

# Umweltforschung Journal 2004

## Umweltforschung in Baden-Württemberg

Beiträge für eine  
sichere Zukunft

- > Aktuelle Forschungsergebnisse
- > Forschung und Praxis
- > Projektförderung 2002 und 2003
- > Kontakte



■ ■ ■ ■ **UMWELTFORSCHUNG-JOURNAL 2004**

**Herausgeber:**

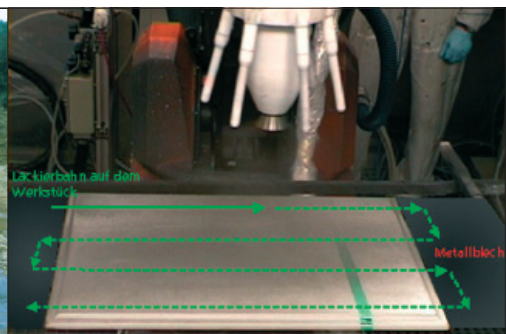
Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU)  
 Postfach 21 07 52, 76157 Karlsruhe  
 Telefon: 0721/983-0  
 Telefax: 0721/983-1456  
 E-Mail: poststelle@lfuka.lfu.bwl.de  
 Internet: www.lfu.baden-wuerttemberg.de

**Redaktion und Gestaltung:**

- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU)  
 Dr. Rosemarie Umlauff-Zimmermann (verantwortl.), Nicolai Jungk
- Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (UVM)  
 Dr. Günther Turian
- Forschungszentrum Karlsruhe (FZK)  
 Dr. Frank Horsch
- EcoText International GmbH, Stuttgart  
 Peter Fendrich, Stefan Kriz, Iris Lehmann

**Autoren:**

- Dr. Regina Annette Betz: S. 44
- Werner Franke: S. 45
- Dr. Harald Gebhardt: S. 33
- Dr. Frank Horsch: S. 6/1
- Dr. Wolfgang Kohler: S. 18
- Dr.-Ing. Hans-Peter Koschitzky: S. 21
- Stefan Kriz: S. 20, 36, 38, 40, 42
- Iris Lehmann: S. 7, 10, 12, 15, 16, 22, 28, 30, 32, 34, 39
- Dr. Ulrich Maurer: S. 24
- Dr. Günther Turian: S. 5
- Dr. Rosemarie Umlauff-Zimmermann: S. 6/2
- Dr. Jürgen Zipperle: S. 26



**Druck:**

Präzis-Druck GmbH, Karlsruhe  
 gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier, 80 g/qm, Umschlag 200 g/qm  
 Auflage: 3000 Exemplare  
 Nachdruck (auch auszugsweise) nur mit Zustimmung des Herausgebers  
 mit Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

**Bezugsadresse:**

Verlagsauslieferung der LfU bei der  
 JVA Mannheim, Herzogenriedstr. 111, 68169 Mannheim, Telefax: 0621/398-370

**Karlsruhe, 2004**



■ ■ ■ ■ **PROLOG**

Beitrag zur Daseinsvorsorge	4
Transdisziplinäre Ansätze in der Umweltforschung	5
BWPLUS – das Baden-Württemberg-Programm	
Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung	6
FofaWeb – das Forschungs-Fachinformationssystem	6

■ ■ ■ ■ **LUFT**

<b>Feinstaub aus der Landwirtschaft</b>	
Ursachen, Wirkungen, Minderungspotenziale	7
<b>Die Luft entstauben</b>	
Feinstaubbelastung und Minderungspotenziale	8
<b>Lungenzellen unter Staubbeschuss</b>	
Zur Wirkung von Feinstaub-Partikeln	10
<b>Aromatische Aminoverbindungen</b>	
Krebserzeugende Substanzen in Blut und Urin	12
<b>Pt und Pd statt Pb</b>	
Toxische Wirkungen von Platingruppenelementen	14

■ ■ ■ ■ **BODEN**

<b>Auswirkungen der Klärschlammdüngung</b>	
Schadstoffanreicherung nachgewiesen	15
<b>Springschwänze als Bio-Indikatoren</b>	
Richtlinien für Boden-Monitoring entwickelt	16
<b>Mit der Natur gegen Altlasten</b>	
Untersuchung im Hinblick auf effektive Nutzung natürlicher Abbau- und Rückhalteprozesse	18
<b>Altlastenanalyse: Kurze Wege zum Ziel</b>	
Vor-Ort-Messtechniken sparen Zeit und Kosten – und sind zuverlässig	20
<b>THERIS im Probelauf</b>	
Thermisches In-Situ-Sanierungsverfahren für gering durchlässige Böden	21
<b>Energiesparende Bodensanierung</b>	
DHR: Die Physik arbeitet mit	22

