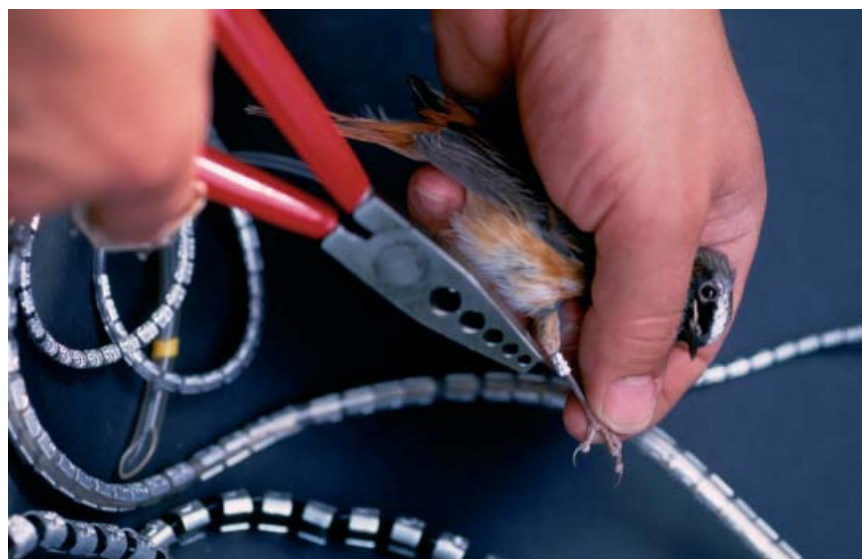
Daraus schlossen die Bearbeiter des Teilprojektes, Dr. Markus Peintinger und Dr. Wolfgang Fiedler, dass Brutvögel flexibel auf Klimaveränderungen reagieren. Der Brutbeginn von Vögeln wird weitgehend von der Tageslichtdauer bestimmt, die „Feinjustierung“ erfolgt durch die Temperatur im Frühjahr. In einer gewissen Schwankungsbreite können die Tiere damit auf ihre Umgebung reagieren.

Problematisch wird es allerdings dann, wenn über die Feinabstimmung hinaus Flexibilität erforderlich ist, da sich die Tageslichtdauer im Unterscheid zum Klima nicht verändert.

Die Experten sahen auch eine mögliche Gefahr in der vorverlegten Brut. Möglicherweise könnte sich bei besonders früher Brut ein Frühjahr mit extremer Verschlechterung der Witterung besonders negativ auf die Vogelpopulationen auswirken.

VON SÜD NACH NORD

Im letzten Teilprojekt prüften Dr. Markus Peintinger und Dr. Hans-Günther Bauer, ebenfalls von der Vogelwarte Radolfzell, die Hypothese, ob südlich verbreitete Arten in Südwestdeutschland zunehmen und nördlich verbreitete Arten aufgrund der Klimaerwärmung abnehmen. Hierzu wurden die Brutvogel-Rasterkartierungen der Ornithologischen Arbeitsgemeinschaft Bodensee ausgewertet und die Bestandsveränderungen zwischen 1980 und 2000 in Beziehung zu Zugverhalten, Bruthabitat und Nord-Südverbreitung der Arten gesetzt. Erstmals wurde festgestellt, dass insbesondere bei Langstreckenziehern und Vögeln des Offenlandes bereits früher festgestellte Bestandsveränderungen unabhängig von den ersten beiden der genannten Parameter, auch von der Nord-Südverbreitung abhängen: Südlich verbreitete Arten nahmen tatsächlich zu. Bei den im Nor-



den verbreiteten Arten ist noch keine deutliche Abnahme zu beobachten, was die Vogelexperten damit erklären, dass diese noch Ausweichmöglichkeiten in höhere Lagen haben.

Ein Gartenrotschwanz wird beringt,

Bild: W. Fiedler

ERGEBNISSE

Aus den Ergebnissen der vier Teilprojekte leiteten die Experten ab, dass „die Klimaveränderung einen deutlichen Einfluss auf die Vogelwelt hat.“ Dieser zeigte sich nicht nur in veränderten Anwesenheitszeiten der Vögel, sondern auch in der Artenzusammensetzung, insbesondere auch in der Verbreitung von sogenannten Neubürgern.

Häufiger heftige Unwetter

DIE QUANTITÄT UND INTENSITÄT VON UNWETTERN MIT HOHEM SCHADENSPOTENZIAL HABEN IN BADEN-WÜRTTEMBERG ZUGENOMMEN, UND EINE TRENDUMKEHR IST NICHT IN SICHT.

⚡ Blitz, Donner, Sturm und Hagel haben über Baden-Württemberg in den vergangenen 30 bis 50 Jahren deutlich zugenommen, so das Ergebnis einer Studie des Instituts für Meteorologie und Klimaforschung der Universität Karlsruhe und des Forschungszentrums Karlsruhe. Die Forscher gingen im Rahmen des Verbundprojektes KLARA (Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung) der Frage nach, inwieweit die Folgen des Klimawandels im Ländle bereits heute schon durch eine Zunahme extremer Wetterereignisse zu spüren sind. Dazu untersuchten sie die Häufigkeit und Schwere von Gewittern und Gewitterstürmen in den Jahren von 1949 bis 2000 sowie die Häufigkeit und Schwere von Winterstürmen innerhalb der letzten 200 Jahre.

Ergänzt wurde diese Datenanalyse durch Auswertungen von Vertikalprofilen verschiedener meteorologischer Größen, die mithilfe von Radiosonden in den Jahren 1971 bis 2003 an der Station Stuttgart ermittelt wurden. Aus den Radiosondendaten berechneten die Wissenschaftler verschiedene Indizes, die über die Stabilität der Atmosphäre und somit über das Gewitterpotenzial Aufschluss geben können.

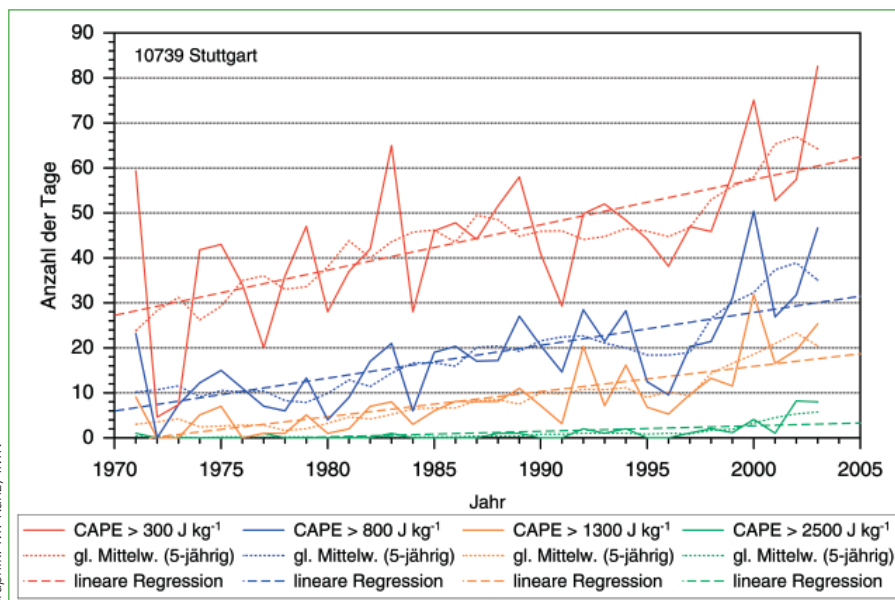
Einer der wichtigsten Parameter ist dabei die CAPE (Convective Available Potential Energy), die den Energieinhalt in der Atmosphäre wiedergibt. Je höher dieser CAPE-Wert, desto größer die Wahrscheinlichkeit für Gewitter beziehungsweise schwere Gewitterstürme. Die Auswertung der Radiosondenmessungen ergab, dass in den vergangenen 33 Jahren die Anzahl der Tage, an denen die CAPE über gewissen Schwellenwerten lag, erheblich zugenommen hat. Vor allem die Anzahl der Tage mit einer CAPE über dem höchsten betrachteten Schwellenwert von $2500 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ zeigt eine „beachtliche Zunahme“ in den Jahren nach 1990. Bis dahin gab es nur sehr wenige Tage oberhalb dieses Schwellenwertes, der zudem bis dahin maximal nur einmal im Jahr überschritten wurde. Nach 1990 ist dieser Wert fast jedes Jahr überschritten worden, teilweise sogar an mehreren Tagen.

Ein ähnliches Bild ergab sich auch bei anderen Parametern, in deren Berechnung die Temperatur- und Feuchtwerte am Boden oder in Bodennähe mit einfließen. Denn als eine Ursache

für die vermehrten Gewitter identifizierten die Wissenschaftler die Zunahme der bodennahen Taupunkttemperatur: „Bei unseren Untersuchungen kam heraus, dass neben der Temperatur auch die Feuchtigkeit zugenommen hat. Eine Tatsache, deren Ursache und Auswirkungen auf unser Wetter noch weiterer Untersuchung bedarf“, so Projektleiter Dr. Michael Kunz. Die Erkenntnisse aus den Daten der Radiosonden wur-

TAGE MIT GEWITTER WURDEN HÄUFIGER

Die Auswertung der Daten aus den Jahren 1949 bis 2000 von 13 so genannten SYNOP-Stationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in Baden-Württemberg ergab eine Zunahme der Gewittertage zwischen 50 und 80 Prozent. Dabei war der größte Anstieg an der Station Freudenstadt zu beobachten mit einer Zunahme von fast acht Tagen beziehungsweise 80 Prozent innerhalb von 52 Jahren. An der Station Klippeneck nahm die Anzahl um rund sieben Tage oder 70 Prozent zu, an den Stationen Freiburg und Konstanz um jeweils sechs Tage, das sind 55 beziehungsweise 50 Prozent.



Graphik: M. Kunz, IMK

Anzahl der Tage pro Jahr mit einer CAPE über definierten Schwellenwerten: Das Gewitterpotenzial hat im Verlaufe der letzten 35 Jahre deutlich zugenommen.

KONTAKT

Dr. Michael Kunz (Ltg.)
 Prof. Dr. Christoph Kottmeier
 Institut für Meteorologie und Klimaforschung d. Univ. Karlsruhe (TH)/
 Forschungszentrum Karlsruhe
 Wolfgang-Gaede-Str. 1
 76131 Karlsruhe
 Tel.: 0721/608-8711
 Fax: 0172/608-6102
 www.imk.uni-karlsruhe.de
 michael.kunz@imk.uka.de

PROJEKT

Projekttitel:
 Studie zur Häufigkeit und Intensität meteorologischer Ereignisse mit großem Schadenspotenzial in Baden-Württemberg
 Projektlaufzeit:
 5/2004 bis 6/2005

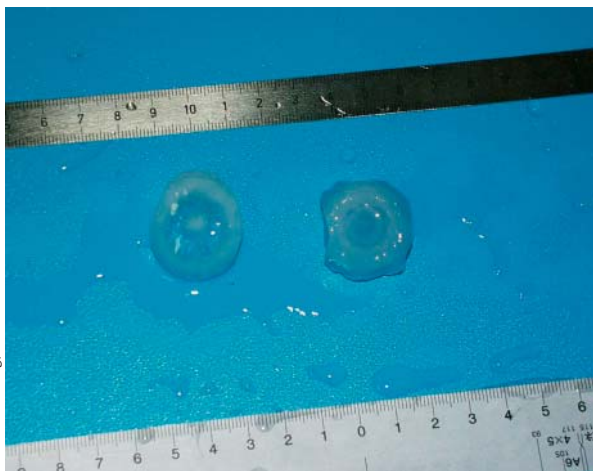


Bild: K. Beheng, IMK

Die Hagelschäden haben in den vergangenen 19 Jahren gebietsweise um 240 Prozent zugenommen.

den anhand von Radardaten aus den Jahren 1998 bis 2003 überprüft. Ergebnis: An zwei Dritteln der Tage, die aufgrund des hohen CAPE-Wertes als Gewittertage eingestuft worden waren, ergab sich eine Übereinstimmung mit hohen Radarreflektivitäten, also mit tatsächlich aufgetretenen schweren Gewittern.

„DRAMATISCHE ZUNAHME“ BEI HAGEL

Eine Analyse von Gebäudeschäden durch Hagel anhand von Daten der SV Sparkassen-Versicherung zwischen 1986 und 2004 ergab sowohl für die Schadensmeldungen als auch für die Schadenssummen eine „nahezu dramatische Zunahme“. Dies kann außerdem auch für einzelne Hageltage im Land beobachtet werden. Je nachdem, welcher Schwellenwert in der Anzahl der Schadenmeldungen für die Definition eines Hageltags angesetzt wurde, ergab sich ein Anstieg um einen Faktor zwischen 2 und 5 im betrachteten Zeitraum.

Besonders durch Hagel gefährdet sind vor allem die Gemeinden Kraichtal, Dettenheim, Hambrücken und Kronau im Nordwesten des Landes: Hier gibt es jedes Jahr durchschnittlich an einem von 750 Gebäuden Hagelschäden. Die Anzahl der Hageltage in diesem Gebiet hat dabei in den vergangenen 19 Jahren um 240 Prozent zugenommen. Ebenfalls stärker betroffen sind die Regionen östlich und südlich von Stuttgart, das Breisgau sowie die Gegend um Ulm. Seltener hagelt es hingegen in weiten Teile des Schwarzwalds sowie südlich von Heilbronn.

KOMMT „LOTHAR“ BALD WIEDER?

Welche enormen Schäden Stürme anrichten können, zeigte der Orkan Lothar, der 1999 auch über Baden-Württemberg hinwegfegte und eine drastische Spur der Zerstörung hinterließ. Es war ein Wintersturm, also die Sorte Sturm, die in

Deutschland aufgrund der großen räumlichen Ausdehnung des Windfelds das größte Zerstörungspotenzial besitzt. Zur Rekonstruktion von Winterstürmen der letzten 200 Jahre durchforsteten die Wissenschaftler neben wissenschaftlichen Aufzeichnungen auch Jahrbücher, Stadtchroniken und Geschichtsbücher. Dabei fanden sie heraus, dass die Sturmhäufigkeit in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts deutlich höher war als in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Betrachtet man allerdings nur die stärksten Stürme der letzten 200 Jahre, dann fallen allein sechs der insgesamt neun in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts. Dies werteten die Forscher als einen Hinweis auf eine „Zunahme von extremen Sturmereignissen“, der allerdings aufgrund der Seltenheit dieser Ereignisse noch nicht als gesichert betrachtet werden kann.

Insgesamt, so das Fazit der Studie, konnte in den vergangenen Jahren eine Häufung extremer Wetterereignisse beobachtet werden. Dies steht im Einklang mit Klimaprognosen verschiedener Forschungseinrichtungen, nach denen für die Zukunft mit einer weiteren Zunahme extremer Ereignisse gerechnet werden muss.

Die Karte zeigt die mittlere Anzahl der Hageltage in Baden-Württemberg in den Jahren 1986 bis 2004 pro dreistelligem Postleitzahlenbereich. Zugrunde liegen Daten der SV Sparkassenversicherung.

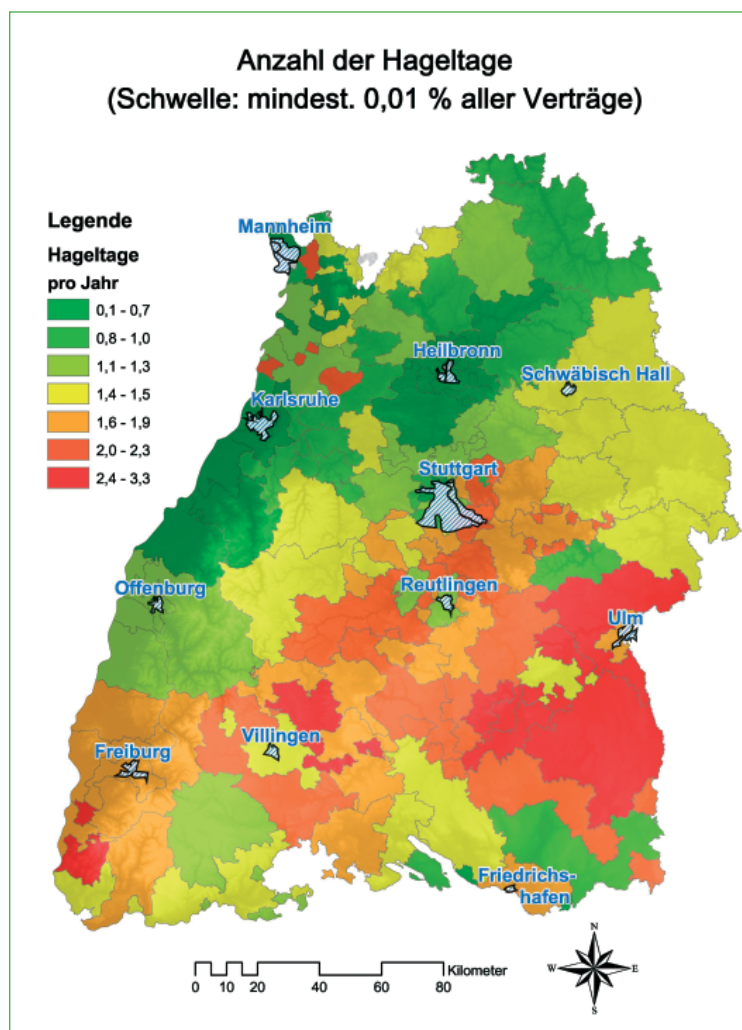


Bild: M. Kunz, IMK

Lebensgefahr durch Hitzewellen?

DIE AUSWIRKUNGEN DES HITZESOMMERS 2003 AUF DIE STERBLICHKEIT HAT DER DEUTSCHE WETTERDIENST IN FREIBURG UNTERSUCHT – UND DABEI AUCH LANGZEITDATEN SEIT 1968 MIT EINBEZOGEN.

KONTAKT

Prof. Dr. Gerd Jendritzky
 Deutscher Wetterdienst
 Abteilung Medizin-Meteorologie
 Stefan-Meier-Straße 4-6
 79104 Freiburg
 Tel.: 0761/28202-54
 Fax: 0761/28202-77
 www.dwd.de
 gerd.jendritzky@dwd.de

PROJEKT

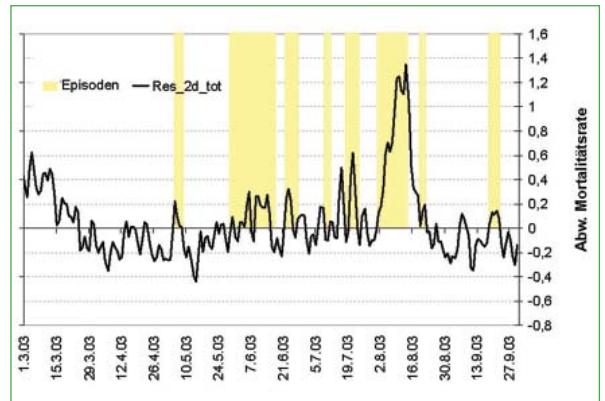
Projekttitel:
 Aufarbeitung der Gesundheitsaspekte der Hitzewelle(n) 2003 in Baden-Württemberg anhand von Mobilitätsdaten durch Anbindung an die Langzeitstudie des DWD
 Projektlaufzeit:
 3/2004 bis 11/2004

Hitzetote sind schlagzeilentragend und können unmittelbar die hohe Politik tangieren. Das zeigte die Hitzewelle 2003, als die Diskussionen um die Zustände in Altenheimen in Frankreich sogar zur Streichung des arbeitsfreien Pfingstmontags zur Finanzierung der Altenpflege führten. Als das Land Baden-Württemberg zum Jahr 2000 das Verbundprojekt KLARA (Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung) ins Leben rief, war trotz globaler Erwärmungstendenzen die Hitzewelle 2003 noch nicht zu erahnen. Dass sie jedoch rasch zum Forschungsgegenstand von KLARA wurde, liegt auf der Hand: Ist nun der heiße Sommer 2003 tatsächlich schuld an zahlreichen Sterbefällen im Land? Und welche allgemeinen Schlussfolgerungen lassen sich aus dem Vergleich von Temperatur- und Mortalitätsdaten ableiten? Die Abteilung Medizin-Meteorologie des Deutschen Wetterdienstes Freiburg ging diesen Fragen nach. Dabei wurden nicht nur Daten des Jahres 2003 analysiert, sondern – um eine möglichst sichere Vergleichsbasis zu erhalten – auch eine lange Zeitreihe von 1968 bis 2003 ausgewertet. Das objektive Maß für Hitzetote ist dabei die Abweichung der Mortalität während einer Hitzewelle vom langjährig ermittelten Erwartungswert der „normalen“ Sterblichkeit.

WAS SIND „HITZETOTE“?

Vor der Darstellung der wichtigsten Ergebnisse gilt es, einige grundsätzliche medizinische und demographische Zusammenhänge zu klären. Der Mensch ist als „homöothermes“ Lebewesen auf eine möglichst konstant um die 37 Grad Celsius lie-

gende Körpertemperatur angewiesen. Einfluss auf den Wärmehaushalt des Menschen nehmen die Lufttemperatur, die mittlere Strahlungstemperatur, die Luftfeuchtigkeit, der Wind, die Bekleidung sowie die innere Wärmeproduktion. Die Regulierung des Wärmehaushalts nimmt beim Menschen eine hohe Priorität ein. Während also der Organismus gegen die Hitze ankämpft, können andere Belastungen und Krankhei-

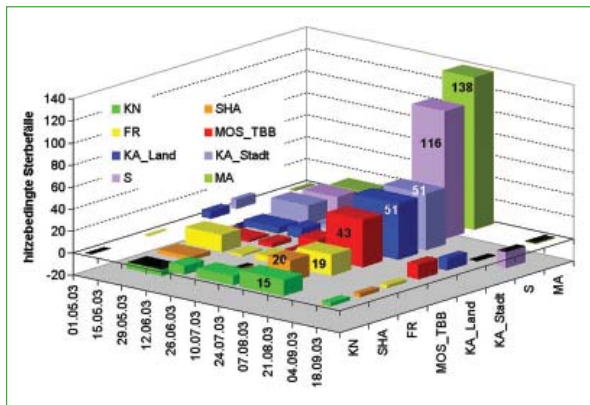


Die Mortalitätsraten in Baden-Württemberg im Sommer 2003: Der Zusammenhang mit den gelb markierten Hitzephasen wird deutlich – insbesondere während der August-Hitzewelle.

ten vom Körper ignoriert werden. Auf diese Weise erhöht eine Hitzewelle bei gesundheitlich vorgeschädigten Personen das Sterberisiko, während eine gute körperliche Fitness schützt. Neben direkten „Hitzekrankheiten“ wie Sonnenstich oder Hitzschlag spielen deshalb vor allem auch indirekt ausgelöste Beschwerden, etwa Herz-Kreislauf-Erkrankungen, eine große Rolle. Auch die mangelnde Akklimatisierung beeinflusst die Anfälligkeit gegenüber Wärmebelastungen.



Bild: Wagner Solar



Hitzebedingte Sterbefälle (in absoluten Zahlen) während der Hitzeepisoden im Jahr 2003 in den untersuchten Stadt- und Landkreisen sowie der Stadt Konstanz.

Für die statistische Auswertung von Belang ist zudem der so genannte „Harvesting-Effekt“. Er beschreibt das Vorverlegen des Todesintritts um wenige Tage oder Wochen und ist in der nebenstehenden Kurve des Mortalitätsverlaufs von März bis September 2003 zu verfolgen: In der Folge erhöhter Mortalität durch eine Grippewelle Ende Februar/Anfang März sank bis Ende Mai die Sterblichkeit unter die zu erwartenden Durchschnittswerte.

ALLE ALTERSKLASSEN BETROFFEN

Der Sommer 2003 war deutlich wärmer als ein aus den Langzeitdaten ermittelter Durchschnitts-Sommer. In Europa geht man von geschätzten 25.000 bis 30.000 Hitzetoten allein im August aus, in Baden-Württemberg forderte die Wärmebelastung insgesamt über 2.000 Opfer, davon zwei Drittel vom 1. bis zum 24. August. Unterscheidungen nach Alter und Geschlecht weisen aufgrund der kleinen Grundgesamtheiten größere Unsicherheiten auf. Die Untersuchung zeigte jedoch, dass eine weitere Differenzierung der Mortalitätsdaten nicht unbedingt zum Gewinn neuer Kenntnisse führt. Tendenziell ist aber festzuhalten, dass von der hitzebedingten Sterblichkeit nicht nur die „Alten“, sondern alle Altersklassen ähnlich stark betroffen sind. Die regionale Differenzierung zeigt bei neun untersuchten Stadt- und Landkreisen sowie der Stadt Konstanz, dass zumindest im August 2003 die hitzebedingte Sterblichkeit in den Städten geringfügig höher war als auf dem Land.

Wichtige Tendenzaussagen konnten insbesondere auch aus der Betrachtung der Langzeitdaten abgeleitet werden. Demnach war der Zusammenhang zwischen der Hitze und dem Anstieg der Sterblichkeit im Jahr 2003 kein Zufall – Intensität und Dauer der Wärmebelastung haben einen grundsätzlichen Einfluss auf die Mortalitätsraten. Davon sind wie 2003 alle Altersklassen in ähnlicher Weise betroffen, wenngleich

die Empfindlichkeit gegenüber der Wärmebelastung mit dem Alter zunimmt. Besonders stark macht sich dies aufgrund abnehmender körperlicher Fitness und dem Vorhandensein anderer Krankheiten bei der Altersgruppe ab 75 Jahren bemerkbar. Im Durchschnitt fallen der Wärmebelastung mehr Frauen als Männer zum Opfer. Die Phasenverschiebung zwischen der Ursache Wärmebelastung und der Wirkung Mortalitätsanstieg beträgt lediglich rund einen Tag. Der Harvesting-Effekt spielt dagegen in der Langzeitbetrachtung eine untergeordnete Rolle.

FRÜHWARNSYSTEM

Laut den Berechnungen des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ist auch zukünftig mit wärmeren Sommern und damit auch mit einer Zunahme von Hitzewellen zu rechnen. Ist uns der Sommer 2003 bisher als „einmalig“ in Erinnerung, so wird er in den nächsten Jahren immer wieder auftreten und schließlich in der zweiten Hälfte des 21.

Gesamt								
Episode	0 – 39 Jahre	40 – 59 Jahre	60 – 69 Jahre	70 – 74 Jahre	75 – 79 Jahre	80 – 84 Jahre	85 – 89 Jahre	über 90 Jahre
01.08. – 14.08.	8 (108%)	72 (122%)	89 (118%)	93 (126%)	174 (136%)	216 (136%)	189 (139%)	329 (158%)
01.08. – 22.08.	5 (103%)	67 (113%)	102 (113%)	88 (116%)	160 (121%)	312 (133%)	244 (131%)	407 (146%)
01.08. – 29.08.	-3 (99%)	66 (110%)	77 (107%)	66 (109%)	167 (117%)	323 (126%)	230 (123%)	401 (134%)
01.08. – 07.09.	-17 (94%)	49 (106%)	92 (107%)	44 (105%)	165 (113%)	300 (119%)	173 (113%)	391 (126%)
01.08. – 30.09.	-44 (90%)	23 (102%)	80 (104%)	33 (102%)	121 (106%)	345 (114%)	37 (102%)	399 (116%)

Hitzetote in Baden-Württemberg in verschiedenen Zeiträumen ab August 2003. Neben den absoluten Zahlen zeigen die Prozentwerte die Relation zur erwarteten Mortalität (= 100 %): je länger der Betrachtungszeitraum, desto stärker die Annäherung an den Durchschnittswert.

Jahrhunderts zum Normalfall werden. Insofern erscheint es heute schon geboten, das Instrumentarium zu verbessern bzw. zu installieren, mit dem den zu erwartenden Wärmebelastungen begegnet werden kann. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Deutschen Wetterdienstes nennen in diesem Zusammenhang als bereits kurzfristig umgesetzte Maßnahme die Einrichtung von Hitzewarnsystemen mit entsprechenden lokalen Vorkehrungen. Mittel- bis längerfristig könnten städtebauliche Maßnahmen greifen: Wärmeinseln könnten durch die Errichtung innerstädtischer Grünzonen, eine klimagerechte Architektur oder die Freihaltung von Frischluftschneisen reduziert werden. Dies kann bereits heute durch eine konsequente Anwendung des Baugesetzbuchs initiiert werden. Die alltäglichen Rahmenbedingungen – Arbeitszeiten, Ladenöffnungszeiten etc. – werden sich zwangsläufig auf geänderte Lebensgewohnheiten einstellen oder diese sogar unterstützen müssen. Anschauungsunterricht können heute schon die mediterranen Länder bieten.

Schnee von gestern?

EIN BREITER FÄCHER VON FORSCHUNGSPROJEKTEN SOLL DEN KLIMASCHUTZ VORANBRINGEN.

„Jeder dumme Junge kann einen Käfer zertreten. Aber alle Professoren der Welt können keinen herstellen.“ Schopenhauers Erkenntnis lässt sich auf das Klima übertragen. Noch in vielen Jahren werden Gase, die wir heute emittieren, das Klima beeinflussen. Ein Rezept, den Mechanismus umzukehren, kennen wir nicht.

Um den sprichwörtlichen „Schnee von gestern“ nicht in traurige Realität zu verwandeln, finanziert die Umweltforschung Baden-Württemberg zahlreiche Projekte zum Klimaschutz und Klimawandel. Gefördert werden zum Beispiel Wissenschaftler der GKSS Geesthacht und der der LfU (ISF) mit dem Projekt „KLIB“ (Klima-Untersuchungen am Bodensee). Welchen Einfluss hat das Klima auf biologische und chemische Prozesse? Wie wirken sich steigende Temperaturen aus? Mitte 2006 ist mit Ergebnissen zu rechnen.

Mit dem Projekt „REKLISO“ erstellte der „Regionalverband Südlicher Oberrhein“ eine Planungshilfe. Das Instrument

hilft, anthropogene Einflüsse auf das Regionalklima in der Regional- und Bauleitplanung zu reduzieren.

Arno Schanowski spürt Wärme liebende Insekten, die nach Baden-Württemberg einwandern, auf. Ob die aus dem Maghreb stammende Brombeereule (*Dysgonia algrira*), der Rostfarbige Barkkäfer (*Leistus fulvibarbis*) oder die Blattschneiderbiene (*Megachile pilidens*): Diese und andere „Südstaatler“ werden seit einigen Jahren – dank steigender Temperaturen – immer häufiger im Land gesichtet.

In einem Vorhaben der Uni Hohenheim wird ermittelt, inwieweit Mikroorganismen in landwirtschaftlich genutzten Böden unter veränderten klimatischen Bedingungen Kohlenstoff binden und damit eine Senke für Kohlendioxid darstellen. Ein anderes Team in Hohenheim erarbeitet Strategien zur Vermeidung von CO₂-Emissionen aus landwirtschaftlicher Nutzung. Mit Ergebnissen ist 2006 zu rechnen.

KONTAKT

Andrea Mehling
LfU Bad.-Württ.
Postfach 21 07 52
76157 Karlsruhe
Tel.: 0721/983-1469
Fax: 0721/983-1414
andrea.mehling@lfuka.lfu.bwl.de
www.lfu.baden-wuerttemberg.de

PROJEKTE

KLIB – Klimaauswirkungen auf den Bodensee

REKLISO – Regionale Klimaanalyse der Region Südlicher Oberrhein

Biomonitoring anhand ausgewählter Insektengruppen

Bewertung von Strategien zur Vermeidung von CO₂-Emissionen aus der landwirtschaftlichen Nutzung in Baden-Württemberg

Böden von Baden-Württemberg als Senke für klimarelevante Gase



Bilder: Klaus Kersting, Gewässerdirektion Donau/Bodensee

Für die Klima-Untersuchungen des ISF am Bodensee: Eine Serie von Luftbildern der Gewässerdirektion Donau/Bodensee dokumentiert eindrucksvoll die Absenkung des Wasserspiegels. Oben: Bodman, unten links: Insel Reichenau, unten rechts: Halbinsel Mettnau

Nano-Partikel in der Lunge

ATEMWEGSEKRANKUNGEN UND SYSTEMISCHE EFFEKTE LUFTGETRAGENER PARTIKEL.

Schon vor mehreren Jahrzehnten wiesen Epidemiologen einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen Luftverschmutzung und einem Anstieg der Krankheits- und Sterblichkeitsrate nach. Betroffen waren und sind hauptsächlich Personen mit Asthma, chronischer Bronchitis, Kleinkinder und ältere Menschen. Der Fokus der Wissenschaft ist mittlerweile auf die Ultrafeinen Partikel (PM_{0,1}), den Schwebstaub mit einem aerodynamischen Durchmesser von bis zu 10 µm gerichtet. Diese luftgetragenen Schadstoffe können bis in die Lungenbläschen vordringen, und es wird vermutet, dass sie dort Entzündungsherde verursachen, die die Durchlässigkeit des Lungenepithels und schließlich der Endothelschicht der Blutgefäße zur Folge haben. Dies hätte die Freisetzung vasoaktiver (das Gefäßsystem beeinflussender) Mediatoren zur Folge, was wiederum die Translokation (Verlagerung) der Umweltstäube begünstigen würde, welche über das Gefäßsystem systemische Auswirkungen in Gang setzen können (s. Abb.). Diese Verlagerung der kleinsten luftgetragenen Partikel und deren dadurch ausgelöste Auswirkungen auf andere Organe standen im Mittelpunkt der Untersuchungen, die am Toxikologischen Institut für Umweltmedizinische Forschung (IUF) an der Universität Düsseldorf durchgeführt wurden.

VERSUCHSAUFBAU

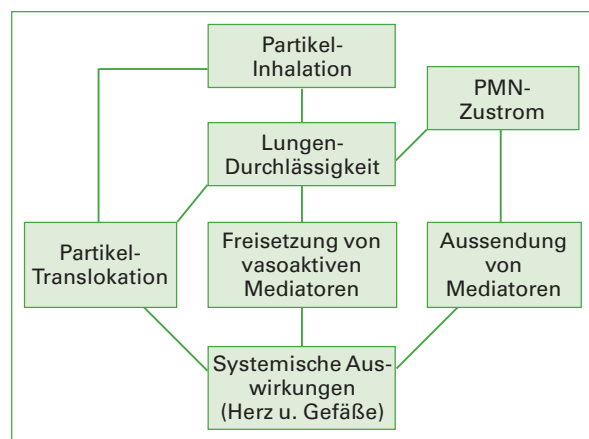
Für ihre Forschungen setzte die Projektgruppe radioaktiv markierte Modell-Nanopartikel (¹⁹²Iridium-Aerosole, 18 nm) ein und evaluierte deren Translokation in einer isolierten, mit Nährlösung durchspülten Rattenlunge.

Außerdem untersuchten sie in Ratten mittels isolierter Herzdurchströmung nach Langendorff die Auswirkungen von luftgetragenen Partikeln auf die Funktionen von Herz und Gefäßen (kardiovaskulär). Der Versuchsaufbau ließ erwarten, dass die Partikel durch das Lungenepithel hindurchwandern und die kardiovaskulären Funktionen direkt beeinflussen können. Andererseits können die Partikel auch Entzündungen hervorrufen, die wiederum die Lungen-Durchlässigkeit sowohl für Partikel als auch für gefäßrelevante Mediatoren verändern.

Anfangs arbeitete die Forschergruppe mit negativ ventilerten Rattenlungen und konnte hierbei eine gewisse Translokation von Nanopartikeln als Reaktion auf die Veränderung der Durchlässigkeit von Epithel (oberste Schicht des Schleimhautgewebes) und Endothel (Zellschicht an der Innenfläche von Blut-

und Lymphgefäßen) beobachten. In späteren Versuchen wurde die Rattenlunge mit positivem Druck ventiliert. Die Nährlösung, mit der die Lunge umspült wurde, war mit menschlichen neutrophilen Granulozyten (PMN) versetzt worden, um dadurch realere entzündliche Bedingungen zu schaffen und gleichzeitig Entzündungsvorgänge auszulösen. Die Durchlässigkeit der Lunge im Bereich der Lungenbläschen wurde genau wie in den ersten Versuchen durch die Instillation (Einträufelung) von Histamin (Gewebehormon) durch die Luftröhre manipuliert, während die Einträufelung von Wasserstoffperoxid (H₂O₂) die Epithel-Durchlässigkeit verändern sollte. Es konnte keine erhöhte Translokation von Nanopartikeln beobachtet werden. Andere Untersuchungen, bei denen mit einer Hasenlunge sowie mit anderen Partikeln und Oberflächenbelastungen gearbeitet wurde, ergaben den selben Schluss.

Abgesehen von einem Einblick in Variablen, die bei der Partikel-Translokation eine Rolle spielen, wurden bei dem Projekt Daten aufgezeichnet, die Auskunft darüber geben, wie sich die Instillation von ultrafeinen Partikeln in die Rattenlunge auf Herz



KONTAKT

Prof. Dr. Paul Borm (Ltg.), Dr. Karim Bagate, James Meiring, Dr. Doris Höhr
 Institut für umweltmedizinische Forschung
 Universität Düsseldorf
 Auf'm Hennekamp 50
 40225 Düsseldorf
 Tel.: 0211/3389-0
 Fax: 0211/3190910
 www.iuf.uni-duesseldorf.de
 p.borm@hszuyd.nl

PROJEKT

Projekttitel:
 Atemwegserkrankungen und systemische Effekte luftgetragener Partikel (Pulmonary inflammation and systemic effects due to ambient particulates).
 Projektlaufzeit:
 1/2002 bis 12/2004

Hypothetische Reaktionskette bei der Inhalation ultrafeiner Partikel.

und Gefäße auswirkt. Zusammengefasst weisen die Daten auf eine Erleichterung der Gefäßentspannung als Kurzzeit-Effekt nach PM-Instillation hin. Dies ist auf den Mechanismus der NO-Mediation zurückzuführen und tritt zu einem Zeitpunkt auf, an dem die Lungenentzündung noch nicht sehr weit fortgeschritten ist. Die Einträufelung von ultrafeinen Partikeln in die Lunge beeinflusst das isolierte durchströmte Herz auf eine Weise, dass es sich nach einer Schädigung infolge verringerter Durchblutung (Ischämie) weniger gut erholen kann. Diese Ergebnisse stützen die Erkenntnis, dass ultrafeine Partikel direkt oder indirekt zur Zunahme von kardiovaskulären Todesfällen beitragen.

Mobile Schadstoffe

KONZENTRATION VON PCB UND CO. IN INNENRÄUMEN IST VON VIELEN FAKTOREN ABHÄNGIG.

Schadstoffmessung ist eine Kunst und erfordert viel Wissen. Vielleicht noch deutlich mehr Wissen, als man bisher dachte. Wie Wissenschaftler von der Materialprüfanstalt der Universität Stuttgart zeigen konnten, wird die Konzentration von zum Beispiel polychlorierten Biphenylen (PCB) in Innenräumen von zahlreichen Faktoren in ganz erheblichem Maße beeinflusst. Die Unterschiede können so weit gehen, dass ein messtechnisch überprüfter Raum an einem Tag die Kontrollen passiert, an einem anderen Tag jedoch saniert werden müsste. Wichtige Einflussfaktoren sind unter anderen die Temperatur und der Luftwechsel, die Größe der Emissionsfläche oder die Nutzungsbedingungen im betreffenden Raum. Experten haben festgestellt, dass die Gehalte von PCB in ein und demselben Innenraum selbst unter scheinbar vergleichbaren Messbedingungen, wie sie nach Norm-Vorgaben festgelegt sind, je nach Jahreszeit zwischen 300 und 2000 Nanogramm pro Kubikmeter schwanken. Bekannt ist zum Beispiel, dass eine Erhöhung der Temperatur um etwa fünf Grad zu einer Verdopplung der Konzentration der verschiedenen Verbindungen, die zur Gruppe der polychlorierten Biphenyle gerechnet werden, führt.

Der Mix aus verschiedenen chemischen Verbindungen, der unter dem bekannten Namen PCB gefasst wird, ist keineswegs so einheitlich, wie es das Kürzel suggeriert. PCB ist vielmehr ein Gemisch aus 209 Einzelverbindungen (Kongeneren) mit vergleichbarer Grundstruktur, jedoch unterschiedlichem Chlorierungsgrad. Die physikalischen Eigenschaften der einzelnen Vertreter dieser Verbindungsklasse der PCB-Typen unterscheiden sich wesentlich. So haben die verschiedenen Kongeneren (con genus, vom gleichen Stamm) deutlich unterschiedliche Dampfdrücke und damit auch ein unterschiedliches Emissionsverhalten.

BIS ZU 40 MILLIONEN SANIERUNGS-AUFWAND

Da es unmöglich ist, jeder Substanz der jeweiligen PCB-Mischung einzeln nachzuspüren, wurden Leit- oder Indikatorkongeneren ausgewählt, die jeweils für ganze Verbindungs-Gruppen stehen. Wie eng jedoch der Zusammenhang zwischen dem Indikator und der tatsächlichen Belastung angesichts des komplexen Emissionsverhaltens des Gesamtgemisches ist, wurde bisher nur in einzelnen Fällen systematisch überprüft. So liegen für Gebäude mit PCB-haltiger Fugenmasse Untersuchungen vor. Für Gebäude mit belasteten Akustik-Deckenplatten, die allein wegen ihrer größeren Fläche noch deutlich problematischer sind, fehlen diese Untersuchungen. Dabei ist diese Bauweise in öffentlichen Gebäuden, die bis 1973 erstellt wurden, häufig. Die Oberfläche der Deckenelemente wurde damals praktisch ausschließlich mit hochchlorierten PCBs behandelt. Die Projektbearbeiter von der Materialprüfanstalt gehen von insgesamt circa 100.000 Quadratmetern PCB-belasteten Schallschutz-Deckenplatten in Gebäuden des Landes Baden-Württemberg aus, was einen Sanierungsaufwand von 20 bis 40 Millionen Euro bedeuten würde – wenn die Belastung der Räume tatsächlich über dem Grenzwert liegt. Angesichts dieser Summen und zugleich der Gefahren für die Gesundheit bei einer Fehleinschätzung lohnt es sich, Wege zu suchen, um die Belastung möglichst korrekt in ihrer großen Bandbreite zu erfassen.

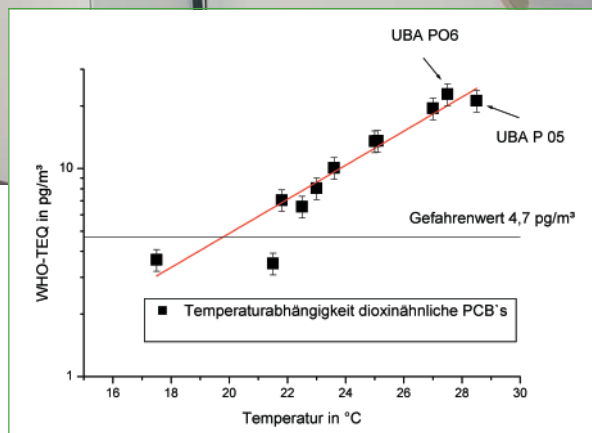
Darum wurde in einem Projekt mit Hilfe systematischer Messungen in verschiedenen PCB-belasteten Gebäuden unter unterschiedlichen Randbedingungen ein Modell entwickelt, das als Basis für die Abschätzung der realen Belastungssituation in diesen Innenräumen herangezogen werden kann.

KONTAKT

Dr. Gerhard Volland
Materialprüfanstalt
Universität Stuttgart
Otto-Graf-Institut
Pfaffenwaldring 4
70569 Stuttgart
Tel.: 0711/685-6740
Fax: 0711/685-6830
www.mpa.uni-stuttgart.de
gerhard.volland@po.uni-stuttgart.de

PROJEKT

Projekttitel:
Dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (PCB) und polychlorierte Dioxine/Furane (PCDD/F) im Innenraum – Modelluntersuchungen zum Einfluss PCB-belasteter Bauteile und Baustoffe auf die Innenraumluft in Abhängigkeit von baulichen Einrichtungen und klimatischen Randbedingungen
Projektlaufzeit:
12/2003 bis 12/2004



Oben: Versuchseinrichtung. Unten: Temperaturabhängigkeit der Emission dioxinähnlicher PCBs (Summe in Toxizitätsäquivalenten) in Innenräumen von Gebäuden mit vollflächig verlegten PCB-haltigen Deckenplatten unter Normbedingungen.

Klare Sicht beim Tabakrauch

GLEICHGÜLTIG, OB DIE LETZTE ZIGARETTE NOCH KURZ VOR DER BLUTENTNAHME INHALIERT WURDE ODER OB SIE SCHON VIER WOCHEN ZURÜCK LIEGT – VOR DEN WISSENSCHAFTLERN, DIE NACH DEN RICHTIGEN NACHWEISSUBSTANZEN SUCHE, SIND BEIDE PROBANDEN GLEICH.

Raucher, Passivraucher, Nichtraucher – die Übergänge zwischen diesen drei Gruppen sind nur vermeintlich fließend. Tatsächlich lässt sich der Nichtraucher mit vernachlässigbarer Hintergrundbelastung vom kneipenerfahrenen Passivraucher mit Hilfe von Marker-Substanzen nahezu zweifelsfrei unterscheiden. Dabei ist es allerdings keineswegs gleichgültig, welche Substanz im Tabakrauch herangezogen wird, den Nachweis zu führen: Manche werden vom Körper zügig abgebaut, andere können auch aus anderen Quellen stammen und sind damit unzuverlässig in ihrer Aussage.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an der HNO-Klinik Würzburg haben sich der Frage gewidmet, welche Substanzen tatsächlich eindeutig auf die Belastungsintensität durch Tabakrauch schließen lassen, und mehrere potenzielle Marker-Substanzen intensiv geprüft. Insgesamt 248 Freiwilligen, die sich per Fragebogen zunächst selbst einer der Gruppen „Raucher“, „Passivraucher“ und „Nichtraucher“ zuzuordnen hatten, wurde Blut entnommen und dieses auf drei „verräterische“ Substanzen hin untersucht.

WELCHER IST DER BESTE MARKER?

In besonders hohen Mengen ist Acrylnitril im Tabakrauch vorhanden. Nach dem Einatmen bindet sich die Substanz zum Teil an den Blutfarbstoff Hämoglobin und bleibt an diesen gekettet, bis das ganze Molekül im Zuge der normalen Alterungsvorgänge im Körper abgebaut wird. Die Substanz reagiert auch mit anderen Eiweißen, etwa der DNA.

Ein anderer grundsätzlich geeigneter Marker, der in Studien schon häufig eingesetzt wurde, ist das 4-Aminobiphenyl (4-ABP). Auch vom eingeatmeten 4-ABP wird ein Teil an den Blutfarbstoff gebunden. Zwar ist auch diese Substanz ein wichtiger Bestandteil des Zigarettenrauchs, doch ist sie in diesem nur in 100.000-fach niedrigerer Konzentration nachweisbar als Acrylnitril. Eine weitere, in der Vergangenheit bereits als Hinweisstoff für eine Belastung mit Zigarettenrauch verwendete Substanz ist das Cotinin, ein Abbauprodukt von Nikotin.

Die Analyse-Ergebnisse der Blutproben wurden von den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zunächst zu den

Angaben der Versuchspersonen in den Fragebögen in Beziehung gesetzt. Als „Raucher“ wurden darin alle Personen klassifiziert, die mindestens eine Zigarette am Tag rauchen. Als „Nichtraucher“ galten alle Personen, bei denen niemand im Haushalt oder am Arbeitsplatz raucht.

Für Acrylnitril wurde eine enge Bindung an die Belastung der jeweiligen Testpersonen mit Tabakrauch festgestellt. So blieb die Menge der Hämoglobin-Acrylnitril-Verbindungen in den Blutproben der Nichtrauchergruppe unterhalb der Nachweisgrenze. Die Werte der passivrauchenden Gruppe lagen zwischen diesen und den Werten der Raucher-Gruppe. Auch die Belastung mit 4-ABP-Verbindungen war bei Rauchern signifikant höher als bei den Passiv- oder bei den Nichtrauchern. Wie beim Acrylnitril ergab sich eine klare Beziehung zwischen der Zahl der gerauchten Zigaretten und der im Blut nachgewiesenen Verbindungs-Konzentration. Allerdings zeigte sich, dass siebzig Prozent der Werte bei Nichtrauchern und Passivrauchern im gleichen Konzentrationsbereich lagen. Damit ist eine Unterscheidung dieser beiden Gruppen auf der Basis von 4-ABP als Biomarker kaum möglich. Als am wenigsten aussagekräftig ermittelte das Forschungsteam die Substanz Cotinin. Hier ergab sich keine klare Beziehung zwischen den gerauchten Zigaretten und der Stoff-Konzentration in den Blutproben. Ein Grund dafür ist die vergleichsweise kurze Halbwertszeit der Substanz von 14 Stunden.

Insbesondere wegen der geringen Hintergrundbelastung durch Acrylnitril und der damit eindeutigen Zuordenbarkeit der Belastung mit dieser Substanz zum Tabakrauch, leiteten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eine Empfehlung für Acrylnitril als Marker für Passivrauchbelastung ab.

KONTAKT

Dr. Iris Zwirner-Baier,
Dr. Gerald Baier
Universitäts-HNO-Klinik
Würzburg
Josef-Schneider-Str. 11
97080 Würzburg
Tel.: 0931/20121323
Fax: 0931/20121321
www.hno.uni-wuerzburg.de
iris.zwirner-baier@
mail.uni-wuerzburg.de
baier_g@klinik.uni-wuerzburg.de

PROJEKT

Projekttitle:
Acrylnitril als neuer
Expositionsmarker für
Passivrauch
Projektlaufzeit:
7/2002 bis 6/2003



Bild: P. Fendrich

Angriff über die Nase

DIE UNI-HNO-KLINIK ULM UNTERSUCHT DEN ZUSAMMENHANG ZWISCHEN PHTHALAT-BELASTUNG VON FEINSTAUB UND ASTHMA BRONCHIALE.

Phthalate sind in Kunststoffen aller Art weit verbreitet. Doch möglicherweise lösen die sehr schwer abbaubaren Substanzen Asthma aus. Der Angriff auf die Bronchien und Nasenschleimhaut erfolgt vor allem über den Staub aus Innenräumen. Bis tief in die Nase hat nun ein Wissenschaftlerteam den Staub und seine Wirkungen verfolgt ...

Zwölf Studentinnen und zwanzig Studenten der Universität Ulm waren bereit, sich zum einen drei Stunden lang staubige Luft aus norddeutschen Haushalten und zum anderen gefilterte Reinluft um die Nase wehen zu lassen. Drei Stunden später und am darauf folgenden Tag wurden den Freiwilligen Nasensekret und Nasenschleimhaut entnommen und beides anschließend von Wissenschaftlern ganz genau unter die Lupe genommen. Hintergrund der Untersuchung, an der die Universitäts-HNO-Klinik Ulm, das Landesamt für Gesundheit und Arbeitssicherheit Schleswig-Holstein und der Fachbereich Chemie der Universität Oldenburg beteiligt waren, ist die Erkenntnis, dass Innenraumstäube wichtige Träger giftiger Substanzen sind, die

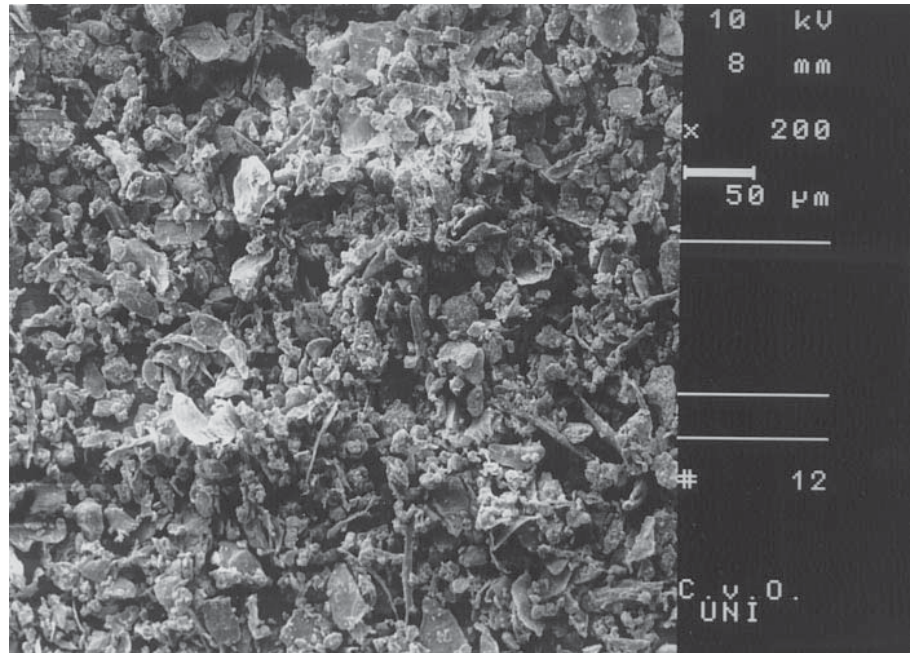
durch Einatmen in den Körper gelangen. Als besonders problematisch sind dabei bestimmte Bakterien- und Pilzbestandteile bekannt, ebenso Metallverbindungen und verschiedene organisch-chemische Verbindungen, zu denen auch die Phthalate gehören.

STAUB AUS DEM NORDEN, PROBANDEN AUS DEM SÜDEN

Aus Norddeutschland stammte der für die Untersuchung verwendete Staub, weil dort für eine Leukämie- und Lymphomstudie bereits Hausstäube gesammelt worden sind, in denen teilweise eine erhebliche Phthalat-Beimengung nach-

weisbar war. Ein Teil des Staubs behielt bei seiner Verwendung im Experiment seinen ursprünglichen Gehalt an Di(2-ethylhexyl)phthalat, ein anderer wurde mit dieser Substanz so präpariert, dass sein Gehalt mehr als das Fünffache dieser Konzentration betrug und damit Spitzenbelastungen in deutschen Haushalten entsprach.

Welche der beiden Varianten jeweils zum Einsatz kam, entschied der Zufall. Grundsätzlich wurde aber jeder Student in ebenso zufälliger Reihenfolge in einem Versuchsdurchlauf einmal mit staubiger und einmal zur Kontrolle mit sauer-



Übersichtsbild der 32-Mikrometer-Fraktion des eingesetzten Innenraumstaubes, SEM, x200. Prof. W. Butte, Universität Oldenburg, Fachbereich Chemie.

berer Luft konfrontiert. Jeder der Freiwilligen musste die Prozedur zweimal über sich ergehen lassen, wobei zwischen den beiden Staubbelaugungs-Tests mindestens sieben Tage lagen.

GEPRÜFTE ALLERGIKER

Es wird vermutet, dass Allergiker auf Umweltschadstoffe besonders intensiv reagieren, darum wurden für die Untersuchung zur Hälfte Hausstaubmilbenallergiker ausgewählt und die Testergebnisse dieser Probanden getrennt ausgewertet. Die Studierenden wurden zunächst klinisch und allergologisch untersucht und danach einer der beiden Gruppen

KONTAKT

Prof. Dr. Herbert Riechelmann
Univ.-HNO-Klinik Ulm,
Landesamt für Gesundheit und Arbeitssicherheit Schleswig-Holstein,
Universität Oldenburg,
Fachbereich Chemie
Frauensteige 12
89075 Ulm
Tel.: 0731/500-33003
Fax: 0731/500-42952
www.klinik.uni-ulm.de
herbert.riechelmann@medizin.uni-ulm.de

PROJEKT

Projekttitlel:
Zytokinexpressionsmuster und Genexpressionsanalyse der humanen Nasenschleimhaut nach Exposition mit Innenraumstäuben
Projektlaufzeit:
10/2002 bis 9/2004

zugeordnet. Neben der Frage, ob sich die Effekte zwischen Allergikern und Nicht-Allergikern grundsätzlich unterscheiden, wurde im Rahmen des Forschungsprojektes weiter geprüft, ob ein mit einer Phthalat-Verbindung versetzter Staub bei Allergikern charakteristische Wirkungen hervorruft. Um Aufschluss über die Vorgänge tief in der Nase zu bekommen, wurde aus den Proben RNA extrahiert und nach Veränderung der Genaktivität gesucht. Darüber hinaus war für die Forscher die Konzentration von 15 verschiedenen Zytokinen und die Menge sogenannter Zellaktivierungsmarker interessant. Zytokine ist ein Oberbegriff für verschiedene körpereigene Eiweißverbindungen, mit denen Zellen untereinander Informationen austauschen.

FAKTOREN A BIS C

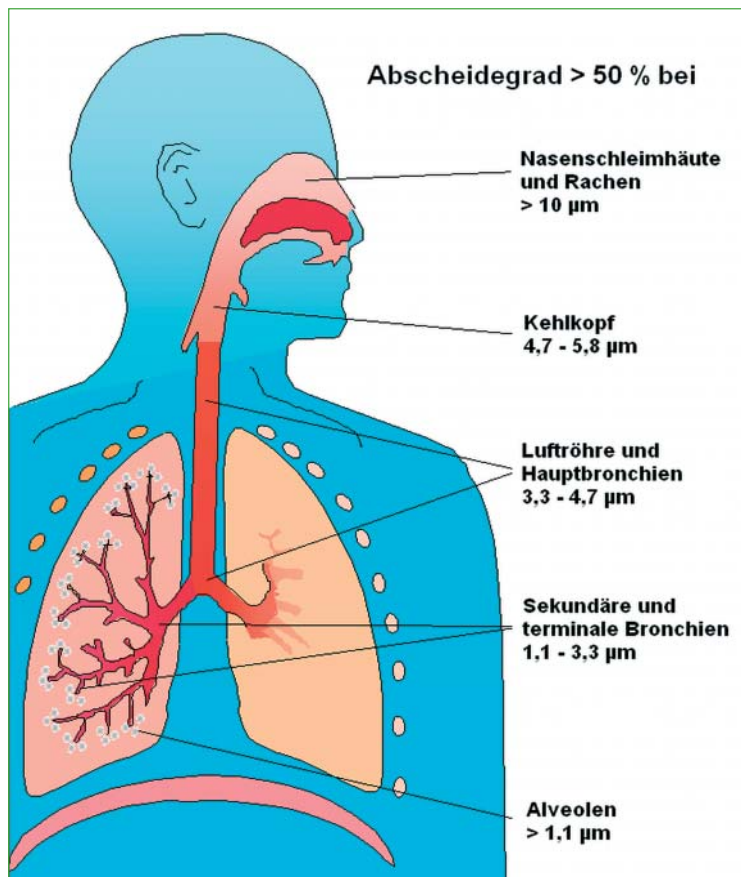
Die Konzentrationswerte der zahlreichen untersuchten Biomarker (Zytokine und Elastase) werden zu drei Faktoren zusammengefasst, die bestimmte funktionelle Gruppen repräsentieren. Faktor A steht vor allem für Zytokine, die die Immunantwort steuern. Faktor B repräsentiert vor allem Zytokine, die von der Atemwegsschleimhaut auf schädigende Einflüsse hin freigesetzt werden, und Faktor C steht für allergietytische Biomarker.