■ ■ ■ ■ **WASSER**

<b>Fortschritte durch neues Bilanzmodell</b>	
Integrierte Stoffflussbilanz am Beispiel schwer abbaubarer Chemikalien	24
<b>Ökotoxikologische Untersuchung von Gewässersedimenten in Baden-Württemberg</b>	26
<b>Hochwassergefahr frühzeitig erkennen</b>	
Sonden messen Bodenfeuchte online	28

<b>Überströmbare Dämme</b>	
Ausführungsvarianten für den dezentralen Hochwasserschutz	30

<b>Bäche auf Konsolidierungskurs</b>	
Kieselalgen als Indikatoren für Versauerung	32

■ ■ ■ ■ **UMWELTMEDIEN**

<b>Medienübergreifende Umweltbeobachtung (MUB)</b>	
Verzahnung von Umwelt- und Innovations-Management ist elementar	33

■ ■ ■ ■ **STADTENTWICKLUNG**

<b>Win-Win-Lösungen im Flächenmanagement</b>	
Wenn Wirtschaft, Verwaltung und Bürgerschaft kooperieren	34
<b>Stärkung der Innenentwicklung</b>	
Stuttgart 2010: Handlungsempfehlungen zum Nachhaltigen Bauflächenmanagement	36
<b>Stadt der Zukunft: Kompakt mit Qualität</b>	
Konzeption zur Innenentwicklung in Klein- und Mittelstädten	38

■ ■ ■ ■ **WIRTSCHAFT**

<b>Nachhaltigkeitsbericht</b>	
Anforderungen und Kriterien – ein Leitfaden für Unternehmen	39
<b>Weniger Zeit, weniger Abfall, weniger Lösemittel</b>	
Elektrostatische Verfahren zur Holzlackierung	40
<b>Betriebe profitieren von EG-Umwelt-Audit</b>	
Verzahnung von Umwelt- und Innovations-Management ist elementar	42

■ ■ ■ ■ **KLIMA**

<b>Unternehmen fit für Kyoto</b>	
Flexible Instrumente im Klimaschutz	44
<b>KLARA</b>	
Verbundvorhaben Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung	45

■ ■ ■ ■ **BWPLUS-FÖRDERUNG**

Förderkennzeichen, Projektleiter/Institution, Thema, Förderdauer	46
--	----

■ ■ ■ ■ **KONTAKTE**

Personen- und Institutionen-Register zu den präsentierten Projekten und zu BWPLUS	50
---	----



## Vorwort des Umwelt- und Verkehrsministers: Beitrag zur Daseinsvorsorge

Liebe Leserin, lieber Leser,

Baden-Württemberg verfolgt das Leitziel einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung, einer Entwicklung also, die den Standort Baden-Württemberg in seiner hohen wirtschaftlichen, sozialen, kulturellen und ökologischen Qualität langfristig sichert.

Das Ministerium für Umwelt und Verkehr hat in den vergangenen Jahren zahlreiche Projekte gefördert, die sich mit den Themen Luftreinhaltung, Umwelttechnologien, Waldschäden, Gewässer- und Bodenschutz, Altlasten, Abfall, Natur und Landschaft, Ökotoxikologie, umweltorientiertes Wirtschaften sowie Umwelt und Gesundheit beschäftigen.

Doch um wirkliche Veränderungen zu bewirken, reicht Forschung allein nicht aus. Es kommt ebenso darauf an, die neusten Erkenntnisse aus der Umweltforschung auch tatsächlich umzusetzen, und zwar in die praktische Arbeit von Verwaltungen, Kommunen, Unternehmen und Verbänden. Daher fördert das Land im Rahmen des „Baden-Württemberg Programm Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung“ (BWPLUS) vor allem solche Projekte, die praktisch verwertbare Konzepte und ökologisch, aber auch ökonomisch tragfähige Problemlösungen liefern. Dieser Einsatz zahlt sich aus: So sind in Baden-Württemberg – trotz aller noch anstehenden Probleme – in vielen Umweltbereichen positive Trends zu verzeichnen, die dazu ermutigen, in der eingeschlagenen Richtung weiter zu arbeiten.

Nicht zuletzt ist es für den Erfolg der Umweltforschung und ihrer praktischen Umsetzung unerlässlich, dass die Ergebnisse transportiert und Entscheidungsträgern in Wissenschaft, Verwaltung und Wirtschaft sowie einer interessierten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Dieses wollen wir unter anderem mit dem vorliegenden Journal erreichen. In diesem Journal werden wichtige Forschungsprojekte vorgestellt, die derzeit in Baden-Württemberg durchgeführt werden oder vor kurzem abgeschlossen wurden. Es sind Beispiele anwendungsorientierter Umweltfor-

schung, die zur nachhaltigen Sicherung unserer Lebensgrundlagen beitragen und Anstöße für weitere Entwicklungen geben sollen.