KEIN ZUSAMMENHANG ZWISCHEN VERSTÄRKUNG DER ALLERGIE UND PHTHALAT

Bislang wurden die Ergebnisse von 16 der 32 am Versuch beteiligten Personen auf die Gen-Aktivität in der isolierten RNA hin ausgewertet. Es zeigte sich, dass von 1051 untersuchten Genen nach Einatmen des Feinstaubes bei 59 durchgängig die Aktivität zunahm. Dabei stand neben der Reaktion des Immunsystems die Neutralisation und der Abbau der toxischen Staubinhaltsstoffe im Vordergrund. Bei drei Genen nahm die Aktivität ab.

Die Konzentration der Zytokine wurde bereits für alle 32 Probanden analysiert. Insgesamt, so stellten die Wissenschaftler fest, waren die ermittelten Messwerte plausibel und standen im Einklang mit den Ergebnissen früherer Untersuchungen. In jedem Fall reagierten die Nasenschleimhäute der Studenten auf die realitätsnahe Konfrontation mit dem Innenraumstaub mit erhöhter Aktivität der körpereigenen Abwehrsysteme.

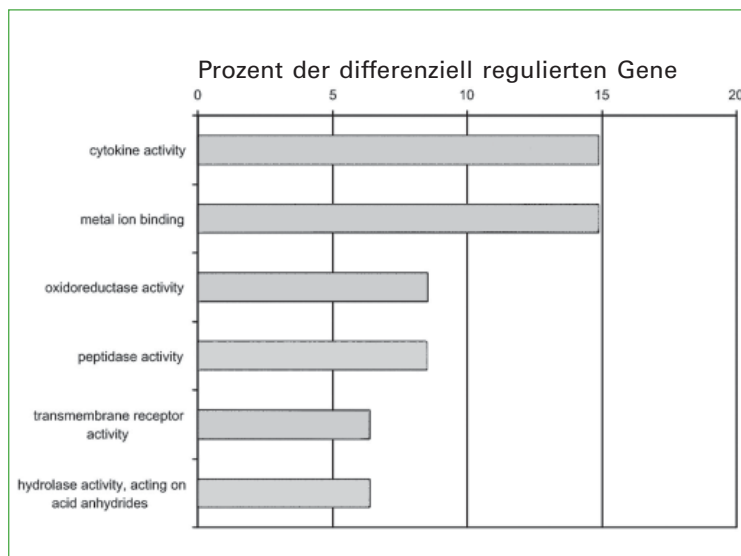
Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler stellten eine signifikante Erhöhung der Konzentration mehrerer Zytokine und des Zellaktivierungsmarkers Elastase fest. Wie bereits vermutet, war die Reaktion in der Gruppe der Allergiker auf die Staub-



Abscheidegrade inhalierter Partikel im menschlichen Atemtrakt, abhängig von ihrem Durchmesser

Bild: UFI 2004

belastung signifikant stärker als die der Nicht-Allergiker. Interessanterweise schwächte der mit einer Phthalat-Verbindung präparierte Staub die Immunantwort der Allergiker ab. Teilweise kam es sogar zur Abnahme bestimmter Zytokine. Dass Phthalat-Staub die allergische Reaktion der Atemwege verstärkt, konnte im Rahmen der Untersuchung nicht bestätigt werden.



Prozentuale Aufteilung der nach Staubexposition differenziell regulierten Gene aufgeschlüsselt nach molekularer Funktion gemäß Gene Ontology Consortium (www.geneontology.org)

Der sehr kleine Unterschied

DIE MASSE MACHT'S? BEIM FEINSTAUB SCHEINT DIESE THESE NICHT AUFZUGEHEN. VIELE KLEINE PARTIKEL SIND WOMÖGLICH WEIT GEFÄHRLICHER ALS EIN GROSSES STAUBKORN.

Jahrelang war der feine Staub, der aus Industrieproduktion und Auspuffen dringt, kaum ein Thema. Selbst als eine EU-Richtlinie zur Begrenzung der feinen Partikel ratifiziert wurde, reagierte man auf den neuen Grenzwert eher gelassen. Doch nachdem die ersten deutschen Städte, allen voran München und Stuttgart, zugeben mussten, die magische Zahl zu oft überschritten zu haben, brach die Staubdiskussion geradezu eruptiv hervor. Ein Brennpunkt der Debatte ist seitdem: Ist der an der Feinstaubmasse orientierte Grenzwert überhaupt sinnvoll – sind es nicht viel mehr gerade die kleinsten Partikel, die die größten Probleme verursachen? Am Forschungszentrum Karlsruhe geht man dieser Frage seit Jahren wissenschaftlich nach. Die erste Herausforderung dabei: Die Herstellung von ausreichenden Mengen exakt definierten ultrafeinen Staubs.

Das Problem bei der Belastung durch Feinstäube und deren Messung bzw. Reglementierung: Das, was sich bei der Messung nach einem Tag an einer stark befahrenen Hauptstraße oder in einem lauschigen Biergarten auf einem Filter findet, ist Umweltaerosol. Das heißt im Sammler findet sich eine Mischung der verschiedensten Partikel, sowohl aus natürlichen als auch aus anthropogenen Quellen. So sind in Küstennähe neben dem viel diskutierten Dieselruß auch beträchtliche Mengen an Seesalz-Aerosolen enthalten, de-

nen eher gesundheitsfördernde denn -schädliche Wirkung zugeschrieben wird. Damit kann die Frage nach der Gefährlichkeit von Feinstäuben nicht allein über die Quantität, sondern muss auch über die Qualität, also die Feinstaubzusammensetzung angegangen werden. Tatsächlich mehren sich die Zeichen, dass Feinstaubpartikel längst nicht gleich Feinstaubpartikel ist und die Wirkung der fast unsichtbaren Flugobjekte sehr stark von deren physikalischen wie chemischen Eigenschaften abhängt.

SELBSTREINIGUNGSSYSTEM ÜBERFORDERT

Feinstaub ist laut EU-Definition jedes Partikel unter zehn Mikrometer, was etwa einem Zehntel des Durchmessers eines menschlichen Haares entspricht. Wenn 50 Mikrogramm dieser Teilchen an 35 Tagen im Jahr eingesammelt werden, ist der europäische Grenzwert erreicht. Unterschiede zwischen den Partikeln werden dabei bislang im Gesetz nicht gemacht. Im menschlichen Körper jedoch sehr wohl. Dessen Selbstreinigungssystem schafft es relativ effektiv, die großen Partikel gleich nach dem Einatmen wieder auszuschleiden. In der Regel gelangen jedoch die feinsten Partikel bis zu den Lungenbläschen, wo sie oft auch längere Zeit verbleiben und intensive Entzündungen auslösen können. Aber auch hier erscheint es sinnvoll, weiter zu differenzieren. Möglicherweise ist ein

wichtiger Faktor des Gefährdungspotenzials die schlichte Oberfläche der versammelten Staub-Teilchen. Das würde jedoch bedeuten, je kleiner die Partikel sind, desto gefährlicher sind sie auch. Eine sehr wahrscheinliche These, die jedoch noch nicht eindeutig nachgewiesen ist.

Eine Bedingung für den wissenschaftlichen Nachweis dieser These ist die Herstellung einer ausreichenden Menge extrem feinen Feinstaubes mit einer garantierten Größe, um

KONTAKT

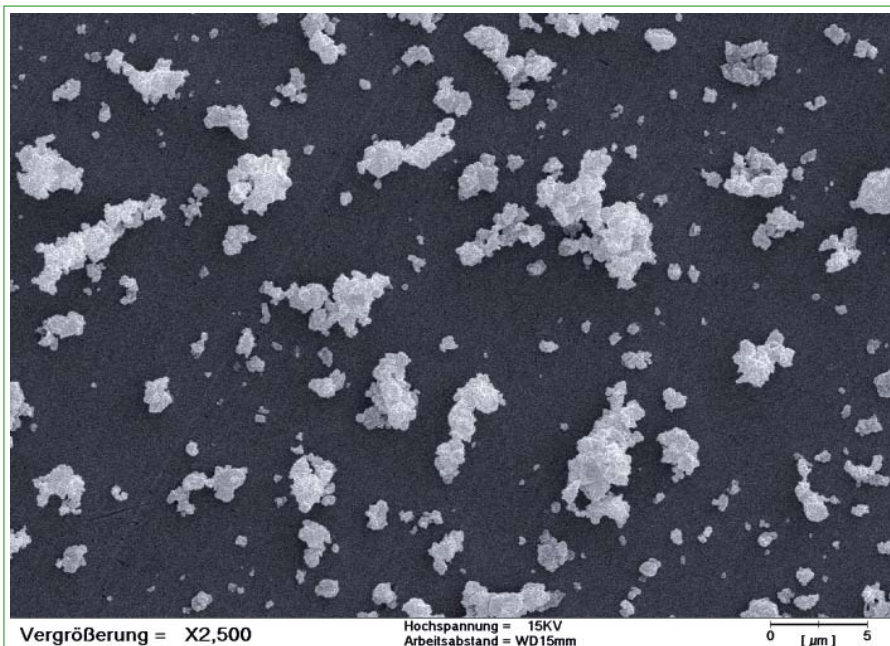
Dr. Hanns-R. Paur,
Dipl.-Ing. (BA) Sonja
Mülhopt
Forschungszentrum
Karlsruhe, Institut für
Technische Chemie,
Thermische Abfallbe-
handlung (ITC-TAB)
Hermann-von-Helm-
holtz-Platz 1
76344 Eggenstein-
Leopoldshafen
Tel.: 07247/82-3029
Fax: 07247/82-4332
www.fzk.de
paur@itc-tab.fzk.de

PROJEKT

Projekttitel:
Expositionsverfahren für
ein lungenspezifisches
Bioassay zur Bewertung
industrieller Feinst-
partikel-Emissionen

Projektlaufzeit:
4/2002 bis 3/2004

Rasterelektronische
Aufnahme von Flug-
staub aus einer kom-
munalen Hausmüll-
verbrennungsanlage





Einleitung eines Aerosols über einer Kulturschale für Zellkulturen

dessen Wirkung zum Beispiel auf die Lunge kontrolliert untersuchen zu können. Das Institut für Technische Chemie – Thermische Abfallbehandlung (ITC-TAB) des Forschungszentrums Karlsruhe hat darum ein Verfahren entwickelt, um solche exakt definierten Schwebstoffe zu erzeugen. Und ist dann gemeinsam mit dem Institut für Toxikologie und Genetik (ITG) daran gegangen, dessen Wirkung auf lebende menschliche Lungenzellen zu untersuchen (s. Umweltforschung-Journal 2004, S.14). Das ITC-TAB bearbeitete die aerosoltechnologischen Fragestellungen und wählte ein Messverfahren für die Partikeldosis aus. Dabei entwickelte das ITG den Bioassay (Verfahren zur Erfassung der Wirkung chemischer Stoffe durch Auswertung biologischer und biochemischer Reaktionen) und führte die biologischen Messungen in Zusammenarbeit mit dem ITC-TAB durch. Gemessen wurden in der Expositionsapparatur insbesondere Feinpartikel-Emissionen der Fraktion $PM_{1,0}$ (Masse an Partikeln, die einen Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 1,0 Mikrometer eine Abscheidewirksamkeit von 50 Prozent aufweist.)

FEINSTAUB FEIN DOSIERT

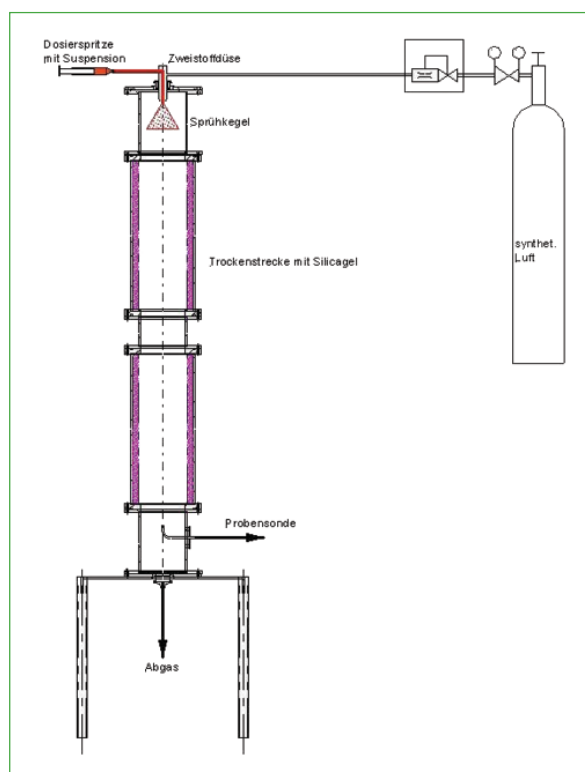
Die Aerosol-Labor-Anlage (AEOLA) wird dazu verwendet, kaltes oder heißes Gas mit einer auszuwählenden Feinstaubfracht bis zum Zielort, zum Beispiel Lungenzellen, zu leiten. Dabei wird zunächst Rauchgas von einem Leichtölbrenner erzeugt oder frische Luft angesaugt. Das Gas strömt zuerst durch einen Schwebstofffilter, der garantiert, dass dieses „Träger“-Gas selbst partikelfrei ist. Dann strömt das Gas in den AEOLA-Reaktor, an dessen oberem Teil ein Bürstendosierer installiert ist. Der Bürstendosierer kann mit vorgetrockneten, industriellen Stäuben belegt werden und gibt diesen dann kontinuierlich an den Gasstrom ab. Nach der Probenahme aus der AEOLA werden die Partikel $>1 \mu m$ abgetrennt. Dann wird der im Gasstrom be-

findliche Feinstaub bis nahe an die Sättigung befeuchtet. Anschließend findet die Konfrontation des staubigen Gasstroms mit den Lungenzellen statt. Durch die Befeuchtung des Staubs bleiben auch die Zellen länger feucht und das Experiment kann über mehrere Stunden durchgeführt werden.

NANOSTÄUBE AM ARBEITSPLATZ

Das bereits im Journal 2004 ausführlich vorgestellte Expositionssystem wird von den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern kontinuierlich weiterentwickelt, um Genauigkeit, Reproduzierbarkeit und Empfindlichkeit der Anlage zu verbessern. Insbesondere wurde bisher die Aerosolführung in ihrer Form und im verwendeten Material weiter optimiert. Ziel der Bemühungen war es, möglichst viele Partikel auf den menschlichen Lungenzellen zu deponieren. Hier erwiesen sich die staubigen Leichtgewichte von zum Beispiel nur 120 Nanometern als echtes Problem: Allzu leicht bleiben sie im Luftstrom „hängen“.


Als nächster Schritt ist nun geplant, verschiedene Stäube zu untersuchen. Dabei sollen in Zukunft insbesondere die aller kleinsten Partikel im Nanobereich ganz besondere Aufmerksamkeit erfahren. Denn hier zeichnen sich durch die verstärkte industrielle Nutzung dieser Kleinstpartikel mögliche Probleme an den Arbeitsplätzen der Nanotechnologie-Betriebe ab. Außerdem ist für die Anwendung an industriellen Anlagen eine erste Messkampagne direkt an einer Müllverbrennungsanlage geplant.



Schnitt durch eine Aerosol-Labor-Anlage bzw. einen AEOLA-Reaktor

Weniger Lösemittel in der Luft

DAS FÜR 2010 FESTGELEGTE EMISSIONS-MAXIMUM FÜR FLÜCHTIGE ORGANISCHE VERBINDUNGEN ERFORDERT, DASS WEITERE MINDERUNGSPOTENZIALE GEFUNDEN UND GENUTZT WERDEN.

 Globale Probleme erfordern regionales Handeln. Dies zeigt sich einmal mehr bei der notwendigen Reduktion der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen ohne Methan (NMVOC). Diese „Non-Methane Volatile Organic Compounds“ werden als Lösemittel, Treib-, Extraktions- oder Kältemittel sowie Weichmacher eingesetzt und sind auch in Benzin enthalten. Sie entstehen bei Verbrennungs- und Produktionsprozessen. Zu den bekanntesten zählen Benzol, Toluol, Aceton und Perchlorethylen (PER).

NMVOC sind mitverantwortlich für hohe Ozonkonzentrationen in der unteren Atmosphäre und zum Teil gesundheitsschädlich. Zu ihrer Begrenzung wurden welt-, europä- und bundesweit Abkommen unterzeichnet und Richtlinien in Kraft gesetzt: Danach darf Deutschland 2010 maximal 995 Kilotonnen emittieren. Mit einem Forschungsprojekt wurden Möglichkeiten der Reduzierung von Lösemittellemissionen in Baden-Württemberg identifiziert.

VERURSACHER ERMITTELN

Zunächst wurden Emissionsquellen und -mengen sowie die Struktur der Emittenten ermittelt. Aus Wirtschafts- und Handelsstatistiken sowie weiteren Kennzahlen wurden mit Hilfe eines am Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart entwickelten Modells die relevanten Emissionsmengen deutschlandweit berechnet und anhand von Indikatoren für Baden-Württemberg abgeleitet. So ergab sich eine Menge von 117.166 Tonnen NMVOC aus Lösemittelanwendungen, die 2000 in Baden-Württemberg emittiert wurden. Ihre Verteilung zeigt die Abbil-

dung. Die drei größten Quellgruppen, Anwendung von Farben und Lacken, Druckanwendungen und Privathaushalte, verursachen über 70 Prozent der Lösemittel-Emissionen. Prognosen für das Referenzjahr 2010 ergaben einen Anstieg der Emissionen auf rund 125.000 Tonnen. Damit wird der auf das Bundesland herunter gerechnete Maximalwert von 103.500 Tonnen deutlich überschritten. Im nächsten Schritt wurden die Einflüsse der derzeitigen und geplanten Gesetzgebung auf die Entwicklung der Emissionen analysiert. Danach erst können zusätzliche Einsparpotenziale identifiziert werden. Diese summieren sich auf rund 21.000 Tonnen und betreffen zahlreiche industrielle, handwerkliche oder private Anwendungen von Klebstoffen, Farben und Lacken, Reinigungs-, Löse-, Veredlungs-, Enteisungsmitteln sowie Aerosolsprays.

POTENZIALE AUSSCHÖPFEN

Wie die Zahlen zeigen, ist eine Erreichung des auf Baden-Württemberg herunter gerechneten Emissions-Zielwertes im Jahr 2010 nur bei vollständiger Ausschöpfung aller zusätzlichen Minderungspotenziale möglich. Folgende Wege schlagen die Wissenschaftler vor:

- EU-weite Verordnungen, die den maximalen Lösemittelgehalt eines Produkts festlegen,
- Verschärfung der Schwellenwerte der 31. Bundesimmissionschutzverordnung (BImSchV),
- Erweiterung der Tätigkeiten, die von der 31. BImSchV erfasst werden.

Im letzten Arbeitsschritt loteten die Wissenschaftler die Hemmnisse aus, die der erfolgreichen Umsetzung emissionsmindernder Maßnahmen entgegenstehen. Dies geschah am Beispiel der „Decopaint“-Richtlinie mit einem Workshop, der Akteure aus dem Bereich Farben und Lacke an einen Tisch brachte. Ergebnis: Obwohl sich die Maßnahmen häufig ökonomisch rechnen und trotz allem guten Willen der Verantwortlichen, bestehen meist erhebliche Hemmschwellen. Gewohnte Arbeitsabläufe müssten geändert werden. Zudem bestehen Unsicherheiten bezüglich Qualität, Gewährleistung oder der Qualifikation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Solche Hemmnisse auszuräumen, wird die vorrangige Aufgabe in der nahen Zukunft sein.

KONTAKT

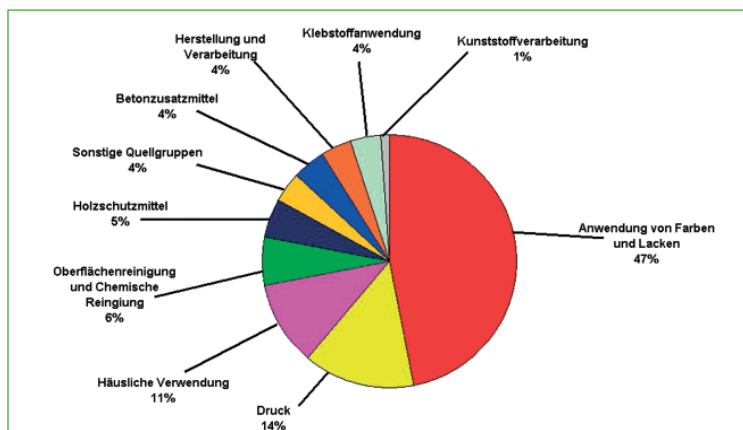
Dr.-Ing. Jochen Theloke
Universität Stuttgart
Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER)
Hessbrühlstraße 49A
70565 Stuttgart
Tel.: 0711/780-61-56
Fax: 0711/780-3953
www.ier.uni-stuttgart.de
jt@ier.uni-stuttgart.de

PROJEKT

Projekttitel:
Minderung von NMVOC-Emissionen aus der Lösemittelanwendung in Baden-Württemberg

Projektlaufzeit:
10/2001 bis 9/2003

Verteilung der NMVOC-Emissionen in Baden-Württemberg auf die Quellgruppen im Jahr 2000.



Durchblick im Lacknebel

PLANUNGSGRUNDLAGEN FÜR DIE LUFTREINHALTUNG IN KLEINEN LACKIEREREIEN: EMPFEHLUNGEN ZUR EINRICHTUNG VON LÜFTUNGS- UND ABSCHIEDEEINRICHTUNGEN.

Ob aus Unkenntnis oder aus Angst vor den Kosten: Betreiber von Klein-Lackieranlagen in Industrie- und Handwerksbetrieben, in denen Lackierarbeiten nur in geringem Umfang anfallen, ergreifen bislang allzu selten die für einen effizienten und umweltschonenden Betrieb notwendigen Vorkehrungen. Belastungen der Umwelt, der Mitarbeiter und der Produktionsabläufe sind an der Tagesordnung. Sie entstehen insbesondere durch Lösemittel – allein in Baden-Württemberg fallen jährlich 10.000 Tonnen an.

Die Emissionen treten beim Spritzlackieren, beim Trocknen und Vorbehandeln sowie beim Reinigen der Anlagen auf. Entscheidend für die Luftbelastung sind die Einrichtungen zur Belüftung und Absaugung. Häufige Diagnose der Wissenschaftler des Instituts für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb beim Vor-Ort-Besuch: zu geringe Strömungsgeschwindigkeiten der Luft, Turbulenzen sowie schlecht belüftete Zonen in der „Lackier-Ecke“. Ziel des Projektes „Qualitätsgerechte und effektive Maßnahmen zur Luftreinhaltung in handwerklichen und industriellen Lackierereien“ war es, bedarfsgerechte und kostengünstige Musterlösungen zu erarbeiten. Hierzu wurden in 43 Betrieben Bestandsaufnahmen durchgeführt und über Messungen und Simulationsverfahren Optimierungsvorschläge entwickelt. In einem ausgewählten Betrieb, einer Schreinerei, wurde die praktische Umsetzung der Maßnahmen betreut und dokumentiert.

WENIG HILFT VIEL

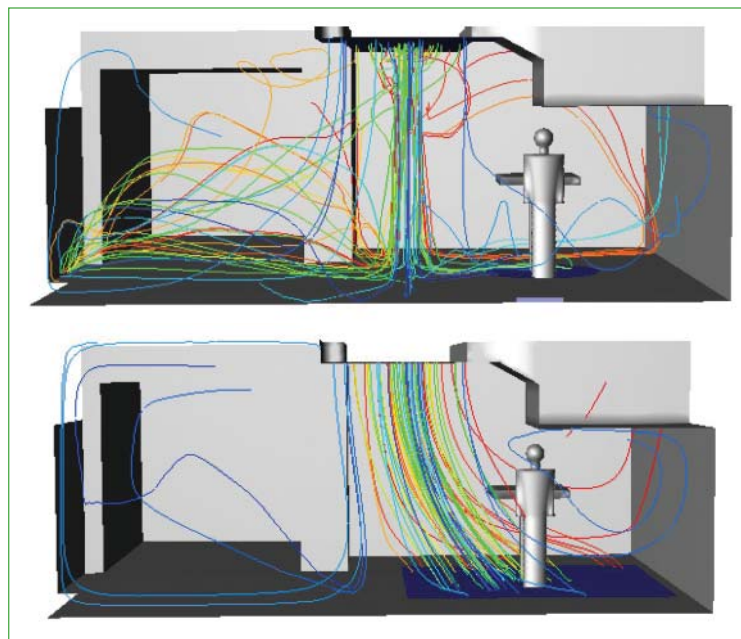
Aus den Vor-Ort-Analysen ergab sich eine Einteilung der Klein-Lackierereien in vier Hauptkategorien nach der Größe der Werkhallen sowie jeweils zahlreiche Untervarianten. Diese Varianten berücksichtigen unter anderem die Positionen von Hallentor und Fenstern, von Werkbank und Arbeiter, das Vorhandensein von Absaugvorrichtungen oder schützenden Verkleidungen, Trennwänden oder Vorhängen. Die Vielzahl an Ausgangssituationen ergab naturgemäß auch eine Vielzahl an Verbesserungsvorschlägen.

Als wichtigstes Ergebnis ist festzuhalten, dass oft schon mit einfachsten Maßnahmen deutliche Effekte erzielbar sind – etwa einem verringerten Abstand der Werkbank zum Fenster, einer Veränderung der Position des Arbeiters oder dem

Abdichten störender Spalten. Darüber hinaus können auch allgemeine Regeln für die Einrichtung von Lackierräumen formuliert werden. So sollte eine möglichst gleichmäßige und symmetrische Luftströmung erzielt werden. Luftzüge von mehr als 0,3 bis 0,5 Metern pro Sekunde sollten vermieden werden. Diese und viele weitere Ergebnisse flossen in den Musterkatalog ein.

INFORMATIONSBEDARF

Die Praxisausrichtung des Projekts dokumentiert sich im Musterkatalog zur Verbesserung der Umweltsituation in kleinen Lackieranlagen. Der Handlungsleitfaden kann zur Überprüfung bestehender Anlagen ebenso genutzt werden wie zur Einrichtung neuer Klein-Lackierereien. Er ist kostenlos über die Projekt-Kontaktadresse erhältlich. Auf rund 8.000 wird die Zahl der betroffenen Unternehmen im Land geschätzt. Diese müssen nun verstärkt informiert und geschult werden. Auch hierfür hat das Projekt Basisarbeit geleistet: Ein Arbeitskreis, dem Vertreterinnen und Vertreter des Maler- und Lackierhandwerks, des Umweltzentrums für Handwerk und Mittelstand, der Holz- und Kunststoffbranche sowie ein Anlagenbauer angehörten, begleitete alle Arbeiten. Somit besteht ein enger Kontakt zu wichtigen Multiplikatoren.



Luftströme in einem Lackiererraum: Wo vorher viel Wirbel auftrat, zeigt der optimierte Zustand kurze Wege von der Zuluft zur Absaugung.

KONTAKT

Dr.-Ing. Andreas Scheibe
Universität Stuttgart
Institut für Industrielle
Fertigung und Fabrik-
betrieb (IFF)
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
Tel.: 0711/970-1729
Fax: 0711/970-1220
www.iff.uni-stuttgart.de
aas@iff.uni-stuttgart.de

PROJEKT

Projektziel:
Qualitätsgerechte und
effektive Maßnahmen
zur Luftreinhaltung in
handwerklichen und
industriellen Lackie-
ereien

Projektlaufzeit:
1/2002 bis 6/2003

Pulver- statt Flüssiglack

DIE ELEKTROSTATISCHE PULVERBESCHICHTUNG IST UMWELTFREUNDLICHER UND MEIST AUCH KOSTENSPARENDER ALS DIE FLÜSSIGLACKIERUNG. NOCH VERHINDERN ABER TECHNISCHE HINDERNISSE IHREN SIEGESZUG BEI DER BESCHICHTUNG VON HOLZWERKSTOFFEN.

Die Anwendung von lösemittelfreien Pulverlacken hat ökologische und ökonomische Vorteile und insbesondere bei der Beschichtung von Holzwerkstoffen ein großes Potenzial für neue Anwendungen. Dennoch wird gerade in diesem Bereich die Pulverlackierung bislang nur sehr zögerlich eingesetzt. Nach wie vor werden überwiegend lösemittelhaltige Flüssiglacke verwendet. Die Folge: Aus holzverarbeitenden Betrieben gelangen bundesweit jährlich um die 50.000 Tonnen VOC-Emissionen in die Umwelt.

TECHNISCHE HEMMNISSE

Dass es bisher noch nicht zu einem Siegeszug der Pulverlacke in der Holzbranche gekommen ist, hat technische Ursachen:

- Holzwerkstoffe weisen nur eine geringe und oft nicht homogene elektrische Leitfähigkeit auf. Dies führt bei der elektrostatischen Beschichtung zu ungleichmäßigem Pulverauftrag.
- Holzwerkstoffe sind temperaturempfindlich. Die bei der Metallbeschichtung zum Aufschmelzen und Vernetzen der Pulverlackschicht übliche Erwärmung der Substrate auf über 160 Grad führt bei Holzwerkstoffen zu Ausgasungen und damit zu Lackierfehlern.
- Das Lackieren mit Flüssiglacken erlaubt bei flachen Holzwerkstoffteilen hohe Prozessgeschwindigkeiten von über einem Meter pro Sekunde. Bei MDF-Platten laufen pro Minute sogar bis zu 100 Meter Material durch die Lackiereinrichtung. Bei der herkömmlichen Pulverlack-Applikation mittels Sprühpistolen werden dagegen Fördergeschwindigkeiten von maximal etwa 20 Metern pro Minute erreicht. Um flüssiglacktypische Geschwindigkeiten zu erreichen, müssten weit über 50 Pulversprühorgane installiert werden. Diese wären nicht mehr ausreichend beherrschbar, inakzeptable Schichtdickenschwankungen und große Mengen an nicht auf dem Substrat abgeschiedenem Pulver wären die Folge.

Um diese Hemmnisse aus dem Weg zu räumen, wurde im Rahmen des hier skizzierten Forschungsprojektes am Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb der Universität Stuttgart (IFF) ein neuartiges Hochgeschwindigkeits-Pulverbeschichtungsverfahren entwickelt. Im Vordergrund stand die Entwicklung einer luftlosen Transfer-Applikationstechnik („TransApp“).

RESULTATE

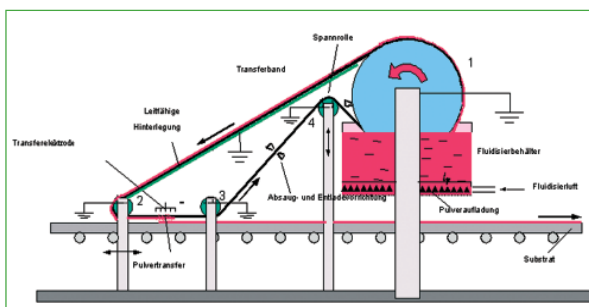
Bei dem zum Patent angemeldeten „TransApp“-Verfahren wird der Pulverlack nicht mit herkömmlichen Sprühpistolen mittels Druckluft auf das Werkstück appliziert. Stattdessen kommt als Transfermedium zum Beispiel ein Kunststoffband zum Einsatz, das in einer Ladestation mit Pulver beladen wird. Vom Transfermedium wird das Pulver allein mittels elektrischer Feldkräfte auf das „Holzwerkstoffsubstrat“ übertragen (siehe Grafik). Diese luftlose Applikationstechnik erlaubt eine hohe Durchlaufgeschwindigkeit bei gerin-

KONTAKT

Dipl.-Ing. Dieter Ondratschek (Projektleitung),
Dipl.-Ing. (FH) Markus Cudazzo (Ansprechpartner), Dipl.-Ing. Ulrich Stroheck, Universität Stuttgart
Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF), Fraunhofer Institut Produktionstechnik und Automatisierung
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
Tel.: 0711/970-1878
Fax: 0711/970-1035
www.ipa.fhg.de
mc@ipa.fhg.de

PROJEKT

Projekttitel:
Hocheffiziente Verfahren zur Pulverbeschichtung von Holzwerkstoffen
Projektlaufzeit:
10/2002 bis 09/2004



Erste Version der „TransApp“-Versuchsanlage. Sie erfuhr im Lauf des Projekts eine komplette Überarbeitung und zahlreiche Modifizierungen im Detail.

gen Schichtdickenschwankungen. Außerdem fallen praktisch keine Materialverluste an. Der heutige Stand des Verfahrens ist Ergebnis zahlreicher Tests und Verbesserungen an den Versuchsanlagen und ihren Komponenten. Ausgehend von der ersten Version der Anlage betrifft dies insbesondere

- die Beladestation, in der das Pulver elektrostatisch aufgeladen und auf das Transferband übertragen wird,
- das Material und die Führung des Transferbandes sowie
- die Gestaltung der Transferelektrode.

Vor allem die Be- und Entladung des Transferbandes erwies sich als Schwachstelle, der mit herkömmlicher Technik kaum beizukommen war. Überdies musste die Bauhöhe des Fluidisierbehälters stark reduziert werden, um den Abstand zwischen Transferelektrode und Holzwerkstoffsubstrat zu verringern. Die Füllhöhe von nur etwa 30 Millimetern ist mittels einer genauen Füllstandsüberwachung und einer kontrollierten Pulverlack-Zuführung exakt einzuhalten.

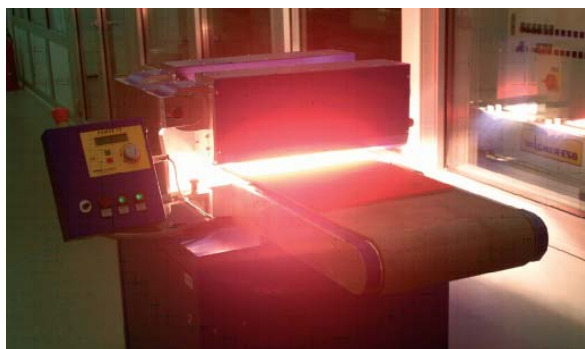
Eine zweite entscheidende Voraussetzung zur Hochgeschwindigkeits-Pulverbeschichtung besteht im Einbrennen der Pulverlackschicht innerhalb weniger Sekunden, um realistische Anlagengrößen zu ermöglichen (siehe Bild). Verschiedene Infrarot-Strahlersysteme sowie die UV-Bestrahlung wurden dahingehend untersucht, wie effizient sie im Vergleich zu herkömmlichen Umluftöfen ein schnelles Aufschmelzen und Vernetzen der Pulverlackschicht ermöglichen, ohne dass das Holzwerkstoffsubstrat Schaden nimmt. Vorteilhaft in Verbindung mit Infrarotsystemen ist die geringe Wärmeleitfähigkeit von Holzwerkstoffen: Die Pulverlackschicht erreicht auch an der neuralgischen Stelle im Grenzbereich zum Substrat schnell die geforderten hohen Temperaturen, während der Kern des Substrats infolge der kurzen Bestrahlungszeit kaum aufgeheizt wird. Auch die schlussendlich vom IFF als praxistauglich eingestuften schnellen Einbrennsysteme sind das Ergebnis zahlreicher Versuche im Rahmen des Projekts. Bei optimal angepassten Infrarotstrahlern weist die Pulverlackschicht meist eine bessere Aushärtung gegenüber der herkömmlichen Vernetzung im Umluftofen aus. Dieser Vorteil lässt sich bei der mechanischen Weiterverarbeitung der Lackschicht nutzen, etwa beim Schleifen.

ZUKUNFTSCHANCEN

Das IFF räumt der Pulverbeschichtungstechnik aus ökologischen und ökonomischen Gründen hervorragende Zukunftschancen ein. Seit September 2004 steht dem Institut ein neues Demonstrationszentrum zur Hochgeschwindigkeits-Pulverbeschichtung zur Verfügung. Im Rahmen eines bundesweiten Netzwerks arbeiten Forschungsinstitute, industrielle Anlagen-

bauer und Anwender an der Weiterentwicklung des „TransApp“-Verfahrens. Schon heute können kundenspezifische Konzepte umgesetzt werden. Das IFF hat hierzu eine Methode entwickelt, mit der sich für jede Anwendung die passende technische Umsetzung ermitteln lässt. Dabei werden die Material-, Energie-, Kapital-, Personal- und Instandhaltungskosten berücksichtigt. Oft erfordert der hochautomatisierte Prozess nur eine Person für den Betrieb der Anlage. So sind bei hohen Flächendurchsätzen in der Regel die Lackmaterialkosten der entscheidende Kostenfaktor. Sie machen oft über 80 Prozent der Gesamtkosten aus.

Holzwerkstoffe wie mitteldichte Faserplatten (MDF) stellen eines der größten neuen Marktpotenziale für die Pulverbeschichtung dar. Derzeit werden in Europa pro Jahr mehr als vier Milliarden Quadratmeter Holzwerkstoffplatten mit Folien, Laminaten, Lacken etc. beschichtet. Als ein besonders interessantes Anwendungssegment für das „TransApp“-Verfahren werden Hochgeschwindigkeits-Lackierprozesse für Flachteile in der Möbelbranche betrachtet. Die hier bisher üblichen Flüssiglackierprozesse bestehen aus jeweils mehreren Grundierungs- und Decklackierschritten und erfordern infolge der hohen Durchlaufgeschwindigkeiten Anlagen von oft weit über 100 Metern Länge. Ziel der Entwicklungsarbeiten am IFF ist die Substitution zunächst der mehrschichtigen Flüssiglack-Grundierung durch eine platz- und kostensparende Einschicht-Pulvergrundierung.




Beim Einbrennen des Pulvers auf dem Werkstück ist die Schonung der Holzwerkstoffe ein wichtiges Kriterium (Bild: Fa. Lambda-Technology).



Das neue Pulverbeschichtungstechnik am Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb.

Sparen beim Fahren

OPTIMIERUNG DER BENZIN-DIREKTEINSPRITZUNG BEI OTTOMOTOREN DURCH DIE ANALYSE DER PROZESSKETTE VON DER EINSPRITZUNG BIS ZUR VERBRENNUNG.

 Auch wenn derzeit der Dieselruß im Fokus der Öffentlichkeit steht: Ottomotoren bieten ebenfalls ein großes Sparpotenzial beim Kraftstoffverbrauch und damit verbunden bei den CO₂-Emissionen. Zwar markierte hier die Benzin-Direkteinspritzung schon einen deutlichen Sprung nach vorn. Doch komplexe Prozesse im Motor führen immer wieder zu kurzzeitig hohen Abgasemissionen. Ursachen dieser Schwankungen in der Verbrennungsqualität sind Turbulenzen bei der Gasbewegung im Zylinder und damit verbunden die Zündung von Kraftstoff-Luft-Gemischen unterschiedlicher Zusammensetzung. Um diese zyklischen Schwankungen zu minimieren, muss die gesamte Prozesskette von der Einspritzung bis zur Verbrennung analysiert werden. Dies ist Gegenstand des am Institut für Kolbenmaschinen der Universität Karlsruhe durchgeführten und vom Land und der Firma Daimler-Chrysler geförderten Projekts. Hierzu wurde ein Einzylinder-Viertakt-Versuchsaggregat mit je zwei Einlass- und Auslassventilen so präpariert, dass die entscheidenden Stellgrößen variiert werden konnten. Außerdem wurde das Aggregat mit verschiedenen laseroptischen und thermodynamischen Messinstrumenten gekoppelt, um die Prozesse überhaupt erfassen zu können. Vier entscheidende Phasen im Motor wurden auf diese Weise unter die Lupe genommen: der Einspritzvorgang, die Zylinder-Innenströmung, die Gemischbildung in unmittelbarer Nähe des Zündfunken sowie die Flammenausbreitung bei der Verbrennung.

DIE STRÖMUNG MACHT'S

Untersucht wurden vier verschiedene Einström-Konfigurationen. Stellklappen und verstellbare Leitbleche ermöglichten dabei die kontrollierte Beeinflussung der Strömung vom Einlass bis zur Zündkerze. Das wichtigste Ergebnis: Aus gleichmäßigen Einströmbedingungen folgt eine gleichmäßige Verbrennung mit reduziertem Schadstoffausstoß. Im Detail: Schwankungen bei der Verbrennung sind auf wechselnde Strömungsverhältnisse zurückzuführen, die wiederum bereits bei der Einströmung des Kraftstoffs in den Brennraum ihren Verlauf nehmen. Eine stabile Verbrennung wurde bei einer Einlassströmung erzielt, die auf die Mittelebene zwischen den beiden Einlassventilen gerichtet ist. Die

Folge ist eine intensive, gleichmäßige Zylinder-Innenströmung während der Kraftstoff-Luft-Gemischbildung in der Kompression. Und aus den stabilen Verbrennungsverhältnissen folgen schließlich niedrigere Kohlenwasserstoff-Rohemissionen.

VERMEIDEN UND NACHBEHANDELN

Die vorhandene Messtechnik stieß bei der Erfassung dreidimensionaler, turbulenter Prozesse – zum Beispiel bei der Flammenausbreitung – an ihre Grenzen. Hier werden in absehbarer Zeit verbesserte Instrumente zur Verfügung stehen. Trotz alledem bleibt festzuhalten, dass dem Einströmvorgang



Der Versuchsmotor mit den Zugängen für die laseroptischen Messverfahren. Diese ermöglichen eine zweidimensionale Strömungsanalyse.

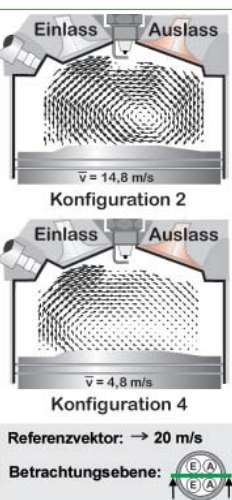
bei der Weiterentwicklung von Ottomotoren mit Benzin-Direkteinspritzung große Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte. Denn alleine mit der Nachbehandlung von Abgasemissionen sind die zukünftig europaweit zu erwartenden Grenzwerte nicht einzuhalten. Außerdem gilt in diesem Fall eine alte Binsenweisheit: Emissionen, die schon bei der Verbrennung vermieden werden können, müssen hinterher nicht mehr aufwendig nachbehandelt werden.

KONTAKT

Dipl.-Ing. Jürgen Pfeil
Universität Karlsruhe
(TH)
Institut für Kolbenmaschinen
Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe
Tel.: 0721/608-8522
Fax: 0721/608-8545
www-ifkm.mach.uni-karlsruhe.de (das stimmt so!!!)
juergen.pfeil@ifkm.uni-karlsruhe.de

PROJEKT

Projekttitel:
Experimentelle Untersuchung zyklischer Schwankungen der Verbrennung im Hinblick auf Reduzierung der Motor-Rohemissionen bei Ottomotoren mit Benzin-Direkteinspritzung
Projektlaufzeit:
5/2002 bis 4/2004



Zylinder-Innenströmung mit hoher (Konf. 2) und niedriger kinetischer Energie.

Harmlos oder bedrohlich?

WIE VERHALTEN SICH VERKEHRSBEDINGTE MTBE-EMISSIONEN IN DER UMWELT? EIN KOMPLEX ANGELEGTES MODELL SOLL AUFSCHLUSS DARÜBER GEBEN.

Hinter der Abkürzung MTBE verbirgt sich Methyltertiärbutylether. Der Stoff wird überwiegend als Benzinzusatz verwendet und gelangt bei der Produktion, beim Tankvorgang und bei der Verbrennung im Motor in die Umwelt. Er ersetzt die höchst umwelt- und gesundheitsschädlichen Bleiverbindungen, teilweise Benzol und andere aromatische Kohlenwasserstoffe und bewirkt eine vollständigere Verbrennung der Benzindämpfe. MTBE ist zwar deutlich weniger schädlich, doch drängt sich angesichts zunehmender Nachweise im Grundwasser und in Oberflächengewässern die Frage auf, wie sich der Stoff – auch langfristig – in der Umwelt verhält. Die Antwort darauf suchte das Zentrum für Angewandte Geowissenschaften der Universität Tübingen mit Hilfe eines komplexen Modells. Dazu gehören unter anderem

- der westliche Bereich der Region Mittlerer Oberrhein als Modellregion,
- regionalisierte Emissionsdaten, die den Kraftstoffverbrauch, die Verkehrsdichte, die MTBE-Produktion in einer Raffinerie in Karlsruhe sowie die Freisetzungprozesse des Stoffes berücksichtigen,
- ein Modell zur Grundwasserneubildung.

Als Eingangsparameter wurden meteorologische, geologische und andere Umweltdaten sowie die chemisch-physikalischen Eigenschaften von MTBE und seinen Abbauprodukten in die Modellrechnungen aufgenommen.

IN DER LUFT UND IM WASSER

2001 gelangten in Baden-Württemberg 350 bis 640 Tonnen MTBE in die Umwelt. Für die Modellregion ergibt sich daraus ein Wert von 16 bis 30 Tonnen. Der überwiegende Teil wird in der Luft durch das „atmosphärische Waschmittel“ OH-Radikale abgebaut. Hier laufen die Abbau- und Verdünnungsprozesse von MTBE am effektivsten ab, während der Stoff im Grundwasser lange Zeit überdauert. Eine Luft-Wasser-Verteilungskonstante beschreibt, welcher Anteil des Stoffes in der Atmosphäre verbleibt und wie viel ins Bodenwasser gelangt. Die stark temperaturabhängigen Werte wurden mangels verlässlicher Daten experimentell ermittelt. Aus der Modellregion selbst liegen nur wenige Messdaten vor. Doch die modellierten Ergebnisse für MTBE zeigen eine gute Übereinstimmung

mit Daten aus vergleichbaren Regionen. Festzuhalten bleibt, dass MTBE in der Atmosphäre sowie im Grund- und Oberflächenwasser fast flächendeckend nachgewiesen werden kann – in Konzentrationen, die weit unterhalb der Geringfügigkeitsschwelle liegen. Vereinzelt auftretende höhere Konzentrationen sind auf den Schiffsverkehr sowie Leckagen und Unfälle zurückzuführen. Auch eine Erhöhung des MTBE-Anteils in Kraftstoffen auf bis zu 15 Prozent würde bei regulärem Gebrauch die Umweltbelastung nicht signifikant erhöhen. Aus



Die im Modell erfassten diffusen Flächenemissionen führen zu äußerst geringen MTBE-Konzentrationen. Unfälle und Leckagen haben punktuell hohe Konzentrationen zur Folge.

Sicht der Wasserversorger ist es allerdings auch eine Frage der Akzeptanz beim Konsumenten, ob MTBE-Spuren ganz ungeachtet ihrer toxikologischen Relevanz vertretbar sind. Da die Entfernung von MTBE aus dem Rohwasser mit erheblichem Aufwand verbunden ist, müsste jede Verringerung der Belastung auf der Emissionsseite ansetzen.

ERSATZSTOFFE

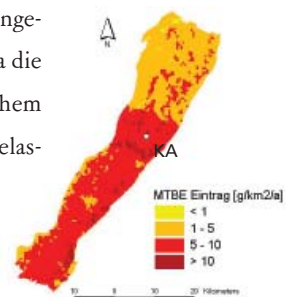
Von Interesse ist der Vergleich von MTBE mit anderen Benzin-Additiven. Beispielsweise legt das in Südeuropa, mittlerweile aber auch in Deutschland eingesetzte ETBE ein vergleichbares Umweltverhalten an den Tag, so dass dessen Einsatz keine Vorteile bieten würde – die Tatsache ausgenommen, dass ETBE auch aus Bioethanol gewonnen werden kann. Besser geeignet wäre der bisher kommerziell kaum genutzte Diisopropylether (DIPE). Er wird in der Atmosphäre schneller abgebaut und besitzt zudem eine günstige Luft-Wasser-Verteilungskonstante, so dass nur wenig ins Wasser gelangt.

KONTAKT

Dr. Torsten Schmidt
 Universität Tübingen
 Zentrum für Angewandte
 Geowissenschaften (ZAG)
 Wilhelmstraße 56
 72074 Tübingen
 Tel.: 07071/29-73147
 Fax: 07071/29-5139
 www.uni-tuebingen.de/
 zag/
 torsten.schmidt@uni-tuebingen.de

PROJEKT

Projekttitel:
 Herkunft und Bilanzierung
 des Eintrags des Benzin-
 zusatzes Methyl-tertiär-
 butylether (MTBE) und
 seinen Abbauprodukten
 in Grundwasser mittels
 multikompartimenteller
 Modellierung
 Projektlaufzeit:
 01/2003 bis 12/2004



Erwarteter Eintrag von MTBE ins Grundwasser der Modellregion. Schwerpunkt ist Karlsruhe – dank des hohen Verkehrsaufkommens und eines MTBE-Produktionsstandortes. Den nördlichen Bereichen entlasten geringere Niederschlagsmengen.

Quaddeln am See

MÖGLICHKEITEN ZUR VERMINDERUNG DER BADEDERMATITIS-BELASTUNG AM BODENSEE.

☞ Ferienzeit ist Badezeit. Enten und Schwäne schauen Jahr für Jahr verdutzt aus den Federn, wenn sich im Sommer die Strände mit Menschen füllen. Schnell gewöhnen sie sich an die Invasion, denn viele Gäste füttern die Wasservögel mit Brot und Keksen. Und damit beginnt ein Kreislauf, der manchem Gast den Badegenuss vergällt. Tagelang juckende Hautausschläge nach dem Schwimmen – woher kommt das? Was kann ich dagegen tun?

Mit diesen Fragen beschäftigten sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Uni Konstanz, des Max-Planck-Instituts für Ornithologie, der Landesanstalt für Umweltschutz, der Universität Erlangen, des Landesgesundheitsamts Stuttgart (jetzt: Regierungspräsidium) sowie des Landratsamts Konstanz. Die Ursache war schnell gefunden: Die Übeltäter sind kleine Saugwürmer, so genannte Zerkarien. Diese mikroskopisch kleinen Lebewesen sind echte Lebenskünstler. Sie „bewohnen“ als Parasiten Wasserschnecken, verlassen diese, durchdringen die Haut von Enten und legen dort Eier. Sind Larven aus den Eiern geschlüpft, werden diese von den Enten ausgeschieden. Die Larven suchen zunächst wieder

gästen aber nur bedingt. Deshalb testeten Erlanger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Cremes, die zum Schutz vor Zerkarien auf die Haut aufgetragen werden können. Von 18 untersuchten Präparaten ist eine Quallen- und Sonnenschutzcreme für Kinder bereits am Markt. Das Präparat wird derzeit für die am „Schwäbischen Meer“ vorkommende Zerkarien-Art erprobt, da es an einer anderen als der am Bodensee nachgewiesenen Art getestet wurde. Pfiffige Badegäste berichteten von guten Erfahrungen mit Melkfett.

Eine weitere sinnvolle Maßnahme zur Vermeidung der Badedermatitis ist ein konsequentes Fütterungsverbot für Wasservögel. Werden diese nicht an die Badeplätze gelockt, können sich Zerkarien an diesen Stellen nicht im gleichen Umfang vermehren, denn ein notwendiger Wirt für den Infektionskreislauf fehlt. Badegäste können also selbst einiges dazu beitragen, und die Gefahr einer eigenen „Infektion“ reduzieren.

Als wenig sinnvoll hingegen hat sich das Entfernen von Wasserpflanzen erwiesen. Die Wirtsschnecken leben auf Steinen und im Schlamm – mit oder ohne Wasserpflanzen. Auch

☞ KONTAKT

Dipl.-Biol. Stefan Werner
Universität Konstanz,
Limnologisches Institut
Mainaustraße 252
78484 Konstanz
Tel.: 07531/88-3105
Fax: 07531/88-4136
www.uni-konstanz.de/
limnologie/
stefan.werner@uni-
konstanz.de

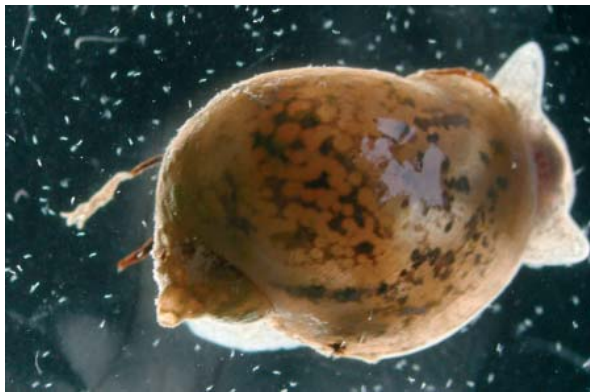
☞ PROJEKT

Projekttitel:
Entwicklung von Maß-
nahmen zur Verminde-
rung der Badedermatitis-
Belastung am Bodensee

Projektlaufzeit:
8/2004 bis 12/2005



Eine Zerkarie (links), eine Ohrschlamm-schnecke mit von ihr ausgeschiedenen Zerkarien (helle Partikel) und die möglichen Auswirkungen beim Menschen: die Badedermatitis



Schnecken auf, bevor sie erneut nach einer Ente zur Eiablage suchen, der Kreislauf ist geschlossen. Doch auch Larven können sich „irren“. Zuweilen erwischen sie keine Ente, sondern einen Menschen, und dies führt zu jenem unangenehmen Hautausschlag, der Badedermatitis.

WIE SCHÜTZT MAN SICH VOR ZERKARIEN?

Die gute Nachricht: Badedermatitis wird nicht durch schlechte Wasserqualität verursacht. Wasservögel und Schnecken sind übliche Bewohner dieser Gewässer und werden eben zuweilen von Parasiten geplagt. Das hilft betroffenen Bade-



das Bauen von Stegen ist keine Hilfe. Denn mit Saugwürmern befallene Schnecken kommen noch unter einer Wassertiefe von acht Metern vor. Schwimmen in tiefem Wasser ist somit kein Schutz vor den Quaddeln.

Bei hohen Wassertemperaturen – hervorgerufen durch lange und warme Sommer – wachsen und vermehren sich auch die Zerkarien schneller. Der warme Sommer 2003 hat also die Badegäste nicht nur erfreut, sondern führte vielfach auch zu den unangenehmen Hautausschlägen. Zudem traten die Plagegeister schon ab Juni, das heißt vier Wochen früher als gewohnt, auf.

Fließgewässer-TÜV

EIN BEWERTUNGSVERFAHREN ZUR ANTHROPOGENEN BEEINFLUSSUNG VON FLIESSGEWÄSSERN IN BADEN-WÜRTTEMBERG BERÜCKSICHTIGT INSBESONDERE AUCH DEREN EINZUGSGEBIETE.

Das Einzugsgebiet eines Flusses wird bislang bei der Bewertung dieser Ökosysteme wenig beachtet. Dies ist jedoch sachlich geboten und wird von der europäischen Wasserrahmenrichtlinie auch gefordert. Angesichts des gehäuft auftretens von Hochwässern und Trockenperioden und der Diskussion um Belastungen aus der Landwirtschaft sind überdies die anthropogenen Einflüsse in den Einzugsgebieten in den Blickpunkt des Interesses gerückt. Die Bewertung der vom Menschen verursachten Belastungen ist Aufgabe des Verfahrens „Hydrologische Güte“. Es wurde vom Institut für Hydrologie der Universität Freiburg nun zu einem regional einsetzbaren Flussgebietsmanagement-System weiter entwickelt. Der „Fließgewässer-TÜV“ umfasst drei Bewertungsteile:

- Die Beschaffenheit des Einzugsgebiets wird anhand zahlreicher Parameter zur Naturnähe, zur Belastung des Wasserhaushalts und zur Gewässerstrukturgüte bewertet.
- Im Bewertungsteil Abflussdynamik werden anthropogene Veränderungen von ökologisch bedeutsamen Abflusskenngrößen untersucht. Dies geschieht durch eine umfangreiche Auswertung von Abflusszeitreihen, bei der auch die Niederschläge berücksichtigt werden.
- Optional können die Höhe der Nährstoffemissionen in den Einzugsgebieten und die Wasserqualität als dritter Bewertungsteil einbezogen werden.

MESSBARE BELASTUNGEN

Für die Bewertungsteile Beschaffenheit des Einzugsgebiets sowie Stoffhaushalt und Wasserqualität liegen für Baden-Württemberg flächendeckende Ergebnisse vor, die auf der Website des Projekts im Einzelnen dargestellt sind. Die abgebildete Karte stellt die potenzielle anthropogene Belastung dar, wobei als Bezugsgröße der potenziell natürliche Zustand ohne menschliche Einflussnahme dient. Ergänzend wurden Modellanalysen – etwa zur Flächenversiegelung – in die Untersuchung einbezogen. Erwartungsgemäß sind die Belastungen in den dicht besiedelten Bereichen des Neckar-Einzugsgebiets am höchsten, während in den extensiver genutzten Gebieten des Schwarzwalds und des oberen Donau-Einzugsgebiets eine größere Naturnähe gegeben ist. Veränderungen

der Abflussdynamik wurden anhand von 75 Pegeln bewertet. Nur an wenigen Pegeln konnten stärkere anthropogene Einflussnahmen nachgewiesen werden. Aus- und Überleitungen sowie andere Wassertransfers, Hochwasserrückhaltebecken und eine verstärkte Flächenversiegelung konnten als Ursachen identifiziert werden.

Zur regionalisierten Umsetzung des Bewertungsverfahrens wurde im Rahmen des Projekts das Softwaresystem AHQ-IHF (Assessment of Hydrological Quality) entwickelt. Damit können bestehende anthropogene Einflüsse oder potenzielle Belastungen durch geplante Maßnahmen auch kleinräumig abgeschätzt werden.

SOFTWARE PLUS KNOW-HOW

Wichtiger als die Ergebnisse im Detail ist, dass das entwickelte Bewertungsverfahren aussagekräftige Daten liefert und seine Anwendbarkeit demonstriert hat. Die entwickelte Software, ein Benutzerhandbuch sowie Programme zur Visualisierung und Auswertung stehen auf der Internetseite des Projekts zur Verfügung. Allerdings erfordert die erfolgreiche Anwendung neben der Software die Verfügbarkeit zahlreicher Eingangsdaten sowie hydrologisches Fachwissen. Das Verfahren kann grundsätzlich auch als Prognoseinstrument eingesetzt werden. Allerdings sind sichere Ursache-Wirkungs-Verknüpfungen nur in Verbindung mit externen Modellen, etwa Niederschlags-Abflussmodellen möglich.

Auch hinsichtlich der Ableitung von ökologischen Zusammenhängen sind dem Bewertungsverfahren „Hydrologische Güte“ Grenzen gesetzt. Es liefert jedoch einen sehr guten ersten Überblick, der schwerpunktmäßig durch Detailanalysen vertieft werden muss.

KONTAKT

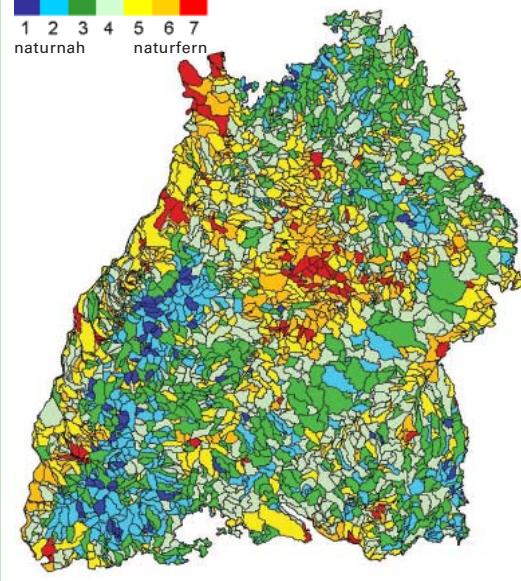
Prof. Dr. Christian Leibundgut
Universität Freiburg
Institut für Hydrologie
Fahnenbergplatz
79098 Freiburg
Tel.: 0761/203-3530
Fax: 0761/203-3594
www.hydrology.uni-freiburg.de
hydrology@hydrology.uni-freiburg.de

PROJEKT

Projekttitle:
Weiterentwicklung des Bewertungsverfahrens „Hydrologische Güte“ als Expertensystem zum operationellen Einsatz im Flussgebietsmanagement
Projektlaufzeit:
6/2002 bis 11/2004

INDEX DER ANTHROPOGENEN BELASTUNG

Bewertungsklassen



Index der anthropogenen Belastung der Einzugsgebiete von Fließgewässern, gemessen am potenziell natürlichen Zustand.

Naturnahe Fließgewässer

EMPFEHLUNGEN ZUR NATURNAHEN GEWÄSSERENTWICKLUNG IM URBANEN BEREICH UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER HOCHWASSERSICHERHEIT.

KONTAKT

Prof. Dr.-Ing. habil.
Hans H. Bernhart
Univ. Karlsruhe (TH)
Inst. für Wasser und
Gewässerentwicklung
Kaiserstraße 12
76128 Karlsruhe
Tel.: 0721/608-3164
Fax: 0721/606046
www.uni-karlsruhe.de
Bernhart@iwk.uka.de

PROJEKT

Projekttitel:
Hydraulik naturnaher
Fließgewässer: Empfeh-
lungen zur naturnahen
Entwicklung ausgebauter
Fließgewässer in
Ortslagen unter Berück-
sichtigung des
Hochwasserschutzes
Projektlaufzeit:
9/2002 bis 2/2005

Strukturierung
des Forschungs-
projektes

Die Steuerung einer naturnahen Entwicklung von Fließgewässern stößt insbesondere im städtischen Umfeld oft an ihre Grenzen. Einerseits liefern wissenschaftliche Grundlagenuntersuchungen immer wieder neue und modifizierte Berechnungsverfahren, welche dem Anwender hydraulische und/oder morphologische Entwicklungen an naturnahen Gewässerabschnitten prognostizieren sollen. Andererseits scheitert deren Umsetzung in die Praxis regelmäßig, weil über den theoretischen Ansatz hinausreichende, umfassende Handlungsempfehlungen fehlen. Um dieses Defizit zu beheben, untersucht das Institut für Wasser und Gewässerentwicklung der Universität Karlsruhe die Wechselwirkungen des Strömungsverhaltens, der Morphodynamik und des sogenannten „naturnahen Wasserbaus“ im Rahmen eines ganzheitlichen und interdisziplinären Forschungsansatzes.

FORSCHUNGSANSATZ

Die Arbeit führt anhand einer chronologischen Dokumentation der Entwicklungen im Bereich des Wasserbaus in die Thematik ein. Aufbauend darauf und ausgehend von der zentralen Problemstellung leitet sich die Struktur der Arbeit ab (Abb. unten). Zunächst werden in Anlehnung an Erkenntnisse aus der Fachliteratur die Anforderungen der naturnahen Gewässerentwicklung diskutiert. Dabei wird auf die vorhandenen interdisziplinären Beziehungen eingegangen und daraus spezielle praktische Anforderungen für die Gewäs-

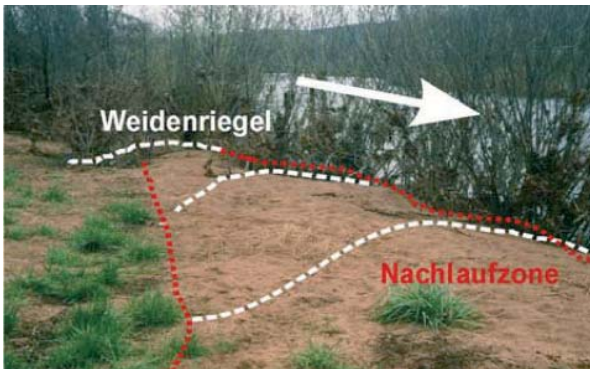
serentwicklung in urbanen Bereichen abgeleitet. Neu dabei ist die Zusammenstellung einer ausführlichen Bewertungsmatrix für abiotische und biotische sowie hydraulische und morphologische Indikatoren einer Gewässerlandschaft im urbanen Kulturraum. Hierauf aufbauend erfolgt die Einordnung der Anforderungen in die derzeitige Planungsmethodik als Grundlage für den Praxistransfer.

Die Arbeit konzentriert sich im Folgenden auf die Wechselwirkungen zwischen Strömung, Morphologie und Vegetation entlang naturnaher Fließgewässer. Im Zuge der Erläuterung des derzeitigen Wissensstands und der Dokumentation dessen Entwicklung wird zwischen der Hydraulik und dem Feststofftransport naturnaher Gewässer unterschieden. Für den Praxistransfer werden abschließend die gängigsten Verfahren im Rahmen der Gewässerunterhaltungsmethodik dargestellt und anwendungsbezogene Schwachstellen bzw. Probleme identifiziert.

Die Arbeit baut weiterführend auf den Grundlagen und Problemen der vorangegangenen Diskussion auf. Aufgrund der Analyse derzeitiger Praxisprobleme wird in Anlehnung an bereits vorhandene bewährte Verfahren und Konzepte eine neue Methodik entwickelt, die es den Anwenderinnen und Anwendern ermöglichen soll, das geeignete Berechnungsverfahren zu wählen und entsprechende Eingangsparameter zu erfassen bzw. deren Signifikanz zu beurteilen.

Die Verfahren der erläuterten Methodik sind auf der einen Seite mathematisch komplex – auf der anderen Seite soll es die Anwenderinnen und Anwender in die Lage versetzen, Vegetationsentwicklungen an naturnahen Fließgewässern durch einfache Parameteränderung zu simulieren und sofort die Auswirkungen auf das Strömungsverhalten, die Abflusskapazität und die Wasserspiegellagen mit hoher Genauigkeit zu berechnen. Um die Rechenarbeit zu vereinfachen, wurde die Methodik als digitales Arbeitsblatt in MS-Excel programmiert, so dass nach Eingabe der notwendigen Parameter die Berechnungen EDV-gestützt durchgeführt werden können. Der Einsatz direkt vor Ort mit dem Laptop im Feld ermöglicht nun eine optimierte Gewässerunterhaltung. Zudem wurden als Ergänzung zu den hydraulischen Empfehlungen die Ergebnisse qualitativer Untersuchungen an einem





Bilder: Lehmann

Sedimentation von Feststoffen zwischen durchströmtem Bewuchs im Laborversuch (oben) und in der Natur (unten).

wasserbaulichen Modell analysiert und praxisorientierte Empfehlungen zur Gestaltung und Pflege naturnaher Gewässer im urbanen Bereich abgeleitet.

Die Verwendung eines sehr großen, komplexen Modells (Maßstab 1:6) mit beweglicher Sohle und steuerbarer Feststoffzugabe ermöglichte eine anschauliche Dokumentation der Strömungs-Feststoff-Interaktionen, die letztendlich durch Sedimentations- und Erosionsprozesse die Dynamik der Gewässermorphologie prägen (Abb. oben). Neu bei diesem Untersuchungskonzept ist, dass hier in erster Linie eine Analyse mikro- und mesoskaliger Prozesse erfolgte und nicht – wie bei vielen anderen Modellen dieser Art – makroskalige Prozesse im Vordergrund standen.

Die Anwendung und Verifikation sowie die Diskussion und Beurteilung der erarbeiteten Empfehlungen erfolgte anhand von realen Naturmessdaten, die in einem extra Kapitel ausgewertet wurden. Im Vorfeld dazu wurde zunächst die Naturmessstrecke beschrieben sowie die Entstehung des Datenpools dokumentiert. Nach der Erstellung einer Datenbank konnten sämtliche zur Verfügung stehenden Daten einer zwölfjährigen Beobachtungsreihe, die durch die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg koordiniert wurde, archiviert werden. Die Prüfung der über 350.000 vorhandenen Datensätze wurde durch die digitale Verwaltung zwar vereinfacht, anhand einiger Beispiele kann man allerdings den Aufwand nachvollziehen, der in fast zweijähriger

manueller Auswertung betrieben werden musste, um eine gute Datenqualität zu gewährleisten.

PRAKTISCHER NUTZEN

Die Arbeit richtet sich somit zum einen an Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, da derzeitige Wissenslücken bei der Anwendung bewährter Verfahren dokumentiert werden. Zum anderen soll sie den praktisch tätigen Ingenieurinnen und Ingenieuren als Leitfaden für die Entwicklungsplanung und hydraulische Bemessung naturnaher Fließgewässer (Abb. unten) dienen.

Mit Hilfe der erarbeiteten Methodik zur hydraulischen Berechnung naturnaher Fließgewässer können die derzeitigen turbulenz-theoretischen Ansätze nun relativ einfach und dank der Umsetzung der Methodik mit einem EDV-Berechnungsmodul (auf Basis von MS Excel) auch transparent angewendet werden. Simulationen der Vegetationsentwicklung und die Berechnung der daraus resultierenden strömungsmechanischen Auswirkungen sind mit guter Genauigkeit nun einfach und schnell möglich. Der typische Einsatzbereich erstreckt sich dabei auf Bäche und kleine bzw. schmale Flüsse mit Ufer- und Vorlandvegetation. Unsichere Berechnungsverfahren auf der Basis von Erfahrungs- oder Schätzwerten werden damit hinfällig.

Die aus der Fachliteratur abgeleiteten und zum Teil modifizierten Verfahren zur Erhebung der Eingangsdaten sollen dazu beitragen, dass auch die Datengrundlage zukünftig schneller und besser erfasst werden kann und dadurch „Eingangsfehler“ eingedämmt werden.

Die aus Modellversuchen abgeleiteten Empfehlungen bezüglich der Vegetationsanordnung und -pflege entlang

naturnaher Gewässerläufe sollen insbesondere bei der Planung, aber auch bei der Unterhaltung, eine ergänzende Rolle zu den landschaftsplanerischen und gartenbautechnischen Aspekten spielen. Die Arbeit beinhaltet ein spezielles Versuchskonzept, welches in der Synthese mit Naturbeobachtungen realer Entwicklungsprozesse zu allgemeinen Empfehlungen führt, die einen wesentlichen Beitrag für die Praxis leisten.



Bild: Lehmann

Die Synthese der einzelnen erarbeiteten Empfehlungen führt zu einer optimierten naturnahen Gewässergestaltung und -unterhaltung.

Selbst-lernende Karten

DIE TECHNIK DER NEURONALEN NETZE WURDE ERPROBT, UM DIE POTENZIELLE GEFAHR DER GRUNDWASSERBELASTUNG DURCH NITRAT, PAK'S UND CYANID IN BADEN-WÜRTTEMBERG ABZUSCHÄTZEN.

Das Prinzip, mit Trainingsdaten für Teilgebiete die Schadstoffverteilung für ein größeres Gebiet automatisiert vorherzusagen und mit Karten darzustellen, klingt vielversprechend. Dafür soll ein neues Rechenverfahren mit künstlichen neuronalen Netzen die Arbeitsweise des menschlichen Gehirns auf die elektronische Datenverarbeitung übertragen. Das heißt, die relativ einfache Organisation der Leitungswege des Gehirns und der intensive Informationsaustausch zwischen den Neuronen dienen als Vorbild für die innovative EDV-Lösung der selbst-lernenden Systeme.

Das Konzept der neuronalen Netze für den Grundwasserschutz wurde zunächst für das relativ kleine Testgebiet Rastatt verfolgt, aber auch für das gesamte baden-württembergische Gebiet erprobt. Im Rastatter Areal stand eine Abschätzung des Gefahrenpotenzials für das Grundwasser zur Verfügung. Diese sogenannten Hazards wurden aus Angaben zur Landnutzung abgeleitet und mit Informationen zur Gefahr der Schadstoffverlagerung ins Grundwasser in Verbindung gebracht. Hazards und „Vulnerabilität“ durch Schad-

stoffeintrag sind laut Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) entscheidende Größen im Grundwasserschutz. Die LAWA beschäftigt sich verstärkt mit dem Grundwasserschutz, wie es in der europäischen Wasserrahmenrichtlinie zum Schutz des Grundwassers (WRRL) gefordert wird.

VERBESSERUNGSBEDARF

Die Vorhersage der Cyanidverschmutzung im Raum Rastatt mit der Technik neuronaler Netze ergab zunächst noch kein zufriedenstellendes Ergebnis. Die Berechnungen mit den Eingangsparametern Grundwasserfließrichtung, Sauerstoffgehalt und pH-Wert des Grundwassers ergaben ein von der tatsächlichen Cyanidverschmutzung abweichendes Bild. Ähnlich problematisch war die Vorhersage der PAK-Belastung (Polizyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe), ebenfalls für den Raum Rastatt. Die Prognose fußte unter anderem auf Angaben zum Gehalt an PAK-bindendem Ton der Böden. Verbesserte Modellierung und eine Konzentration der Arbeiten auf weniger heterogen verteilte Belastungen sol-

len die Qualität für kleinräumige Vorhersagen im 25-Meter-Raster verbessern.

Eine Übersicht der Grundwassergefährdung durch Nitrat im gesamten Baden-Württemberg wurde mit künstlichen neuronalen Netzen im 300-Meter-Raster erstellt. Als Grundlage dienten die Daten von etwa 3300 Messstellen und der kontrollierten Quellen des Landes. Der Fehler der Prognose der Nitratbelastung war dennoch höher als erwartet. Durch die kleinräumige Gliederung von Baden und Württemberg ergaben sich schwerwiegende Probleme für das selbst-lernende DV-Tool.

Als Resümee bleibt die Feststellung, dass die Neuronale-Netz-Methodik weiter optimiert werden muss. So sollen in den nächsten Arbeitsschritten neue Netzarchitekturen wie die sogenannten Self-Organizing-Maps geprüft werden. Damit wird eine Technik erprobt, die ohne Trainingsdaten auskommt.

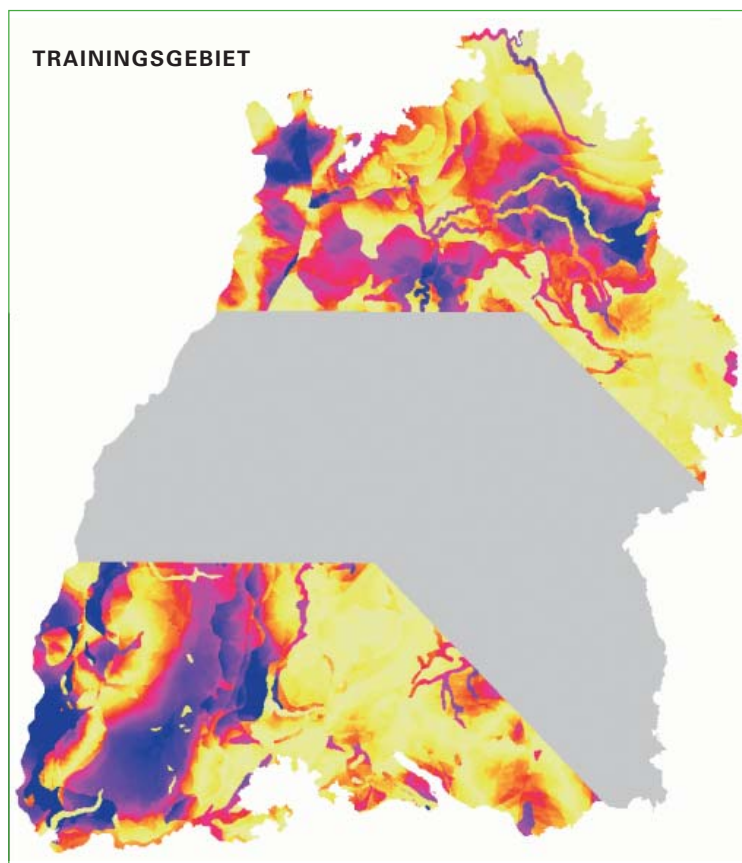
KONTAKT

Dipl.-Geol. Tanja Liesch
Univ. (TH) Karlsruhe
Lehrstuhl für Angewandte Geologie (AGK)
Kaiserstraße 12
76128 Karlsruhe
Tel.: 0721/608 4846
Fax: 0721/606 279
www.agk.uni-karlsruhe.de
tanja.liesch@agk.uni-karlsruhe.de

PROJEKT

Projekttitel:
Ermittlung der Grundwassergefährdung mit Hilfe künstlicher neuronaler Netze zur nachhaltigen Wasserbewirtschaftung
Projektlaufzeit:
8/2003 bis 7/2006

Trainingsgebiet (hellgrau dargestellt) und Fehler der mit der Technik der neuronalen Netze prognostizierten Grundwasserbelastung durch Nitrat (gelb, rot, violett und blau für niedrigen, mittleren, hohen und sehr hohen Fehler)



Stoffeinträge in Gewässer

STOFFSTROMANALYSEN AM KRAICHBACH DIENEN ALS GRUNDLAGE FÜR DIE PLANUNG UND UMSETZUNG VON GEWÄSSERSCHUTZMAßNAHMEN.

Die EU-Wasserrahmenrichtlinie stellt die Wasserwirtschaft vor die Aufgabe, die Stoffeinträge in die Gewässer zu quantifizieren und in erforderlichem Umfang zu vermindern, um einen guten Zustand der Gewässer zu erreichen oder zu sichern. Nach Abschluss der Bestandsaufnahme Ende 2004 liegen Hinweise zur Belastung der Gewässer und zur Signifikanz einzelner Verursacherbereiche vor. Zur Aufstellung der nun gegebenenfalls zu erstellenden Bewirtschaftungs- und Maßnahmenpläne werden vertiefte Analysen in kleineren Bearbeitungseinheiten durchgeführt. Vor diesem Hintergrund ist es erforderlich, auf einer „maßnahmenrelevanten Maßstabebene“ Instrumentarien zur Quantifizierung der Stoffeinträge zu entwickeln und für die Praxis bereitzustellen.

Am Beispiel des intensiv landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebietes des Kraichbachs wurden relevante Eintragspfade identifiziert und belastungsmindernde Maßnahmen abgeleitet. Für insgesamt elf Eintragspfade wurden die erforderlichen Eingangsdaten recherchiert und verschiedene Modellansätze auf ihre Einsetzbarkeit zur Beschreibung der Nährstoff- und Schwermetalleinträge in die Gewässer auf Flussgebietsebene untersucht.

Der Fokus der Datenrecherche lag auf der Gewinnung von Eingangsdaten mit einem möglichst hohen regionalen Bezug. Es wurde daher auf eigene Messdaten und auf die im Einzugsgebiet gewonnenen umfangreichen Daten Dritter zurückgegriffen. Die geprüften Modellansätze umfassten sowohl physikalisch basierte Modelle zur Beschreibung von Einzelpfaden als auch konzeptionelle empirische Modellbausteine.

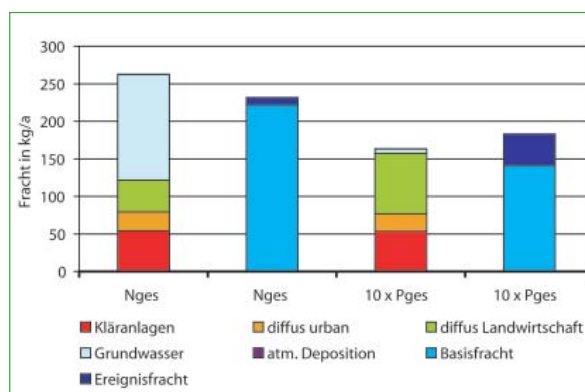
Entscheidungsrelevant für die Nutzung eines Modellansatzes im hier vorgestellten Gesamtmodell waren die realitätsnahe Abbildung der Stoffeinträge, die Berücksichtigung operabler Größen, die flächendeckende Verfügbarkeit der erforderlichen Eingangsdaten, die Transparenz des Berechnungsansatzes, die Anwendbarkeit auch außerhalb von Forschungsinstituten und die weitgehende Kompatibilität zu bestehenden makroskaligen Flussgebietsmodellen.

Ein wesentlicher Befund ist, dass die Güte der Gesamtergebnisse weniger durch den Modellansatz als vielmehr durch die Verfügbarkeit und Qualität der Eingangsdaten bestimmt wird. Dementsprechend können die auf der Ebene großer Einzugsgebiete entwickelten Ansätze nach einigen Modifi-

kationen und unter Verwendung standortspezifischer Eingangsdaten auch für kleine Bearbeitungseinheiten sehr gute Ergebnisse liefern. In diesem Vorhaben wurden die Ansätze der Eintragspfade Grundwasser, Erosion und Mischwasserüberläufe weiterentwickelt bzw. modifiziert.

ÜBERPRÜFUNG UND VARIANZ DER ERGEBNISSE

Zur Überprüfung der Modellergebnisse und zur Beschreibung der Transport- und Retentionsprozesse im Einzugsgebiet wurde über ein 14-tägiges Routinemessprogramm die Basis zur Berechnung der Gewässerfrachten geschaffen. Die Ergebnisse erlauben unter anderem Rückschlüsse auf den Wasserhaushalt und den Stofftransport im Einzugsgebiet. Das Routineprogramm wurde ergänzt um abflussgesteuerte Ereignisprobenahmen an zwei Kontrollpegeln: Erwartungsgemäß ist der ereignisbedingte Frachtanteil bei Stickstoff gering (4,3 %), während etwa ein Viertel der Phosphorjahresfracht an nur neun Tagen realisiert wird. Die Grafik zeigt den Vergleich der berechneten Einträge und der Gewässerfrachten.



Insgesamt liefern die verwendeten Modellansätze und Eingangsdaten realitätsnahe Ergebnisse. Bei Stickstoff und Phosphor werden größte Übereinstimmungen bzw. folgerichtige Abweichungen zwischen Eintrag und Gewässerfracht festgestellt. Und mit Ausnahme des Kupfers zeigen sich auch bei den Schwermetallen trotz erheblicher Datenlücken gute Übereinstimmungen.

Im Vergleich mit anderen Autoren ergaben sich allerdings bei den Nährstoffen wie den Schwermetallen teilweise eklatante Abweichungen, die auf die verbesserten Modellansätze und die Güte der Eingangsdaten zurückzuführen sind.

KONTAKT

Dr.-Ing. Stephan Fuchs
u. Prof. Dr.-Ing. E.h.
Hermann H. Hahn
Univ. Karlsruhe (TH),
Institut für Wasser und
Gewässerentwicklung,
Bereich Siedlungs-
wasserwirtschaft
Adenauerring 20 b
76128 Karlsruhe
Tel.: 0721/608-6199
Fax: 0721/607151
http://iswww.bau-
verm.uni-karlsruhe.de
fuchs@iswww.uka.de

PROJEKT

Projekttitle:
Stoffstromanalysen für
kleine und mittlere
Flussgebiete
für die Planung und
Umsetzung von
Gewässerschutz-
maßnahmen.
Projektlaufzeit:
10/2001 bis 11/2003

Die unsichtbare Gefahr

SÜDAFRIKANISCHER KRALLenfROSC ENTtARNT ENDOKRIN WIRKSAME SUBSTANZEN IM SCHWARZWALDFLÜSSCHEN ALB.

KONTAKT

Prof. Dr. Werner Kloas
Leibniz-Institut für
Gewässerökologie und
Binnenfischerei
Tel.: 030/64181-630
Fax: 030/64181-799
<http://unio.igb-berlin.de/abt5/mitarbeiter/werner.kloas/werner.kloas@igb-berlin.de>

PROJEKT

Projekttitel:
Identifizierung und
Quantifizierung der
Gewässerbelastung
durch endokrin wirksame
Substanzen sowie
deren Risikobewertung
für die Reproduktions-
biologie – Amphibien
als Indikator für
Ökosysteme.

Projektlaufzeit:
1/2001 bis 12/2002

Liebe und Hass, Aggression und Unterwerfung – nur ein Teil dessen, was wir tun, wird vom bewussten Willen bestimmt. Eine schwer einschätzbare, aber kaum zu überschätzende Rolle spielen auch die Hormone, die eine Vielzahl von Vorgängen im Organismus regulieren. So ist das „endokrine System“ neben dem Nerven- und dem Immunsystem ein drittes wichtiges Kommunikationssystem im Körper, zu dem alle Organe und Gewebe gezählt werden, die Hormone produzieren bzw. Rezeptoren für Hormone aufweisen.

Die große Empfindlichkeit von Mensch und Tier für endokrin wirksame Substanzen haben sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Leibniz-Instituts für Gewässerökologie und Binnenfischerei in Berlin, des Instituts für Toxikologie und Genetik am Forschungszentrum Karlsruhe und der Abteilung Endokrinologie des Instituts für Biologie der Humboldt-Universität Berlin zu Nutze gemacht und den Krallenfrosch als Untersuchungsobjekt für ihre Forschung ausgewählt. Nichts Neues für den Frosch, der bereits in den letzten Jahren zum Nachweis von Hormonen und hormonähnlichen Substanzen herhalten musste und in dieser Hin-

hochwirksamen Substanzen werden aber auch bei industriellen Produktionsvorgängen freigesetzt oder sind in den unterschiedlichsten Medikamenten enthalten. Weil die sehr stabilen Stoffe in Kläranlagen nur unvollständig abgebaut werden, reichern sie sich in Gewässern allmählich an. Um diese Anreicherung besser abschätzen zu können und insgesamt mehr über die Hormone und hormonähnliche Substanzen in der Umwelt zu erfahren, entnahmen die Wissenschaftler der Alb an verschiedenen Stellen – angefangen bei der Quelle bis zu Orten unterhalb von Kläranlagenausläufen – Wasserproben zur Analyse. Parallel testeten sie die Reaktion des Froschgewebes auf einzelne Substanzen und konfrontierten außerdem die Tiere mit dem Originalwasser der Alb. Denn die Untersuchung von Einzelsubstanzen gewährt zwar interessante Einblicke in die Wirkungsmechanismen, doch in der Umwelt liegt immer ein Gemisch hormonaktiver Substanzen vor, die sich in ihrer Wirkung summieren oder auch behindern können.

KEINE ENTWARNUNG

Untersucht wurde beim Krallenfrosch die Reaktion bestimmter besonders hormonempfindlicher Gewebe, Organe oder Funktionen auf das Wasser: Die Entwicklung des Hodengewebes und die sexuelle Differenzierung der Tiere gehörten hier dazu. Im Ergebnis konnte nicht nur festgehalten werden, dass der Krallenfrosch für Untersuchungen dieser Art ein geeignetes Versuchstier ist, sondern auch, dass die Wasserproben sowohl östrogen wirksame wie auch androgene Wirkstoffe in „nicht unerheblichen“ Mengen enthielten. So zeigte sich zum Beispiel, dass allein für eine einzelne ausgewählte Substanz, Bisphenol A, der Unterschied zwischen den Werten für biologische Wirkung und den quantitativen Messungen in der Alb nur etwa zwei bis drei Zehner-Potenzen Abstand hatte.

Im Verlauf des Projektes konnten erfolgreich Methoden entwickelt werden, die es erlauben, entnommene Gewässerproben sinnvoll aufzuarbeiten und zu fraktionieren, um sie dann biologisch charakterisieren zu können. Ein wesentlicher Schritt auf dem Weg zu einer zuverlässigen Risiko-Bestimmung der Gewässerbelastung durch endokrine Substanzen mit Hilfe des Krallenfrosches.



Beim südafrikanischen Krallenfrosch geht der Einfluss der Sexualsteroiden so weit, dass ihre Konzentration im Wasser generell entscheidet, ob aus den Kaulquappen schließlich Männchen oder Weibchen werden.

sicht bereits äußerst genau untersucht ist. Diesmal allerdings sollte der Hormon-Nachweis auch außerhalb der Laborwände passieren und für das Wasser des Schwarzwald-Flüsschens Alb erbracht werden.

HORMONAKTIVE SUBSTANZEN IN DER ALB

Bereits seit Jahren bekannt und zunehmend als Gefahr identifiziert sind Hormone und hormonähnliche Stoffe im Wasser. Ihre Quellen können natürlichen Ursprungs sein. Die

Wieviel gelangt ins Grundwasser?

VERBESSERTES VERFAHREN ZUR ABSCHÄTZUNG DER KONZENTRATIONSABMINDERUNG AUF DEM WEG VON DER SCHADENSQUELLE ZUM ORT DER BEURTEILUNG VON ALTLASTEN UND VERDACHTSFLÄCHEN.

Für die praxisnahe Durchführung von Sickerwasserprognosen wurde an der TU Hamburg-Harburg eine Methode weiterentwickelt, bei der die Abminderungskapazität beim Schadstofftransport von der Schadensquelle zum Ort der Beurteilung einer Altlast bzw. einer Altlastenverdachtsfläche quantifiziert wird. Auf der Basis von Nomogramm genannten mathematischen Schaubildern und Abschätzformeln liefert dieses so genannte AF-Verfahren ohne Modellierungserfahrung eine erste Abschätzung darüber, ob der Prüfwert über- oder unterschritten wird.

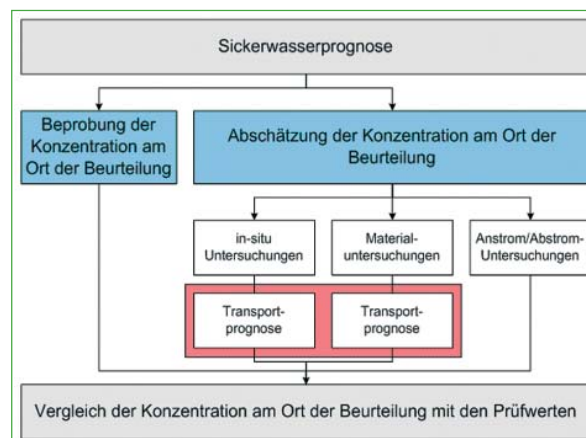
In der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BBodSchV) wurde ein neues Instrument für die Gefährdungsabschätzung für den Pfad Boden-Grundwasser eingeführt: Mit der Sickerwasserprognose sollen altlastenverdächtige Flächen im Hinblick auf die in der überschaubaren Zukunft zu erwartenden Stoffeinträge in das Grundwasser bewertet werden. Die Bewertung erfolgt durch Vergleich der Konzentration am Ort der Beurteilung mit den Prüfwerten gemäß BBodSchV. Für die Durchführung von Sickerwasserprognosen können verschiedene Vorgehensweisen gewählt werden (s. Abb.). In den meisten Fällen wird eine Freisetzung von Schadstoffen aus einer Kontamination mittels Materialuntersuchungen festgestellt und anschließend eine Transportprognose erstellt. Die Bewertung erfolgt durch Vergleich der Konzentration am Ort der Beurteilung (Übergang zwischen ungesättigter und gesättigter Zone) mit dem Prüfwert gemäß BBodSchV. Mit dem AF-Verfahren werden alle Komponenten, die unter den gegebenen Standortbedingungen zu einer Abminderung der Konzentration beim Transport von der Schadensquelle zum Ort der Beurteilung führen können, mit Hilfe einfacher konservativer Abschätzformeln berücksichtigt:

- Zeitliches Verhalten der Stofffreisetzung aus der Schadensquelle („Endlichkeit der Quelle“),
- Schadstoffabbau bzw. -umwandlung innerhalb der Transportstrecke („Abbau“),
- Verdünnung durch „transversale Dispersion“, die zu einer dreidimensionalen Stoffausbreitung im Boden führt, und
- Verdünnung am Ort der Beurteilung infolge des „Einsmischens von Sickerwasser in das Grundwasser“.

Die Konzentrationsabminderung, die auf dem Weg zwischen der Quelle und dem Ort der Beurteilung erreicht werden kann, ergibt sich durch zahlreiche Teilprozesse. Diese werden zu den genannten Komponenten der Abminderung zusammengefasst, und es wird ein Abminderungsfaktor (AF-Wert) berechnet. Durch Vergleich des maßgeblichen AF-Wertes mit dem erforderlichen AF-Wert (Quotient aus Quellkonzentration und Prüfwert) wird die Bewertung des Standortes ermöglicht.

RESULTATE UND PERSPEKTIVEN

Das AF-Verfahren wurde bereits an realen Altlastenflächen in Baden-Württemberg getestet. Vergleichsrechnungen mit dem sehr viel komplexeren Simulationsprogramm HYDRUS zeigten eine sehr gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen des AF-Verfahrens. Zurzeit wird das AF-Verfahren als Softwareprogramm umgesetzt. Um die praktische Durchführung der Sickerwasserprognose zu erleichtern, sind in das Programm Stoffdatenbanken eingebunden, die es ermöglichen, für jeden Eingabeparameter (bodenartspezifische Wasser- und Luftgehalte, Diffusionskoeffizient in Wasser bzw. Luft, Stoffabbau- und Henrykoeffizient) Orientierungswerte aus der weltweit recherchierten Literatur zur Verfügung zu stellen. Für die Parameter Sickerwasserrate, Sorptionskoeffizient und Dispersivität, die messtechnisch schwer zugänglich und wegen ihrer starken Standortbezogenheit nicht einfach aus der Literatur abgeleitet werden können, werden wissenschaftlich fundierte Regressionsgleichungen bzw. Pedotransferfunktionen bereitgestellt. Diese ermöglichen es dem Anwender, diese schwer messbaren Parameter aus leicht zugänglichen Daten abzuleiten.



KONTAKT

Dr.-Ing. Heike Stöfen
Technische Universität
Hamburg-Harburg
Arbeitsbereich Wasser-
wirtschaft und Wasser-
versorgung (AB 1-09)
Schwarzenbergstr. 95
21073 Hamburg
Tel.: 040/42878-3177
Fax: 040/42878-2999
www.tu-harburg.de/www
stoenen@tuhh.de
w.schneider@tuhh.de

PROJEKT

Projekttitle:
Entwicklung und Erpro-
bung eines in der Ver-
waltungspraxis taugli-
chen Verfahrens für
verlässliche Sicker-
wasserprognosen in
Baden-Württemberg
Projektlaufzeit:
7/2004 bis 6/2005

LITERATUR

Stöfen, H. u. W. Schnei-
der (2004): Das „AF-
Verfahren“ für Sicker-
wasserprognosen – ein-
fach und dennoch wis-
senschaftlich fundiert.
Altlasten Spektrum
13(4), S. 190-202.
Stöfen, H., W. Schneider,
S. von der Heide, J. Höß
u. R. Hahn (2004): Das
„AF-Verfahren“ für
Sickerwasserprognosen
– Anwendungsbeispiele.
Altlasten Spektrum
13(6), S. 318-330.

*Methodisches Vorgehen
bei Sickerwasser-
prognosen gemäß der
Bundes-Bodenschutz-
verordnung.*

Seeboden im Bodensee

BESTANDSAUFNAHME BIOLOGISCHER, CHEMISCHER UND SEDIMENTOLOGISCHER PARAMETER.

Das Kürzel BUS steht für das Projekt „Bodensee – Untersuchung – Seeboden“, das vom Institut für Seenforschung der LfU durchgeführt und von der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) sowie der Europäischen Union gefördert wird. Dabei soll eine Bestandsaufnahme des Lebensraumes Seeboden erstellt und geklärt werden, mit welchen Einflüssen auf den Wasserkörper gerechnet werden muss. Im Detail wird angestrebt:

- die Bewertung des aktuellen Zustands des Ökosystems mit aussagekräftigen Parametern sowie der Vergleich mit älteren Untersuchungen;
- das Aufzeigen seeweiter und lokaler Zustände und Entwicklungen am Seeboden als Abbild von Entwicklungen im See und in seinem Einzugsgebiet;
- eine Abschätzung der Gefahr einer Remobilisierung von Nährstoffen und Schadstoffen aus dem Sediment;
- die Bewertung des Indikationspotenzials der untersuchten Parameter und ihre Bedeutung in der Beurteilung des gesamten Sees;
- erweiterte Möglichkeiten zur Prognose künftiger Entwicklungen und damit verbesserte Grundlagen für die Fortschreibung von Gewässerschutzkonzepten am See.

genkontrastmittel Iopramid, verschiedene Antibiotika oder das Anti-Epileptikum Carbamazepin findet man in den Sedimenten nicht angereichert. Zumindest in diesem Teil des Ökosystems Bodensee stellen sie offenbar keine Gefahr dar. Andere Stoffe wie das endokrin wirksame Nonylphenol lassen sich durchaus nachweisen (vgl. Abb. l. u.) – allerdings in, nach derzeitigem Wissensstand, unbedenklichen Konzentrationen.

DETAILBEOBACHTUNGEN

Derzeit werden ‚vertiefende‘ Untersuchungen durchgeführt: Vor dem Hintergrund der Vorjahresergebnisse wurden zwei Beprobungsstellen zur intensiven Beobachtung der kurzzeitigen Veränderungen bei tierischen und pflanzlichen Lebensgemeinschaften ausgewählt. Hierzu werden an einer Verankerung Thermistorketten (Halbleiter mit temperaturbedingtem Widerstand), Strömungsmesser und Sedimentfallen eingesetzt (vgl. Abb. r. u.) und mit Daten aus Sedimentkernen verglichen. Näher beleuchtet werden die großen Unterschiede hydrologischer Randbedingungen (Schwebstofffrachten, Nährstoffeinträge) sowie ihre Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften und das in den Sedimenten enthaltene Nährstoffpotenzial. An weiteren sieben Stellen wird eine detaillierte und bisher unerreichte vollständige Chronologie der anorganischen und organischen Schadstoffeinträge in den See erarbeitet. Für bestimmte Zeitabschnitte werden die Konzentrationen von über 200 Parametern von A wie Acenaphthen bis Z wie Zinn bestimmt. Aus den Ergebnissen soll dann die Historie vieler noch verwendeter oder bereits vor Jahren verbotener Chemikalien abgeleitet und damit eine wichtige Grundlage für den Gewässerschutz geschaffen werden.

Nonylphenol

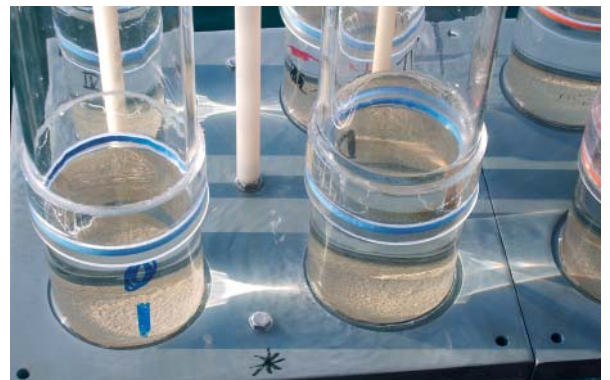
min: 21,9 µg/kg
max: 553,4 µg/kg

Horizontale Verteilung des xeno-östrogenen Wirkstoffes Nonylphenol in Oberflächensedimenten des Bodensees.

Minimum: 21,9 µg/kg
Maximum: 553,4 µg/kg

FLÄCHENHAFT UNTERSUCHUNGEN

Um diese Ziele zu erreichen, wurden zwischen Januar und März 2004 an 48 Stationen im See insgesamt 550 Sedimentproben entnommen. Etwa sechs Tonnen Seebodenablagerungen wurden in den Laboren bearbeitet und auf eine Vielzahl sedimentologischer, biologischer und chemischer Parameter untersucht. Ein erstes Ergebnis: Im Abwasser von Kläranlagen gut nachweisbare Arzneimittel-Wirkstoffe, wie das Rönt-



Mit solchen Sedimentfallen werden in 14-tägigem Intervall die Akkumulationsraten bestimmt.

KONTAKT

Dr. Martin Wessels
Institut für Seenforschung an der LfU
Baden-Württemberg
Argenweg 50/1
88085 Langenargen
Tel.: 07543/304-171
Fax: 07543/304-299
martin.wessels@lfu.lfu.bwl.de

PROJEKT

Projekttitle:
Bodensee – Untersuchung – Seeboden (BUS) – eine umfassende Bestandsaufnahme biologischer, chemischer und sedimentologischer Parameter
Projektlaufzeit:
1/2004 bis 6/2006

Deponieabdeckung mit Boden

SACHGERECHT AUFGETRAGENE UND MIT BÄUMEN BEPFLANZTE REKULTIVIERUNGSSCHICHTEN SOLLEN DEN GEFÜRCHTETEN STOFFAUSTRAG AUS DEPONIEEN NACHHALTIG VERHINDERN.

Deponien sind eine verbreitete Art der geordneten Abfallentsorgung. Bei modernen Deponien muss ein Übertritt von Schadstoffen aus dem Deponiekörper in die Hydro- und Biosphäre verhindert werden. Unverdichtet eingebaute und mit Bäumen bepflanzte Bodensubstrate können Bestandteil einer sehr alterungsbeständigen Deponieabdichtung sein. Das verwendete Bodenmaterial soll dabei nicht wasserdicht sein, sondern durch eine hohe Wasserspeicherkapazität für guten Bewuchs und die gewünschte geringe und gleichmäßige Versickerung sorgen.

Um den Erfolg dieser „qualifizierten Rekultivierungsschichten“ zu garantieren, sind abgesicherte Kenntnisse zu den Eigenschaften und der Dynamik von Boden und Vegetation notwendig. In einem ersten Projektabschnitt (1999 bis 2002) wurden auf der Deponie Leonberg auf unverdichteten und konventionell verdichteten Flächen Versuchsfelder eingerichtet und mit Bäumen bepflanzte. Neben dem Erfassen des Wasserhaushalts standen zunächst Fragen der mechanischen Eigenschaften der Böden im Vordergrund. Mit ersten Ergebnissen konnte nachgewiesen werden, dass die Abdeckungsschicht auch bei mittlerer Hangneigung standsicher sein kann, wenn das verwendete Bodensubstrat weniger als 20 Prozent Ton enthält.

Bei der Fortführung der Versuche von 2002 bis 2004 galt es dann, den Wasserhaushalt, die Entwicklung der Vegetation, des Bodenlebens und der mechanischen Eigenschaften des Bodens durch Setzung in situ zu erfassen und für langfristige Prognosen zu modellieren.

RESULTATE

Die Forschungsarbeiten zur Rekultivierungsschicht auf der Deponie in Leonberg standen im zweiten Projektabschnitt im Zeichen von Witterungsextremen. Dem feuchten Jahr 2002 folgte der „Jahrhundertssommer“ 2003. Trotzdem reichte das Wasserangebot für die angepflanzten Bäume aus. Die über mehrere Jahre aufgezeichneten Daten ermöglichten einen Vergleich von realem und modelliertem Bodenwasserhaushalt. Überraschend war dann die Erkenntnis, dass der Niederschlag

in der Rekultivierungsschicht gleichmäßiger versickerte, als die gängigen Modelle voraussagen. Den Erwartungen entspricht dagegen, dass in der unverdichteten Variante weniger versickert als in der verdichteten. Auch die Regenwurmpopulation entwickelte sich nachweisbar besser, wenn der Boden unverdichtet eingebaut wurde. Während im Unterboden mit einer weiteren Verdichtung durch Setzung zu rechnen ist, sorgen die Regenwürmer mit dem gesamten Bodenleben für einen dauerhaft lockeren Oberboden. So werden hohe Infiltrationsraten bei Niederschlägen, minimale Erosion und eine hohe Wasserspeicherkapazität gesichert.

PERSPEKTIVEN

Bei der Versuchsanlage hat sich gezeigt, dass es lohnenswert sein kann, die Einbautechniken zu verbessern. Die Grundvoraussetzung für eine funktionierende qualifizierte Rekultivierungsschicht ist die Verwendung von geeignetem Substrat. Eine Karte könnte zeigen, wo der entsprechende Bo-



denaushub anfällt. Ein wichtiger, bisher wenig beachteter Aspekt der Wasserhaushaltsuntersuchungen ist die hangparallele Versickerung. Deshalb sollte diese laterale Wasserbewegung im Mittelpunkt weiterer Forschungsarbeiten stehen. Eine gesicherte Bewertung qualifizierter Rekultivierungsschichten als Deponieabdeckung erfordert so lange begleitende Untersuchungen, bis sich auf der Deponie ein Wald entwickelt haben wird.

KONTAKT

Dr. Peter Wattendorf
Universität Freiburg
Institut für Landespflege
79085 Freiburg
Tel.: 0761/203-3630
Fax: 0761/203-3638
www.landesspflege-
freiburg.de
peter.wattendorf@landes-
pflege.uni-freiburg.de

PROJEKT

Projekttitle:
Wasserhaushalt und
Bodenentwicklung quali-
fizierter Rekultivierungs-
schichten

Projektlaufzeit:
5/2002 bis 4/2004

Blick auf die Versuchsanlage auf der Hausmülldeponie Leonberg mit der qualifizierten Rekultivierungsschicht – der Bewuchs ist im Frühjahr 2004 noch spärlich.

Steinfressende Pilze?

KÖNNEN MYKORRHIZAPILZE IN EXTREM VERSAUERTEN BÖDEN IN DIE BRESCHNE SPRINGEN, UM IM GESTEIN GEBUNDENE NÄHRSTOFFE PFLANZENVERFÜGBAR ZU MACHEN?

Entgegen der Lehrmeinung zeigen die Bäume im Schwarzwald selbst dort keine Mangelerscheinungen, wo die Versauerung mittlerweile stark fortgeschritten ist. Am Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre in Freiburg geht man der Frage nach, ob Mykorrhizapilze in extrem versauerten Böden in die Bresche springen, um im Gestein gebundene Nährstoffe pflanzenverfügbar zu machen.

Die Schlussfolgerung, dass Pilze zur Versorgung von Waldbäumen mit Nährstoffen aus Steinen beitragen, ist einleuchtend, aber schwer zu belegen. Sollte sich die Hypothese von der hohen Nährstofffreisetzung aus Steinen als richtig erweisen, hätte das weitreichende Konsequenzen für die Waldbewirtschaftung. Für die Standortbewertung müsste eine Korrektur eingeführt werden, um den Beitrag der Gesteine im Boden für die Nährstoffversorgung zu berücksichtigen. Tatsächlich belegen Zwischenergebnisse neuer Untersuchungen mit mikroskopischen Aufnahmen im μm -Bereich das Vorkommen von Mykorrhizapilzen in kleinsten Klüften von Gestein im Grobbodenanteil.

GESTEIN FRESSENDE PILZE?

So ist bekannt, dass die Pilze mit ihren fadenförmigen Ausläufern von 1 – 15 μm Durchmesser (Pilzhyphen) in der Lage sind, in die feinsten Hohlräume von Gesteinen einzudringen. Damit ist belegt, dass Pilzhyphen überall dort vor Ort sein können, wo die Verwitterung Nährstoffe aus dem Ge-

stein freisetzt. Geflechte von Pilzhyphen lassen sich selbst im Inneren von Steinen finden, wenn sich dort entlang von Verwitterungszonen Schwäche zonen ausgebildet haben.

Von manchen Wissenschaftlern wird sogar die Existenz von „rock-eating fungi“ vermutet. Bei dieser Vorstellung wird da-



Digitalisierter Bildausschnitt eines Bodenanschliffs (Maßstab 1250:1). Mit einem geographischen Informationssystem (GIS) erfasster Blick auf 0,92 Quadratmillimeter untersuchte Fläche.

von ausgegangen, dass Pilze in der Lage sein können, Steine durch Sekrete aufzulösen. Mit den hier vorgestellten Untersuchungen ließ sich zudem zeigen, dass viele Hyphen in den kleinen Sandkörnern des Feinbodens wachsen.

VIELVERSPRECHEND, DOCH DIFFIZIL

Vielversprechende Befunde werden von den noch nicht abgeschlossenen Arbeiten mit einem geographischen Informationssystem (GIS) erwartet. Mit diesen Ergebnissen soll geklärt werden, welchen Prinzipien die Verteilung der Pilzhyphen im Bodenraum, zwischen Poren, Bodenmatrix und Grobboden folgt. Tatsächlich ist es außerordentlich diffizil, die Bedeutung des Grobbodens für die Pflanzenernährung exakt zu quantifizieren. Die vorliegenden Forschungsergebnisse beziehen sich aufgrund der arbeitsaufwändigen Analyse des Probenmaterials auf wenige Quadratmillimeter Bodenquerschnittsfläche. Die automatisierte Erkennung von Bildelementen steht noch am Anfang, da die Zusammensetzung der Bodenmatrix sehr komplex und zugleich sehr schwer zu erfassen ist. Aufwändige, interaktive Arbeiten am Mikroskop sind daher noch notwendig, um in Zukunft den räumlichen „Skalensprung“ auf die Ebene von Standorten mit einer Ausdehnung von mehreren Quadratmetern zu schaffen.



Mikrolüfte eines Bodensteins werden von Rhizomorphen besiedelt.

KONTAKT

Friderike Oehler
Institut für Bodenkunde
und Waldernährungs-
lehre, Fakultät für
Forstwissenschaften
Bertholdstr. 17
79085 Freiburg
Tel.: 0761/203-9143
Fax: 0761/203-3618
www.bodenkunde.uni-
freiburg.de
friderike.oehler@boden-
kunde.uni-freiburg.de

PROJEKT

Projekttitel:
Die Erschließung von
Bodensteinen durch
nährelementadsor-
bierende Gewebe –
Bedeutung für Status
und nachhaltige Ent-
wicklung der Ernäh-
rungsbedingungen in
Waldböden
Projektlaufzeit:
7/2002 bis 7/2005

Klärschlamm als Wertstoff

DURCH INTENSIVES FAULEN UND FILTERN WIRD DIE MENGE AN BEHANDELTEM KLÄRSCHLAMM VERRINGERT UND STICKSTOFFDÜNGER ABGETRENNT.

Mit einem neu entwickelten Filter kann die Klärschlammfäulung bei der Abwasserreinigung optimiert werden. Durch Mikrofiltration ist es nun möglich, partikelfreies Schlammwasser vom Klärschlamm abzutrennen. Dadurch lässt sich wertvoller Phosphat- und Stickstoffdünger gewinnen. Die intensive Filtration ermöglicht zudem eine verbesserte Klärschlammfäulung und so auch eine um 20 Prozent erhöhte Ausbeute an Biogas. Der Ausstoß an behandeltem Klärschlamm wird zugleich entsprechend verringert.

ZUNEHMENDE BRISANZ

Die etwa eine Million Kubikmeter Klärschlamm, die jährlich in Baden-Württemberg anfallen, gewinnen zunehmend an Brisanz. Dazu trägt auch das bundesweite Deponieverbot für Klärschlamm ab Mitte 2005 bei. Die Landesregierung von Baden-Württemberg sprach sich schon 2002 gegen die Verwertung des Klärschlammes in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau aus. Neben dem Verbrennen bleibt dann allenfalls noch die Verwertung von Klärschlamm durch Kompostieren.

MIKROFILTER ALS HOFFNUNGSTRÄGER

Vor diesem Hintergrund entwickelt sich ein Mikrofilter zum Hoffnungsträger, der dazu beiträgt, die Menge an Klärschlamm durch verbesserte Faulung zu verringern. Am 7. Juli 2004 wurde eine Pilotanlage in der Kläranlage Heidelberg

mit einem Rotationsscheibenfilter ausgestattet. Das Herzstück des Bauteils zum Abtrennen von feststofffreiem Schlammwasser besteht aus hochwertigem keramischem Material. Das damit gewonnene hochreine Schlammwasser ermöglicht dann, dass Ammonium mit eingeblasener Luft entfernt wird. In einem Waschverfahren wird aus dem Ammonium schließlich Dünger gewonnen. Dabei kann selbst auf die chemischen Zusätze verzichtet werden, die normalerweise nötig sind, um Ammoniak auszutreiben und aufzufangen. Das hierzu optimale Verhältnis von Säuren zu Basen wird im mikrofiltrierten Schlammwasser ausschließlich durch gezielte Temperaturveränderungen und durch feindosiertes Begasen mit Luft eingestellt.

Zudem können Phosphatsalze, die normalerweise als Rückstand die Rohre verschmutzen, aus dem Schlammwasser gewonnen und zu knappem Dünger weiterverarbeitet werden. Da das neue Verfahren eine Vielzahl von Hindernissen bei der Klärschlammbehandlung aus dem Weg räumt und die Ausbeute an regenerativer Energie erhöht, aber auch noch ermöglicht, Wertstoffe zurückzugewinnen, muss es schon fast zwangsläufig kostengünstig sein. Voraussetzung ist allerdings, dass der Klärschlamm nicht zu dünnflüssig ist.

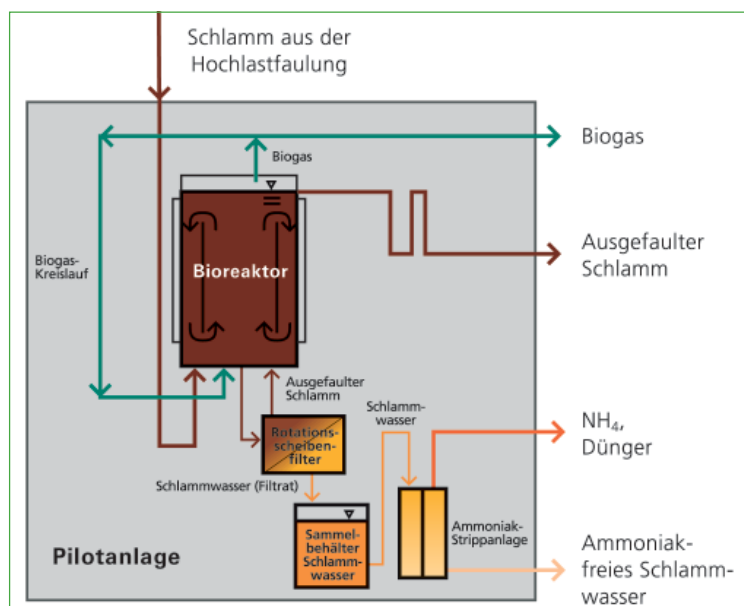
Die innovative Kombination bekannter Verfahren ist die beachtenswerte verfahrenstechnische Leistung dieser neu entwickelten Methode der Klärschlammbehandlung.

KONTAKT

Prof. Dr. Walter Trösch
Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
Tel.: 0711/970-42 20
Fax: 0711/970-42 00
www.igb.fhg.de
walter.troesch@igb.fraunhofer.de

PROJEKT

Projektitel:
Begleitforschung zur zweistufigen Klärschlammvergärung mit Mikrofiltration und Ammoniumgewinnung
Projektlaufzeit:
8/2003 bis 12/2004



Die Pilotanlage im Schema (links) und im Aufbau.

Nicht ausgeschöpfte Potenziale

OBWOHL EIN ENERGIE- UND STOFFSTROMMANAGEMENT VORTEILE FÜRS UNTERNEMEN WIE FÜR DIE UMWELT VERSPRICHT, SCHEINT DESSEN UMSETZUNG OFT ZUM SCHEITERN VERURTEILT. WARUM?

Mit Hilfe eines Energie- und Stoffstrommanagements können die inner- und überbetrieblichen Stoffströme mit dem Ziel dargestellt werden, Produktionsprozesse zu verschlanken bzw. die Ressourcennutzung zu optimieren und damit nicht zuletzt auch Emissionen und Kosten zu reduzieren. Sein systematischer Modellaufbau ermöglicht es, Transparenz im Produktionsprozess zu schaffen. Dabei sind unterschiedliche Informationsniveaus, Auswerteperspektiven und Herangehensweisen möglich. So kann beispielsweise für eine Gesamtbetrachtung der Energie- und Stoffströme eines Unternehmens eine Input-Output-Analyse erfolgen. Für Neu- und Umplanungen von Prozessen und Anlagen bietet sich die Modellbildung oder Simulation an. Das Auswerten des Netzes kann sowohl entlang der Materialströme als auch entgegengesetzt erfolgen.

Bislang kommt das Energie- und Stoffstrommanagement allerdings nur vereinzelt zum Einsatz und wird auch nach Abschluss von Pilotprojekten oft nicht kontinuierlich fortgeführt. Insbesondere in kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMUs) lässt die Resonanz zu wünschen übrig, da diese vermeintlich nicht über die finanziellen, personellen und technischen Ressourcen zur Verbesserung ihrer Umweltbilanz verfügen.

MEHR ALS EIN HEMMSCHUH

Trotz der zahlreichen staatlichen Initiativen und Informationen zur Einführung des Energie- und Stoffstrommanagements sind viele KMUs nicht von den Kosteneinsparpotenzialen zu überzeugen. Allein der anfangs relativ hohe Aufwand für die Erfassung der Energie- und Materialströme wirkt offenbar abschreckend.

Zur Verringerung dieses Aufwandes erschien es sinnvoll zu analysieren, wie das Energie- und Stoffstrommanagement möglichst effizient mit bereits bestehenden Informationssystemen und Instrumenten des Controllings verknüpft werden könnte. Wie im Verlauf des Projektes jedoch deutlich wurde, spielen nicht nur die theoretisch möglichen Integrationspotenziale sowie die technischen und finanziellen Spielräume eine Rolle, sondern es wurden weitere Einflussfaktoren und Hemmnisse identifiziert: So hat es sich gezeigt, dass auch mentale bzw. kulturelle, strukturelle oder externe Faktoren den Einsatz des Energie- und Stoffstrommanagements in KMUs beeinflussen oder verhindern können.

Um dessen Etablierung künftig zu verbessern, sollten diese als wichtige Stellhebel identifizierten Faktoren im Rahmen von Fördervorhaben und Informationskampagnen verstärkt berücksichtigt werden. Ebenso sollte darauf geachtet werden, die Ansprechpartner in den KMUs nicht nur einmalig mit der Thematik zu konfrontieren, sondern sie kontinuierlich einzubinden und möglichst auch untereinander zu vernetzen: „Steter Tropfen höhlt den Stein.“

KONTAKT

Prof. Mario Schmidt u.
Dr. Nicole Hroch,
Fachhochschule Pforzheim,
Institut für angewandte
Forschung (IAF)
Tiefenbronner Str. 65,
75175 Pforzheim
Tel.: 07231/28-6135
Fax: 07231/28-6130
www.fh-pforzheim.de/iaf/
schmidt@fh-pforzheim.de

PROJEKT

Projekttitel:
Stoffstrombezogene
Leistungsverrechnung
für ein nachhaltiges
Unternehmenscontrolling
Projektlaufzeit:
1/2003 bis 12/2004



Hier sind die Ergebnisse der Studie zusammengefasst. Dabei sind zum einen die Ansatzpunkte an das Controlling dargestellt sowie zum anderen, inwieweit sich das Vorhandensein unterschiedlicher Faktoren hemmend oder unterstützend auf das Energie- und Stoffstrommanagement auswirkt.

Zielfindung verbessern

UMWELTSCHUTZ IM UNTERNEHMEN BRAUCHT ÖKO-EFFIZIENZ PLUS ÖKO-EFFEKTIVITÄT.

Die Implementierung betrieblicher Umweltschutzinstrumente hat zu einer Erhöhung der Öko-Effizienz von Unternehmen beigetragen. Eine überzeugende Umweltschutzleistung verlangt allerdings auch höhere Öko-Effektivität bzw. ökologische Wirksamkeit von Umweltschutzmaßnahmen. Dieser Aspekt betrieblicher Umweltpolitik ist in der Praxis nach wie vor unterentwickelt. Mit EMAS 2 (Eco-Management and Audit Scheme) sind zwar einige Verbesserungen eingetreten. So wird gefordert, direkte und indirekte Umweltaspekte zu ermitteln und deren Relevanz unter anderem anhand ihrer Wirkung auf Umweltprobleme zu beurteilen. Eine praxisgerechte Methode hierfür wird jedoch nicht angeboten. Diese Lücke sucht das IÖW in Zusammenarbeit mit dem Verband der Chemischen Industrie Baden-Württemberg (VCI) sowie den Unternehmen Degussa Rheinfelden und Ciba-Spezialitätenchemie zu schließen (vgl. Abb.).

SCHRITT FÜR SCHRITT ...

Ausgangspunkt der Methodenentwicklung sind die betrieblichen Emissionen und die Frage, ob diese zu Umweltbelastungen im lokalen, regionalen oder globalen Maßstab beitragen. So wurden einer Liste mit Umweltproblemen wie Treibhauseffekt, Sommersmog oder Gewässereutrophierung auf der Grundlage der Ökobilanzierung alle potenziell dazu beitragenden Stoffflüsse zugeordnet. Für die Ursachensuche im Unternehmen empfehlen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die betrieblichen Daten nach Bereichen oder Funktionen aufzuschlüsseln, damit die Umweltziele und Maßnahmen direkt am Entstehungsort ansetzen können.

Nachdem grundsätzlich geklärt wurde, zu welchen Umweltauswirkungen die Stoffflüsse des Unternehmens beitragen, wird im nächsten Schritt deren Relevanz in den Abstufungen hoch, mittel und gering bestimmt. Hierzu wird zunächst geprüft, ob diese Umweltauswirkungen im Umfeld des Unternehmens von Bedeutung sind, das heißt, ob Gewässer eutrophiert oder Böden versauert sind. Dies kann anhand von Abbildungen und Karten eingeschätzt werden, die von der LfU, der UMEG oder dem Umweltministerium inzwischen auch online bereitgestellt und regelmäßig aktualisiert werden.

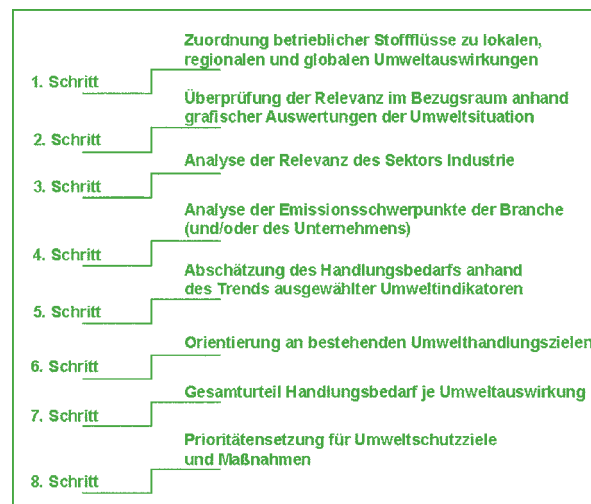
Die nächste Relevanzprüfung zielt auf die Verursacher der Umweltauswirkung. Bei diesem dritten Schritt wird anhand

des Emissionskatasters nachvollzogen, welchen Anteil Industrie und Gewerbe neben privaten Haushalten, der Landwirtschaft oder dem Verkehr an den zu Grunde liegenden Emissionen haben. Das Emissionskataster weist diese Daten für die relevantesten Stoffe in Tortendiagrammen aus und zwar differenziert nach Landkreisen.

Im Zuge des vierten Schritts der Methodenentwicklung wird ein Vergleich mit anderen Unternehmen der Branche oder am Standort angestellt. Damit kann ein Unternehmen einschätzen, ob es im Branchenschnitt eher zu den Vorreitern zählt, sich im Mittelfeld bewegt oder ein Nachzügler ist.

... ZUR ZIELFINDUNG

Nachdem man sich einen Überblick über bestehende Umweltauswirkungen, den Beitrag der Industrie und die relative Position des eigenen Unternehmens verschafft hat, wird nun die Entwicklung des von der LfU seit den siebziger Jahren ermittelten Umweltzustands den politisch gesetzten Umweltzielen gegenüber gestellt.



Wenn alle Schritte durchlaufen sind, kann man sich die Einzelbewertungen nochmals vor Augen führen und ein qualitatives Gesamturteil je Umweltauswirkung bilden. Dieses ergibt sich nicht zwangsläufig im Sinne eines rechnerischen Ergebnisses, sondern erfordert eine Positionierung des Unternehmens. Darin spiegelt sich die betriebliche Umwelt- und Nachhaltigkeitspolitik und das Selbstverständnis als Vorreiter, „Mittelfeld“ oder Nachzügler wieder. Eine Standardisierung dieses Schrittes ist daher weder möglich noch sinnvoll.

KONTAKT

Dipl.-Biol. Kathrin Ankele
Institut für ökologische
Wirtschaftsforschung
(IÖW) gGmbH
Potsdamer Straße 105,
10785 Berlin
Tel.: 030 884 59 4-0
Fax: 030 882 54 39
kathrin.ankele@ioew.de
www.ioew.de

PROJEKT

Projektitel:
Ökologische Zielfindung
im Rahmen des Umwelt-
managements: Prakti-
sche Erprobung der Me-
thode in Zusammenar-
beit mit einem Verband
und Einzelunternehmen
Projektlaufzeit:
1/2003 bis 3/2005

Die weiterentwickelte Methode zur ökologischen Zielfindung ist ausführlich in einem Leitfaden zusammengefasst, der beim IÖW und beim VCI bestellt werden kann. Das Anwendungsprogramm, das die Nutzer mit einer Reihe von Hintergrundinformationen durch die Methode führt, kann ebenfalls beim IÖW bestellt werden.

Eier als Spiegel der Umwelt

IN VOGELEIERN KÖNNEN ZAHLREICHE UMWELTGIFTE NACHGEWIESEN WERDEN.

Technische Entwicklungen und neue Materialien erleichtern das Leben. Aber sie bedingen auch die Freisetzung von Stoffen, die teilweise gefährliche Wirkungen für Menschen, Tiere und Ökosysteme mit sich bringen. Für einen vorsorgenden Umweltschutz sind eine kontinuierliche Beobachtung solcher Stoffe und die Setzung von Umweltstandards unabdingbar. Zu den Stoffgruppen, die einer besonderen Aufmerksamkeit und teilweise auch Steuerung (Standardsetzung) bedürfen, gehören Organohalogenverbindungen. Dies sind zum Beispiel polychlorierte Biphenyle (PCB), Dioxine (PCDD), Furane (PCDF) und polybromierte Diphenylether (PBDE). Auch einige Pestizide und ihre Abbauprodukte finden sich – obschon sie in Deutschland bereits seit Jahren nicht mehr ausgebracht werden – in der Umwelt. Hierzu gehören vor allem Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT) und dessen Abbauprodukt Dichlordiphenyldichlorethylen (DDE). Diese organischen Verbindungen reichern sich über die Nahrungskette an und können so die Schwelle für Schädigungen erreichen und überschreiten. Dazu gehören Beeinträchtigungen der Fortpflanzungsfähigkeit, Störungen des Hormonhaushaltes und der Immunabwehr, erhöhtes Krebsrisiko sowie die Schädigung des Nervensystems.

So kam es in den 1970er Jahren aufgrund von Schadstoffen zu einer starken Abnahme des Greifvogelbestands in Baden-Württemberg. Nach einem Tiefstand von nur noch 26 Brutpaaren des Wanderfalcons hat sich der Bestand mittlerweile wieder erholt – derzeit registrieren Vogelschützer 293 Brutpaare in Baden-Württemberg.

Da Vogeleier relativ fettreich sind, finden sich dort organische Verbindungen in besonderem Maße. Deshalb hat die LfU Ba-

den-Württemberg gemeinsam mit privaten Vogelschützern in langjährigen Untersuchungsreihen Vogeleier auf Schadstoffgehalte untersucht. Ergebnis: die Belastung der Umwelt mit organischen Schadstoffen nimmt ab. Doch sind teilweise immer noch hohe Konzentrationen nachweisbar. Zu den untersuchten Schadstoffen gehören DDT und PCB. In den 1970er und 1980er Jahren waren die Organochlorverbindungen weit verbreitet: So wurde DDT als Insektizid und die bis 1983 produzierten PCB in Transformatoren oder Hydraulikflüssigkeiten eingesetzt. Seit über 20 Jahren ist die Produktion und Anwendung dieser Substanzen in Deutschland verboten. Die Belastung von Wanderfalkeneiern ist damit um 80 Prozent gesunken.

RÜCKGANG EINERSEITS, ZUNAHME ANDERERSEITS

Mit diesem erfreulichen Rückgang geht allerdings eine Zunahme an PBDE in der Umwelt einher. Dies sind Flammschutzmittel, die in Kunststoffen und Textilien zu 5 bis 30 Prozent enthalten sind. Sie werden während der gesamten Lebensdauer der entsprechenden Produkte und darüber hinaus in die Umwelt freigesetzt. Zwischen 1972 und 1996 zeigten PBDE in Muttermilchproben aus Schweden einen steilen, vierzigfachen Anstieg auf 4 Nanogramm pro Gramm Fettgehalt. Diese Entwicklung diente als Anlass, Falkeneier des Jahres 2003 auch auf bromierte Flammschutzmittel zu untersuchen. In allen Eiern wurden diese Stoffe nachgewiesen; ihre Konzentration lag bei durchschnittlich 200 Nanogramm pro Gramm Trockensubstanz. Dieser Befund verdeutlicht die Notwendigkeit, die Umwelt zum einen kontinuierlich zu überwachen und zum anderen die Schwelle der toxischen Wirkung zu ermitteln, die für diese Substanzklasse nicht hinreichend bekannt ist.

KONTAKT

Dr. Karl Theo von der Trenck
Referat 23 (Biologische Umweltbeobachtung) der LfU Baden-Württemberg
Griesbachstr. 1-3
76185 Karlsruhe
Tel.: 0721/983-1317
Fax: 0721/983-1541
www.www.lfu.baden-wuerttemberg.de
theo.v.d.trenck@lfuka.lfu.bwl.de

PROJEKT

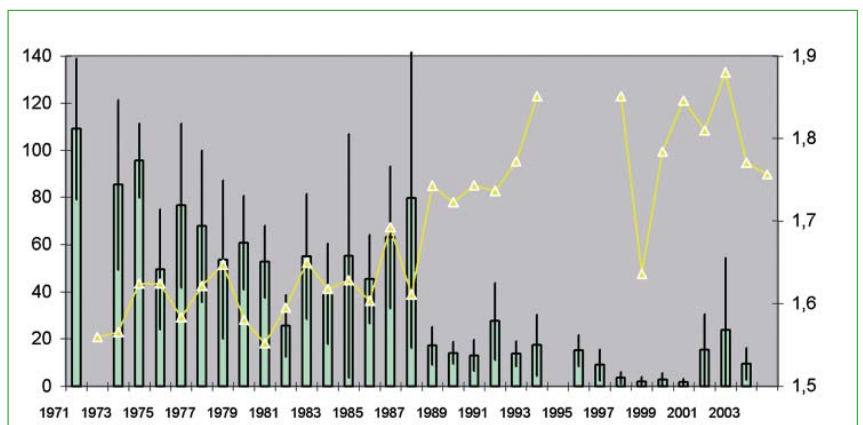
Projekttitel:
Schadstoffbelastung von Vogeleiern
Projektlaufzeit:
kontinuierlich

Der Wanderfalco ist im Rahmen des Projekts die am höchsten belastete Vogelart.

Grafik: DDE-Gehalt in Wanderfalkeneiern aus Baden-Württemberg ($\mu\text{g/g TS}$) mit Standardabweichung. Der Schalenindex (Δ rechte Skala) gibt ein Maß für die Dicke der Eischale.




Bild: B. Zoller



Muscheln als Umweltdetektive

MIT BIOINDIKATOREN DEN WIRKUNGEN VON PLATIN, PALLADIUM UND RHODIUM AUF DER SPUR.

 Bis zu einem Milligramm Platin aus Autoabgasen kann inzwischen pro Kilogramm Straßenstaub an stark befahrenen Großstadt-Straßen nachgewiesen werden. Auch die Belastung der Umwelt durch weitere Platingruppenelemente wie Palladium und Rhodium nimmt zu. Höchste Zeit, sich mit den Wirkungen dieser Edelmetalle auseinander zu setzen. Die Arbeitsgruppe für Ökologie und Parasitologie am Zoologischen Institut der Universität Karlsruhe hat mit Hilfe der Dreikantmuschel (*Dreissena polymorpha*) als Bioindikator versucht, Veränderungen zu verfolgen, die von den Platingruppenelementen ausgelöst werden.

Nachdem im Labor getestet worden war, wie stark die zu untersuchenden Elemente Zellen aus menschlichem Bron-

stark vermehrt hat, ist aus mehreren Gründen als Bioindikator gut geeignet: Die Tiere sind das ganze Jahr über verfügbar, sie sitzen nach dem Larvenstadium fest an einem Ort und sie haben eine hohe Schadstofftoleranz.

Die Muscheln wurden zehn Wochen lang in Aquarien mit zerriebenem Katalysatorpulver, Versickergrubensediment und Klärschlamm gehalten. Anschließend prüften die Wissenschaftler ob und wenn ja, in welchem Ausmaß die Platingruppenelemente die Produktion von Hitzeschockeiweißen und metallbindenden Eiweißen auslösen. Tatsächlich stießen die Elemente beide Reaktionen – in unterschiedlichem Umfang – an: In allen Fällen lagen die gemessenen Werte über denen der in klarem Wasser gehaltenen Kontrollgruppe. Obwohl Platin in den Muscheln besonders stark angereichert wurde, wurde durch Palladium die Bildung von Hitzeschockeiweiß wesentlich stärker ausgelöst. Beim vergleichsweise schwach angereicherten Rhodium entsprach die Reaktion der des Elements Platin. Die parallel ebenfalls geprüften Wirkungen von Blei und Cadmium, den beiden Hauptschadstoffen der Abgase der Vor-Katalysatorzeit, fielen dagegen deutlich geringer aus.

Platin, Palladium und Cadmium führten auch zur verstärkten Bildung von metallbindenden Eiweißen im Muschelweichgewebe. Dabei wirkte sich das Cadmium am stärksten aus, gefolgt von Palladium und Platin. Der Zusammenhang zwischen der Mehrproduktion der Eiweiße und der Metallkonzentration war eindeutig und verlief linear. Rhodium und Blei wirkten sich dabei nicht aus.

FREILANDUNTERSUCHUNGEN ERFORDERLICH

Damit kann die Bildung von Hitzeschockeiweißen und metallbindenden Eiweißen als klarer Hinweis für die Wirkung der Platingruppenelemente aus Autoabgasen gelten. Die Dreikantmuschel hat sich dabei als „Öko-Spürhund“ bewährt, doch sind die gemessenen Wirkungen voraussichtlich auch bei anderen Organismen ähnlich eindeutig nachzuweisen. Für eine zuverlässige Abschätzung des Risikopotenzials der Kfz-bürtigen Platingruppenelemente hält das Forschungsteam allerdings noch weitere toxikologische Untersuchungen für erforderlich. Zudem seien Freilandstudien zur Erfassung der aktuellen Kontamination nötig.



Bilder: B. Sures

Diese Dreikantmuscheln dienten als Bioindikator.

chialgewebe schaden und ab welcher Konzentration von Platin, Palladium und Rhodium die Hälfte der Zellen absterben, der sogenannte LC_{50} -Wert erreicht wird, kamen die Dreikantmuscheln ins Spiel. Diese Muschelart, die während des letzten Jahrhunderts in das deutsche Gewässersystem eingewandert ist und sich mittlerweile auch hierzulande sehr

KONTAKT

Dr. Bernd Sures
Zoologisches Institut 1,
AG Ökologie-Parasitologie,
Universität Karlsruhe
Tel.: 0721/608-2701
Fax: 0721/608-7655
www.rz.uni-karlsruhe.de
bernd.sures@bio.uka.de

PROJEKT

Projekttitel:
Untersuchungen zur
Toxizität der Platingruppenelemente Pt,
Pd und Rh
Projektlaufzeit:
10/2002 bis 9/2004

Feuerfeste Nahrungsmittel

FLAMMSCHUTZMITTEL UND IHRE ABBAUPRODUKTE SIND WELTWEIT IN DER UMWELT VERBREITET.

Was verbindet die Grönlandkrabbe mit Fleischbrühwürfeln und Hochlandtee? Im Laden gekauft, enthalten alle drei Nahrungsmittel Spuren von Flammschutzmitteln. So haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart und des Instituts für Toxikologie und Genetik in Karlsruhe festgestellt, dass polybromierte Diphenylether ähnlich wie Weichmacher oder polychlorierte Biphenyle (PCB) in nahezu jeder Art von Lebensmitteln nachweisbar sind. Was zugleich auch ihre grenzenlose Verbreitung in der Umwelt bedeutet.

Polybromierte Diphenylether und Tetrabrombisphenol A sind Flammschutzmittel, die in Kunststoffen, Gummi, Farben und anderen Materialien eingesetzt werden. Sie sind in der Natur schwer abbaubar und neigen darum – aber auch wegen ihrer guten Fettlöslichkeit – dazu, sich in Organismen anzureichern. Unter anderem wurden Vertreter der Chemikalien in Muttermilch gefunden. Aufschluss darüber zu bekommen, wie verbreitet Flammschutzmittel im Allgemei-

Doch nicht nur UV-Bestrahlung kann die Umwandlung der Flammschutzmittel auslösen: Auf der leichten Abspaltbarkeit der Bromatome beruht auch die flammhemmende Wirkung der bromierten Flammschutzmittel. Wenn es brennt, werden bei Temperaturen zwischen 250 und 500 Grad ebenfalls Brom-Atome ersetzt und es entstehen mobile Abbauprodukte. Sind auch nur Spuren von Chlor in der Brandumgebung, wird das Brom durch Chlor ersetzt. Es bilden sich dann chlorierte Substanzen, bzw. Verbindungen, die beide Halogene enthalten. Neben dieser thermischen Reaktion werden, wie das Forschungsteam zeigen konnte, polybromierte Diphenylether und Tetrabrombisphenol A auch chemisch und biologisch abgebaut. Hier spielen vor allem Schwefelverbindungen als „Brom-Austauscher“ eine wichtige Rolle.

Die besonders mobilen Abbauprodukte sind es dann, die über verschiedene „Transportwege“ in die unterschiedlichsten Nahrungsmittel auf der ganzen Welt gelangen. Zwar sind die Konzentrationen der Stoffe im Essen in den meisten Fällen bei weitem niedriger als die der verwandten PCB, doch werden auch Spitzenkonzentrationen an polybromierten Diphenylethern im ppm-Bereich gemessen. Mit großer Wahrscheinlichkeit seien diese Belastungen, so die Wissenschaftler, durch Sekundär- oder Querverunreinigung verursacht. Dafür können zum Beispiel Verpackungsmaterialien, die mit Flammschutz ausgestattet sind, verantwortlich sein.

AUSWIRKUNGEN AUF DEN MENSCHEN?

Über die Auswirkung der Flammschutzmittel auf die Gesundheit des Menschen gibt es noch wenige Untersuchungen und Daten. Akut giftig ist vermutlich erst eine hohe Dosis der Substanzen, allerdings ist damit zu rechnen, dass es bereits bei geringen Dosen, die dauerhaft wirken, zu Störungen der Gesundheit kommen kann. Zumindest Fische und Mäuse reagierten auf Tetrabrombisphenol A im Versuch empfindlich. Während sich die den Schadstoffen ausgesetzten Süßwasserfische nur noch schwer orientieren konnten, zeigten die Mäuse Verhaltensauffälligkeiten und hatten Schwierigkeiten zu lernen. Insgesamt erbrachten die toxikologischen Untersuchungen den Nachweis, dass polybromierte Flammschutzmittel die Zellteilung und die Lebensfähigkeit von Zellen beeinflussen.

KONTAKT

Prof. Dr. Jörg Metzger
Universität Stuttgart,
Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft
Tel.: 0711/685-3721
Fax: 0711/685-3729
www.iswa.uni-stuttgart.de/ch/forschung
joerg.metzger@iswa.uni-stuttgart.de

PROJEKT

Projekttitel:
Polybromierte Diphenylether und Tetrabrombisphenol A: Untersuchungen zum Abbau und Metabolismus in Nahrungsmitteln

Projektlaufzeit:
5/2002 bis 8/2004



Polybromierte Diphenylether sind mit geeigneten Messinstrumenten in fast allen Lebensmitteln nachweisbar.

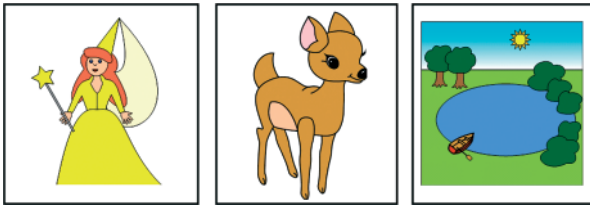
nen und in Nahrungsmitteln im Besonderen tatsächlich sind, wie sie abgebaut werden und welche Abbauprodukte dabei entstehen, war Inhalt dieses Forschungsprojekts, das zudem einen Beitrag zur Risikobeurteilung liefern sollte.

Es zeigte sich, dass die Substanzen durch Bestrahlung mit UV-Licht leicht abbaubar sind. Dabei konnte als wichtigster Abbauweg der allmähliche Ersatz des Broms durch Wasserstoff ausgemacht werden. Dabei entstehen Verbindungen, die weniger bromhaltig, aber tendenziell mobiler als die Ausgangsverbindungen sind und sich zudem leichter in Organismen anreichern.

Viel Lärm um nichts?

LÄRM IN DER SCHULISCHEN UMWELT UND KOGNITIVE LEISTUNGEN BEI GRUNDSCHULKINDERN.

☞ Viel Lärm um nichts? – das galt vielleicht zu Shakespeares Zeiten. Heute ist Lärm ein zentrales Thema der Umweltdiskussion. Allein in Baden-Württemberg fühlen sich 57 Prozent aller Bewohner durch Lärm im Wohnumfeld gestört oder belästigt. Zahlreiche Internet-Seiten informieren über Lärm, Lärmquellen, Lärmvermeidung und gesundheitliche Folgen durch Lärm. Die Landesstiftung Baden-Württemberg finanziert deshalb ein Verbundprojekt zum Thema „Lärm in Schulen“.



Beispiel für eine Aufgabe zum Hörverstehen: Unterscheiden ähnlicher Wörter. Die Kinder sehen jeweils drei Bilder von Objekten, deren verbale Bezeichnungen sich klanglich ähneln (hier: Fee-Reh-See). Eines der Wörter wird dazu akustisch präsentiert. Die Kinder markieren das dem Wort entsprechende Bild auf ihren Antwortbögen.

In der ersten Phase spürte das Team des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik Lärmquellen in Grundschulen auf: Probleme bereiten vor allem die Unterkanten der Türen zu Unterrichtsräumen. Beim Öffnen von Fenstern stört Umge-

bungslärm den Unterricht teilweise beträchtlich. Die Beschaffenheit der Klassenräume selbst beeinflusst die Nachhallzeit, also die Zeitspanne, bis der Geräuschpegel um 60 dB geringer geworden ist. Eine lange Nachhallzeit und Störgeräusche bewirken, dass Schüler gesprochene Sätze des Lehrers nicht vollständig verstehen. Die Fähigkeit, lückenhaft aufgenommene Sätze selbst zu ergänzen, ist bei Kindern jedoch noch nicht ausgeprägt vorhanden. Sätze werden nicht oder falsch verstanden. Pisa lässt grüßen?

Die optimale akustische Raumgestaltung ist somit ein Schlüssel für erfolgreiches Lernen. Deshalb untersuchen und vergleichen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Universitäten Eichstätt, Berlin und Oldenburg in ausgewählten Grundschulen die Lernfähigkeit von Kindern in unterschiedlichen Lärmumfeldern. Mit diesem innovativen Ansatz kann der Zusammenhang zwischen Lärmquellen und schulischen Leistungen von Kindern direkt vor Ort untersucht werden. In der letzten Phase des Projekts wird eine Informations- und Entscheidungsgrundlage zum Thema „Lärmschutz“ für die Bildungspolitik und Behörden erarbeitet. Ergebnisse werden im Umweltforschung-Journal 2006 veröffentlicht.



Bilder: M. Klatte, KU Eichstätt

Datenerhebung in einer Grundschulklasse. Die für die Untersuchung angebrachten Absorbermaterialien (links im Bild sichtbar) reduzieren den Nachhall im Klassenraum. Untersucht wird der Einfluss solcher Maßnahmen auf die Hörverstehensleistungen der Kinder.

KONTAKT

Prof. Dr. Jürgen Hellbrück (Ltg.), Prof. Dr. Arthur Jacobs, Prof. Dr. Ruth Schumann-Hengsteler, Dr. Maria Klatte, Dipl.-Psych. Marlis Wegner
Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt
Ostenstraße 26-28
85072 Eichstätt
Tel.: 08421/93-1410
Fax: 08421/93-1074
www.ku-eichstaett.de
juergen.hellbrueck@ku-eichstaett.de
maria.klatte@uni-oldenburg.de

Dr. Philip Leistner (Ltg.), Lutz Weber, Dipl.-Phys. Jochen Seidel
Fraunhofer Institut für Bauphysik, Abt. Akustik
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
Tel.: 0711/970-3346
Fax: 0711/970-3406
www.ibp.fraunhofer.de/ba
phi@IBP.FhG.de
wb@IBP.FhG.de
seidel@ibp.fraunhofer.de

PROJEKT

Projekttitel:
Lärm in der schulischen Umwelt und kognitive Leistungen bei Grundschulkindern – Teilprojekt A: Umwelt- und Bauakustische Untersuchungen; Teilprojekt B: Kognitionspsychologische Untersuchungen
Projektlaufzeit:
A: 10/2003 bis 9/2005
B: 3/2004 bis 5/2006

FÖRD.-KZ	PROJEKTLLEITER/INSTITUTION	THEMA	FÖRDERDAUER
FÖRDERBEREICH I – INNOVATION			
BWI 23001	Spicher, Ulrich, Prof. Dr.-Ing. Universität Karlsruhe, Institut für Kolbenmaschinen, Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe	Untersuchungen zur Entwicklung einer rußfreien Verbrennung bei Dieselmotoren mit Direkteinspritzung	01.01.2004 – 31.12.2005
BWI 23002	Kureti, Sven, Dr. Universität Karlsruhe, Institut für Chemische Technik, Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe	Entwicklung von Katalysatoren zur effizienten NO _x -Minderung bei tiefen Temperaturen im Abgas von Pkw-Dieselmotoren	01.01.2004 – 30.06.2006
BWI 23003	Heubach, Daniel, Dipl.-Ing. Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation Nobelstr. 12c, 70569 Stuttgart	intebis – Integration von Umweltinformationen in betriebliche Informationssysteme	01.01.2004 – 31.12.2005
BWI 24003	Krumm, Raimund, Dr. Institut für Angewandte Wirtschaftsforschung (IAW), Ob dem Himmelreich 1, 72074 Tübingen	Beschäftigungseffekte des Umweltschutzes in Baden-Württemberg	01.04.2005 – 31.12.2005
FÖRDERBEREICH K – KLIMA			
BWK 23003	Kandeler, Ellen, Prof. Dr. Universität Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortslehre Emil-Wolff-Str. 27, 70599 Stuttgart	Böden von Baden-Württemberg als Senke für klimarelevante Gase	01.01.2004 – 31.03.2007
BWK 24001	Stahr, Karl, Prof. Dr. Universität Hohenheim Schloss 1, 70599 Stuttgart	Bewertung von Strategien zur Vermeidung von CO ₂ -Emissionen aus der landwirtschaftlichen Nutzung in Baden-Württemberg	01.08.2004 – 31.12.2006
BWK 24006	Wicke, Lutz, Prof. Dr. Institut für Umweltmanagement (IfUM) an der ESCP-EAP, Europäische Wirtschaftshochschule Berlin, 14059 Berlin	GCCS – Globales Klimazertifikatsystem	01.03.2005 – 30.11.2006
BWK 24007	Duscha, Markus, Dipl.-Ing. Ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg Wilckensstr. 3, 69120 Heidelberg	Effiziente Beratungsbausteine zur Minderung des Stromverbrauchs in privaten Haushalten	01.04.2005 – 30.06.2007
BWK 24011	Langniß, Ole, Dr. Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung, Industriestr. 6, 70565 Stuttgart	Fortentwicklung des Instrumentariums zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien	01.04.2005 – 31.03.2007
FÖRDERBEREICH R – RESSOURCENSCHUTZ			
BWR 23001	Suchant, Rudi, Dr. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abt. Landespflege Wonnhalde 4, 79100 Freiburg	Landschaftsökologische Analyse von Wild-Unfällen in Baden-Württemberg	01.01.2004 – 30.09.2006
BWR 23007	Ihringer, Jürgen, Dr.-Ing. Universität Karlsruhe, Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik Postfach 6980, 76128 Karlsruhe	Entwicklung eines Verfahrens zur Hochwasserfrühwarnung in kleinen und mittleren Einzugsgebieten auf Grundlage von verteilten Online-Bodenfeuchtemessungen	01.01.2004 – 31.12.2005
BWR 23008	Hötzl, Heinz, Prof. Dr. Universität Karlsruhe, Geologisches Institut Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe	Entwicklung einer optimierten Tracertechnik unter Verwendung von fluoreszierenden Mikrokügelchen zur Bewertung der hygienischen Grundwassergefährdung	01.03.2004 – 28.02.2007
BWR 24003	Schneider, Wilfried Technische Universität Hamburg-Harburg Wasserversorgung und Wasserwirtschaft Schwarzenbergstr. 95, 21073 Hamburg	Entwicklung und Erprobung eines in der Verwaltungspraxis tauglichen Verfahrens für verlässliche Sickerwasserprognosen in Baden-Württemberg	01.07.2004 – 30.06.2005
BWR 24005	Westrich, Bernd, Prof. Dr. Universität Stuttgart, Institut für Wasserbau Pfaffenwaldring 61, 70511 Stuttgart	Kriterien für Gestaltung, Betrieb sowie Unterhaltung von Stau- und Retentionsanlagen zur Gewährleistung der ökologischen Durchgängigkeit	01.08.2004 – 31.07.2006
BWR 24011	Russel, David Staatl. Museum für Naturkunde Görlitz, Abt. Bodenzoologie Am Museum 1, 02826 Görlitz	Bodenbiologisches Monitoring: Verifizierung des Probenahmeschemas für Monitoringprogramme und Etablierung von Erwartungswerten für die Bodenbiodiversität in Auwaldhabitaten	01.08.2004 – 31.07.2006

FÖRD.-KZ	PROJEKTLEITER/INSTITUTION	THEMA	FÖRDERDAUER
FÖRDERBEREICH R – RESSOURCENSCHUTZ			
BWR 24012	Bárdossy, András, Prof. Dr. Universität Stuttgart, Institut für Wasserbau Pfaffenwaldring 61, 70511 Stuttgart	Erzeugung simultan-synthetischer Niederschlagsreihen hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung für Baden-Württemberg	01.07.2004 – 30.06.2007
BWR 24013	Strack, Siegfried, Dr. Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Toxikologie und Genetik Postfach 3640, 76021 Karlsruhe	Molekular-toxikologische Untersuchungen (poly)bromierter Flammenschutzmittel	01.08.2004 – 31.07.2007
BWR 24015	Konold, Werner, Prof. Dr. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Institut für Landespflege Tennenbacher Str. 4, 79106 Freiburg	Waldzunahme vs. Offenhaltung der Landschaft in Baden-Württemberg – Raum-Zeit-Prozesse, landschaftsökologische Auswirkungen, politische Lösungsansätze	01.04.2005 – 31.03.2008
BWR 24017	Fuchs, Stephan, Dr.-Ing. Universität Karlsruhe, Institut für Siedlungswasserwirtschaft Adenauerring 20b, 76128 Karlsruhe	Ableitung naturraumtypischer Anreicherungsfaktoren zur Bestimmung des Phosphor- und Schwermetalleintrages in Oberflächengewässer durch Erosion	01.04.2005 – 31.03.2007
BWR 24018	Zibold, Gregor, Dr. Fachhochschule Ravensburg-Weingarten, IAF Radioökologie Doggenriedstr., 88250 Weingarten	Migration und Bioverfügbarkeit von Radiocäsium in Böden Süddeutschlands	01.04.2005 – 31.03.2006
BWR 24020	Bernhart, Hans-Helmut, Prof. Dr.-Ing. Universität Karlsruhe, Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik (IWK) Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe	Die Schwingklappe – Ökohydraulisches Durchlassbauwerk für regulierte Hochwasserrückhalteräume – Planung, Bauweise, Betrieb	01.05.2005 – 31.10.2007
FÖRDERBEREICH T – UMWELTECHNIK			
BWT 24004	Maier, Jörg, Dipl.-Ing. Universität Stuttgart, Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen Pfaffenwaldring 23, 70569 Stuttgart	Systematische Untersuchungen zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlammaschen unter besonderer Berücksichtigung von Feuerungsparametern	01.10.2004 – 30.09.2006
BWT 24007	Brombach, Hansjörg, Prof. Dr.-Ing. habil. UFT Umwelt- und Fluid-Technik Dr. Brombach GmbH Steinstr. 7, 97980 Bad Mergentheim	Technische Filtration von Oberflächenabflüssen aus Siedlungsgebieten	01.04.2005 – 31.12.2006
BWT 24008	Urban, Manfred, Prof. Dr. Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Hauptabt. Sicherheit Bau 43, Postfach 3640, 76021 Karlsruhe	Entwicklung biokinetischer Modelle zur Beschreibung der Wirkung von DTPA im Hinblick auf die Diagnostik und Therapie bei Inkorporationen von Plutonium und anderen Transuranen	01.01.2005 – 31.12.2007
FÖRDERBEREICH W – UMWELT UND WOHNEN			
BWW 23006	Maier, Dietrich, Prof. Dr. habil.	Funnel-and-Irradiate Technology (FIT) zur in-situ-Aufbereitung belasteter Grundwässer	01.02.2004 – 31.01.2007
BWW 24003	Mehra, Schew-Ram, Prof. Dr.-Ing. Universität Stuttgart, Lehrstuhl für Bauphysik Keplerstr. 7, 70174 Stuttgart	Neuartige Maßnahmen zur Minderung von Baulärm – Systeme, Methoden, Wirkungen	01.05.2005 – 31.08.2006
BWW 24004	Schöfl, Günther, Prof. Dipl.-Ing. Forschungsgruppe Stadt + Umwelt Postfach, 71638 Ludwigsburg	Pilotstudie zur nachhaltigen Entwicklung von Nachkriegssiedlungen (1945-65) unter besonderer Berücksichtigung von Flächenökonomie und kommunalem Flächenmanagement	01.08.2004 – 31.07.2005
BWW 24009	Buchardi, Frank, Dipl.-Geol. EnviroSustain ES GmbH Dettinger Str. 48, 73230 Kirchheim unter Teck	Untersuchung von volkswirtschaftlichen Folgewirkungen nach Durchführung einer Brachflächenrevitalisierung im Stadtbereich	Noch nicht endgültig bewilligt
FÖRDERBEREICH Z – ZUKUNFTSOFFENSIVE BADEN-WÜRTTEMBERG			
ZO3K 23007	Wulfmeyer, Volker, Prof. Dr. Universität Hohenheim, Institut für Physik und Meteorologie Gartenstr. 30, 70599 Stuttgart	Aerosole aus Nutztierhaltung, Teil B	01.03.2004 – 31.08.2005

PERSONEN- UND INSTITUTIONEN-REGISTER ZU DEN PRÄSENTIERTEN PROJEKTEN

- Leitung: Dipl.-Biologin **Kathrin Ankele**
 Projekt: Ökologische Zielfindung im Rahmen des Umweltmanagements: Praktische Erprobung der Methode in Zusammenarbeit mit einem Verband und Einzelunternehmen.
 Laufzeit: 01/2003 bis 03/2005
 Institution: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) gGmbH
 Adresse: Potsdamer Straße 105, 10785 Berlin
 Telefon: 030/884594-0
 Telefax: 030/8825439
 E-Mail: kathrin.ankele@ioew.de
- Leitung: Prof. Dr.-Ing. H. H. **Bernhart**
 Projekt: Hydraulik naturnaher Fließgewässer: Empfehlungen zur naturnahen Entwicklung ausgebauter Fließgewässer in Ortslagen unter Berücksichtigung des Hochwasserschutzes.
 Laufzeit: 09/2002 bis 02/2005
 Institution: Uni Karlsruhe (TH), Institut für Wasser und Gewässerentwicklung
 Adresse: Kaiserstraße 12, 76128 Karlsruhe
 Telefon: 0721/608-3164
 Telefax: 0721/606046
 Internet: www.uni-karlsruhe.de
 E-Mail: Bernhart@iwk.uka.de
- Leitung: Prof. Paul J. A. **Borm**
 Titel: Pulmonary inflammation and systemic effects due to ambient particulates.
 Laufzeit: 01/2002 bis 12/2004
 Institution: IUF gGmbH an der Uni Düsseldorf
 Adresse: Auf'm Hennekamp 50, 40225 Düsseldorf
 Telefon: 0211/3389-352
 Telefax: 0211/3389-331
 E-Mail: p.borm@hszuyd.nl
- Leitung: Prof. Dr. Rainer **Friedrich**
 Kontakt: Dr. Jochen Theloke
 Titel: Minderung von NMVOC-Emissionen aus der Lösemittelanwendung in Baden-Württemberg.
 Laufzeit: 10/2001 bis 09/2003
 Institution: Uni Stuttgart, Inst. für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER)
 Adresse: Hessbrühlstr. 49A, 70565 Stuttgart
 Telefon: 0711/780610
 Telefax: 0711/7803953
 Internet: www.ier.uni-stuttgart.de
 E-Mail: jt@ier.uni-stuttgart.de
- Leitung: Dr.-Ing. Stephan **Fuchs** und Prof. Dr.-Ing. E. H. Hermann H. **Hahn**, Ph. D.
 Projekt: Stoffromanalysen für kleine und mittlere Flussgebiete für die Planung und Umsetzung von Gewässerschutzmaßnahmen.
 Laufzeit: 10/2001 bis 11/2003
 Institution: Institut für Wasser und Gewässerentwicklung, Fachbereich Siedlungswasserwirtschaft, Universität Karlsruhe (TH)
 Adresse: Adenaüerring 20 b, 76128 Karlsruhe
 Telefon: 0721/608-6199
 Telefax: 0721/607151
 Internet: http://iswww.bau-verm.uni-karlsruhe.de
 E-Mail: fuchs@iswww.uka.de
- Leitung: Prof. Dr. Peter **Grathwohl**, Dr. Torsten **Schmidt**
 Projekt: Herkunft und Bilanzierung des Eintrags des Benzinzusatzes Methyl-tertiär-butyl-ether (MTBE) und seiner Abbauprodukte in Grundwasser mittels multikompartimenteller Modellierung.
 Laufzeit: 01/2003 bis 12/2004
 Institution: Universität Tübingen, Zentrum für angewandte Geowissenschaften
 Adresse: Sigwartstr. 10, 72076 Tübingen
 Telefon: 07071/29-75429
 Telefax: 07071/29-295059
 Internet: http://uni-tuebingen.de
 E-Mail: peter.grathwohl@uni-tuebingen.de
- Leitung: Prof. Dr. Jürgen **Hellbrück**, Prof. Dr. Arthur Jacobs, Prof. Dr. Ruth Schumann-Hengsteler
 Projekt: Lärm in der schulischen Umwelt und kognitive Leistungen bei Grundschulkindern – Teilprojekt B: Kognitionspsychologische Untersuchungen.
 Laufzeit: 03/2004 bis 05/2006
 Institution: Katholische Uni Eichstätt-Ingolstadt
 Adresse: Ostenstraße 26-28, 85072 Eichstätt
 Telefon: 08421/93-1410
 Telefax: 08421/93-1074
 Internet: www.ku-eichstaett.de oder: www.ku-eichstaett.de/Fakultaeten/PPF/fachgebiete/Psychologie/lehrestuehle/psycho6/Forschung/schule.de
 E-Mail: juergen.hellbrueck@ku-eichstaett.de marlis.wegner@ku-eichstaett.de
- Leitung: Prof. Dr. Ernst E. **Hildebrand**
 Projekt: Die Erschließung von Bodensteinen durch näherelementadsorbierende Gewebe – Bedeutung für Status und nachhaltige Entwicklung der Ernährungsbedingungen in Waldböden.
 Laufzeit: 07/2002 bis 07/2005
 Institution: Universität Freiburg, Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre
 Adresse: Bertoldstr. 17, 79098 Freiburg
 Telefon: 0761/203-3625
 Telefax: 0761/203-3618
 Internet: www.uni-freiburg.de
 E-Mail: hildern@uni-freiburg.de
- Leitung: Prof. Dr. Heinz **Hötzl**
 Kontakt: Dipl.-Geologin Tanja Liesch
 Projekt: Ermittlung der Grundwassergefährdung mit Hilfe künstlicher neuronaler Netze zur nachhaltigen Wasserbewirtschaftung.
 Laufzeit: 08/2003 bis 06/2006
 Institution: Universität Karlsruhe, Lehrstuhl für Angewandte Geologie
 Adresse: Kaiserstr. 12, 76128 Karlsruhe
 Telefon: 0721/608-4846
 Telefax: 0721/606-279
 Internet: www.agk.uni-karlsruhe.de/
 E-Mail: liesch@agk.uni-karlsruhe.de
- Leitung: Prof. Dr. Gerd **Jendritzky**
 Projekt: Aufarbeitung der Gesundheitsaspekte der Hitzewelle(n) 2003 in Bad.-Württ. anhand von Mortalitätsdaten durch Anbindung an die Langzeitstudie des DWD.
 Laufzeit: 03/2004 bis 11/2004
 Institution: Deutscher Wetterdienst, Abteilung Medizin-Meteorologie
 Adresse: Stefan-Meier-Str. 4, 79104 Freiburg
 Telefon: 0761/28202-54
 Telefax: 0761/28202-77
 Internet: www.dwd.de
 E-Mail: gerd.jendritzky@dwd.de
- Leitung: Prof. Dr. Ellen **Kandeler**
 Projekt: Böden von Baden-Württemberg als Senke für klimarelevante Gase.
 Laufzeit: 01/2004 bis 03/2007
 Institution: Universität Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortlehre
 Adresse: Emil-Wolff-Str. 27, 70599 Stuttgart
 Telefon: 0711/459-4220
 Telefax: 0711/459-3117
 Internet: www.uni-hohenheim.de
 E-Mail: kandeler@uni-hohenheim.de
- Leitung: Prof. Dr. Werner **Kloas**
 Projekt: Identifizierung und Quantifizierung endokriner wirksamer Substanzen (endocrine disruptors) sowie deren Risikobewertung für die Reproduktionsbiologie – Amphibien als Indikator für Ökosysteme.
 Laufzeit: 01/2001 bis 12/2003
 Institution: Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Abt. Binnenfischerei
- Adresse: Müggelseedamm 310, 12587 Berlin
 Telefon: 030/64181-630
 Telefax: 030/64181-799
 Internet: http://unio.igb-berlin.de/abt5/mitarbeiter/werner.kloas/werner.kloas@igb-berlin.de
- Leitung: Prof. Dr. Werner **Konold**
 Kontakt: Dr. Peter Wattendorf
 Projekt: Wasserhaushalt und Bodenentwicklung qualifizierter Rekultivierungsschichten.
 Laufzeit: 05/2002 bis 04/2004
 Institution: Institut für Landespflege
 Adresse: Tennenbacher Str. 4, 79108 Freiburg
 Telefon: 0761/2033-630
 Telefax: 0761/2033-638
 Internet: www.landespflege-freiburg.de peter.wattendorf@landespflege.uni-freiburg.de
- Leitung: Prof. Dr. Christoph **Kottmeier**, Dr. Michael **Kunz**
 Projekt: Studie zur Häufigkeit und Intensität meteorologischer Ereignisse mit großem Schadenspotenzial in Bad.-Württ.
 Laufzeit: 07/2004 bis 06/2005
 Institution: Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Universität Karlsruhe (TH)
 Adresse: Wolfgang-Gaede-Str.1, 76131 Karlsruhe
 Telefon: 0721/608-8711
 Telefax: 0721/608-6102
 Internet: www.imk.uni-karlsruhe.de/
 E-Mail: christoph.kottmeier@imk.uka.de michael.kunz@imk.fzk.de
- Leitung: Dr. Reiner **Kümmerlin**
 Projekt: KLIB – Klimaauswirkungen auf den Bodensee.
 Laufzeit: 01/2004 bis 06/2006
 Institution: Landesanstalt für Umweltschutz (LfU), Institut für Seenforschung
 Adresse: Argenweg 50/1, 88085 Langenargen
 Telefon: 07543/304-168
 Telefax: 07543/304-299
 Internet: www2.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt4/isf
 E-Mail: reiner.kuemmerlin@lfu.lfu.bwl.de
- Leitung: Prof. Dr. Christian **Leibundgut**
 Projekt: Weiterentwicklung des Bewertungsverfahrens „Hydrologische Güte“ als Expertensystem zum operationellen Einsatz im Flussgebietsmanagement.
 Laufzeit: 06/2002 bis 11/2004
 Institution: Institut für Hydrologie, Uni Freiburg
 Adresse: Fahnenbergplatz, 79098 Freiburg
 Telefon: 0761/203-3530
 Telefax: 0761/203-3594
 Internet: www.hydrology.uni-freiburg.de
 E-Mail: hydrology@hydrology.uni-freiburg.de
- Leitung: Dr.-Ing. Philip **Leistner**
 Projekt: Lärm in der schulischen Umwelt und kognitive Leistungen bei Grundschulkindern – Teil A Umwelt und bauakustische Untersuchungen.
 Laufzeit: 10/2003 bis 09/2005
 Institution: Fraunhofer Institut für Bauphysik
 Adresse: Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart
 Telefon: 0711/970-3346
 Telefax: 0711/970-3406
 Internet: www.ibp.fhg.de/ba/
 E-Mail: philip.leistner@ibp.fhg.de
- Leitung: Prof. Dr. Jörg **Metzger**
 Projekt: Polybromierte Diphenylether und Tetrabrombisphenol A: Untersuchungen zum Abbau und Metabolismus in Nahrungsmitteln.
 Laufzeit: 05/2002 bis 08/2004
 Institution: Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA)

- Adresse: Bandtäle 2, 70569 Stuttgart (Büsnau)
Telefon: 0711/685-3721
Telefax: 0711/685-3729
Internet: www.iswa.uni-stuttgart.de/ch/forschung/
E-Mail: joerg.metzger@iswa.uni-stuttgart.de
- Leitung: Dipl.-Ing. Dieter **Ondratschek**
Kontakt: Dipl.-Ing. (FH) Markus Cudazzo und Dipl.-Ing. Ulrich Strohbeck
Titel: Hocheffiziente Verfahren zur Pulverbeschichtung von Holzwerkstoffen.
Laufzeit: 10/2002 bis 09/2004
Institution: Institut für industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb IFF
Internet: www.ipa.fhg.de; www.ipa.fhg.de/Arbeitsgebiete/BereichE/650
E-Mail: mc@ipa.fhg.de
- Leitung: Dr. Hanns-R. **Paur** und Dipl.-Ing. Sonja **Mühlhopt**
Projekt: Expositionsverfahren für ein lungenspezifisches Bioassay zur Bewertung industrieller Feinstpartikel-Emissionen.
Laufzeit: 04/2002 bis 03/2004
Institution: Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Technische Chemie
Adresse: Postfach 3640, 76021 Karlsruhe
Telefon: 07247/82-3029
Telefax: 07247/82-4332
Internet: www.fzk.de/
E-Mail: paur@itc-tab.fzk.de
- Leitung: Prof. Dr. Eberhard **Parlow**, Dr. Ute **Fehrenbach**
Projekt: Regionale Klimaanalyse der Region Südl. Oberrhein (REKLISO).
Laufzeit: 10/2003 bis 12/2004
Institution: Uni Basel, Institut für Meteorologie, Fachgebiet Klimatologie und Fernerkundung
Klingenbergstr. 27, CH-4056 Basel
Adresse: 0041/61/2670-700
Telefon: 0041/61/2670-689
Internet: http://pages.unibas.ch/geo/mcr/Crew/EPa/index.dt.htm
E-Mail: Eberhard.Parlow@unibas.ch
- Leitung: Dr. Markus **Peintinger**
Projekt: Auswirkung veränderter Klimafaktoren auf Verbreitung, Zug- und Brutverhalten von Vögeln in Südwestdeutschland.
Laufzeit: 02/2004 bis 11/2004
Institution: Freiberuflicher Biologe
Adresse: Schubertstr. 19, 78315 Radolfzell
Internet: www.bodensee-ufer.de/Inhalt/Team/M_Peintinger/m_peintinger.html
E-Mail: peinti@t-online.de
- Leitung: Prof. Dr. Herbert **Riechelmann**
Projekt: Zytokinexpressionsmuster und Genexpressionsanalyse der humanen Nasenschleimhaut nach Exposition mit Innenraumstäuben.
Laufzeit: 10/2002 bis 09/2004
Institution: Universitäts-HNO-Klinik Ulm, Landesamt für Gesundheit und Arbeitssicherheit Schleswig-Holstein, Uni Oldenburg, Fachbereich Chemie
Adresse: Frauensteige 12, 89070 Ulm
Internet: www.klinik.uni-ulm.de
E-Mail: herbert.riechelmann@medizin.uni-ulm.de
- Leitung: Dipl.-Biologe Arno **Schanowski**
Projekt: Biomonitoring anhand ausgewählter Insektengruppen.
Laufzeit: 05/2004 bis 11/2005
Institution: Freier Biologe
Adresse: Lilienstr. 6, 77880 Sasbach
Telefon: 07841/24773
E-Mail: arno.schanowski@t-online.de
- Leitung: Dr.-Ing. Andreas **Scheibe**
Projekt: Qualitätsgerechte und effektive Maßnahmen zur Luftreinhaltung in handwerklichen und industriellen Lackierereien.
Laufzeit: 01/2002 bis 06/2003
Institution: Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb Universität Stuttgart (IFF)
- Adresse: Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon: 0711/979-1729
Telefax: 0711/979-1220
Internet: www.iff.uni-stuttgart.de; www.ipa.fhg.de/Arbeitsgebiete/BereichE/650/
E-Mail: aas@iff.uni-stuttgart.de, aas@ipa.fhg.de
- Leitung: Prof. Mario **Schmidt**
Projekt: Stoffstrombezogene Leistungsverrechnung für ein nachhaltiges Unternehmenscontrolling.
Laufzeit: 01/2003 bis 12/2004
Institution: Institut für Angewandte Forschung, Hochschule Pforzheim
Adresse: Tiefenbronner Str. 65, 75175 Pforzheim
Telefon: 07231/28-6135
Telefax: 07231/28-6130
Internet: www.fh-pforzheim.de/iaf/
E-Mail: iaf@fh-pforzheim.de
- Leitung: Prof. Dr.-Ing. Wilfried **Schneider**
Projekt: Entwicklung und Erprobung eines in der Verwaltungspraxis tauglichen Verfahrens für verlässliche Sickerwasserprognosen in Baden-Württemberg.
Laufzeit: 07/2004 bis 10/2005
Institution: Technische Universität Hamburg-Harburg, Wasserversorgung und Wasserwirtschaft (AB 1-09)
Adresse: Schwarzenbergstr. 95, 21073 Hamburg
Telefon: 040/42878-3094
Telefax: 040/42878-2999
Internet: http://tu-harburg.de
E-Mail: w.schneider@tu-harburg.de
- Leitung: Dr. Heinz Gerd **Schröder**
Kontakt: Dr. Martin Wessels, LfU (ISF); Dr. Heinz Gerd Schröder, Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB).
Projekt: Bodensee-Untersuchung-Seeboden (BUS)
Laufzeit: 07/2003 bis 06/2006
Institution: Landesanstalt für Umweltschutz, Institut für Seenforschung
Adresse: Argenweg 50/1, 88085 Langenargen
Telefon: 07543/304-171
Telefax: 07543/304-299
Internet: www.w2.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt4/isf
E-Mail: martin.wessels@lfu.lfu.bwl.de
- Leitung: Prof. Dr.-Ing. Ulrich **Spicher**
Projekt: Experimentelle Untersuchung zyklischer Schwankungen der Verbrennung im Hinblick auf die Reduzierung der Motor-Rohemissionen bei Ottomotoren mit Benzin-Direkteinspritzung.
Laufzeit: 05/2002 bis 04/2004
Institution: Institut für Kolbenmaschinen, Universität Karlsruhe (TH)
Adresse: Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe
Telefon: 0721/608-2430
Telefax: 0721/608-8519
Internet: www-ifkm.mach.uni-karlsruhe.de
E-Mail: ulrich.spicher@ifkm.uni-karlsruhe.de
- Leitung: Prof. Dr. Karl **Stahr**
Projekt: Bewertung von Strategien zur Vermeidung von CO₂-Emissionen aus der landwirtschaftlichen Nutzung in Baden-Württemberg.
Laufzeit: 08/2004 bis 08/2006
Institution: Universität Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortslehre
Adresse: Emil-Wolff-Str. 27, 70599 Stuttgart
Telefon: 0711/459-3981
Telefax: 0711/459-3117
Internet: www.uni-hohenheim.de
E-Mail: kstahr@uni-hohenheim.de
- Leitung: Dr. Manfred **Stock**
Projekt: Verbundvorhaben Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung (KLARA) – Analyse spezifischer Verwundbarkeiten und Handlungsoptionen.
Laufzeit: 01/2003 bis 02/2005
- Institution: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e. V. (PIK)
Adresse: Postfach 60 12 03, 14412 Potsdam
Telefon: 0331/288-2500 oder -2506
Telefax: 0331/288-2600 oder -2510
Internet: www.pik-potsdam.de
E-Mail: stock@pik-potsdam.de
- Leitung: Dr. Bernd **Sures**
Projekt: Untersuchungen zur Toxizität der Platingruppenelemente Pt, Pd und Rh.
Laufzeit: 10/2002 bis 09/2004
Institution: Zoologisches Institut 1, AG Ökologie-Parasitologie
Adresse: Kornblumenstr. 13, 76128 Karlsruhe
Telefon: 0721/608-2701
Telefax: 0721/608-7655
E-Mail: Bernd.Sures@bio.uka.de
Internet: www.rz.uni-karlsruhe.de/~Bernd.Sures
- Leitung: Prof. Dr. Walter **Trösch**
Projekt: Begleitforschung zur zweistufigen Klärschlammvergärung mit Mikrofiltration und Ammoniumgewinnung.
Laufzeit: 08/2003 bis 07/2005
Institution: Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik (IGB), Stuttgart
Adresse: Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon: 0711/970-4221
Telefax: 0711/970-4200
Internet: www.igb.fraunhofer.de
E-Mail: walter.troesch@igb.fraunhofer.de
- Leitung: Dr. Gerhard **Volland**
Projekt: Dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (PCB) und polychlorierte Dioxine/Furane (PCDD/F) im Innenraum – Modelluntersuchungen zum Einfluss PCB-belasteter Bauteile und Baustoffe auf die Innenraumluft in Abhängigkeit von baulichen Einrichtungen und klimatischen Randbedingungen BW-Plus ZO3W23002.
Laufzeit: 12/2003 bis 12/2004
Institution: Materialprüfungsanstalt Uni Stuttgart – Otto-Graf-Institut
Adresse: Pfaffenwaldring 32, 70569 Stuttgart; Dienstgebäude Pfaffenwaldring 4, 70569 Stuttgart
Telefon: 0711/685-6740
Telefax: 0711/685-6830
Internet: www.mpa.uni-stuttgart.de
E-Mail: gerhard.volland@po.uni-stuttgart.de
- Leitung: Dr. Karl Theo **von der Trenck**
Projekt: Schadstoffbelastung von Vogeleiern.
Laufzeit: kontinuierlich
Institution: Landesanstalt für Umweltschutz, Referat 23, Biologische Umweltbeobachtung
Griesbachstraße 1-3, 76185 Karlsruhe
Adresse: 0721/983-1317
Telefon: 0721/983-1414
Internet: www.lfu.baden-wuerttemberg.de
E-Mail: theo.v.d.trenck@lfuka.lfu.bwl.de
- Leitung: Dipl.-Biologe Stefan **Werner**
Projekt: Entwicklung von Maßnahmen zur Verminderung der Badermatitis-Belastung am Bodensee.
Laufzeit: 08/2004 bis 12/2005
Institution: Limnologisches Institut, Uni Konstanz
Adresse: Mainaustr. 252, 78464 Konstanz
Telefon: 07531/88-3105
Telefax: 07531/88-4136
Internet: www.uni-konstanz.de/limnologie/
E-Mail: stefan.werner@uni-konstanz.de
- Leitung: Dr. Iris **Zwirner-Baier**, Dr. Gerald **Baier**
Projekt: Acrylnitril als neuer Expositionsmarker für Passivrauchen.
Laufzeit: 07/2002 bis 06/2003
Institution: Univ.-HNO-Klinik Würzburg
Adresse: Josef-Schneider-Str. 11, 97080 Würzburg
Telefon: 0931/20121323
Telefax: 0931/20121321
Internet: www.hno.uni-wuerzburg.de
E-Mail: iris.zwirner-baier@mail.uni-wuerzburg.de
baier_g@klinik.uni-wuerzburg.de