Projekträger des Förderprogramms BWPLUS im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr ist das Forschungszentrum Karlsruhe. Die Landesanstalt für Umweltschutz begleitet und unterstützt den Transfer der Forschungsergebnisse in die Praxis.

Informationen zu Projektfördermöglichkeiten sind, ebenso wie die umfangreiche Umweltforschungsdatenbank des Forschungszentrums Karlsruhe, im Internet zugänglich unter

- [www.fzk.de/bwp](http://www.fzk.de/bwp) und
- [www.umweltforschung.baden-wuerttemberg.de](http://www.umweltforschung.baden-wuerttemberg.de)

Zu allen in diesem Journal veröffentlichten Projektbeiträgen sind die Kontaktadressen der jeweiligen Autoren angegeben. Am Ende der Broschüre finden Sie die Ansprechpartner für allgemeine Fragen zur Umweltforschung in Baden-Württemberg.

Denn Kommunikation über Umweltfragen anzuregen, ist ein wichtiges Ziel von BWPLUS und dem Umweltforschung-Journal 2004.

Ulrich Müller MdL  
Minister für Umwelt und Verkehr  
des Landes Baden-Württemberg

### KONTAKT

Ministerium für Umwelt  
und Verkehr Bad.-Württ.  
Kernerplatz 9  
70182 Stuttgart  
Tel.: 0711/126-0  
[www.uvm.baden-wuerttemberg.de](http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de)



## Umweltforschung:

# Transdisziplinäre Ansätze sind gefragt

**Von der Umweltforschung Baden-Württemberg werden Beiträge zu einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung erwartet. Transdisziplinäre partizipative Ansätze sind gefragt.**

Die in den letzten Jahrzehnten durch staatliches Handeln, Industrie und Gewerbe im Umweltschutz erzielten Erfolge sind unbestritten. Es gibt jedoch weiterhin zahlreiche ungelöste, insbesondere medienübergreifende Probleme wie die Lärmbelastung und die fortschreitende, allenfalls konjunkturell geminderte Flächeninanspruchnahme. Der Schutz des Klimas und der weltweit ansteigende Verbrauch von nicht erneuerbaren Ressourcen gehören ohnehin zu den größten Herausforderungen der kommenden Jahrzehnte.

Die von der Landesregierung geförderte Umweltforschung hat seit den siebziger bis in die neunziger Jahre hinein insbesondere mit der Analyse und Lösung von Umweltproblemen in einzelnen Umweltmedien zu den im Umweltschutz erzielten Erfolgen beigetragen.

### Medienübergreifender Ansatz

Geänderte umweltpolitische Schwerpunkte, insbesondere die zunehmende Bedeutung medienübergreifender Umweltprobleme, machen es erforderlich, die Umweltforschung Baden-Württemberg periodisch neu auszurichten. So wurde das Spektrum der förderungswürdigen Themen schrittweise hin zu medienübergreifenden Fragestellungen angepasst. Entsprechend muss sich die an klassischen wissenschaftlichen Disziplinen ausgerichtete Forschungsarbeit zu einer medienübergreifenden, transdisziplinären und im Verbund organisierten Forschung weiterentwickeln.

### Transfereffizienz

Das Ministerium für Umwelt und Verkehr fördert innerhalb ausgewählter Schwerpunkte verstärkt Projekte mit transdisziplinären partizipativen Ansätzen, bei denen die Betroffenen und andere Zielgruppen nicht als Forschungsobjekte, sondern als beteiligte Akteure im gesamten Verlauf der Vor-

haben mitwirken, das heißt, von der Konzeption über die Abwicklung bis hin zur Evaluierung und Implementierung der Ergebnisse mit dem Ziel möglichst hoher Transfereffizienz.

Dabei wird davon ausgegangen, dass gerade auch im Umweltbereich

- die Entwicklung von Innovationen eine starke Einbindung der Zielgruppen erfordert,
- der Anwendungsbezug zentrale Bedeutung hat und der spezialisierte Wissenschaftler allein die Lösung oft nicht erarbeiten kann.

Kooperationen und der Austausch zwischen Wissenschaft und Nutzern sowie anderen Beteiligten sowie andere Formen des Ergebnistransfers (Veranstaltungen, Leitfäden), zu denen die Landesanstalt für Umweltschutz Forschungsnehmer berät, sind erfolgreich und sollen weiter intensiviert werden.

Das Baden-Württemberg Programm Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung (BWPLUS) mit der Projektträgerschaft beim Forschungszentrum Karlsruhe, über das die Umweltforschung Baden-Württemberg vorwiegend erfolgt, ist entsprechend ausgerichtet.

### BWPLUS-Anträge

Antragsteller sind aufgefordert, folgende Aspekte bereits im Antrag darzustellen:

- Signifikanter Lösungsbedarf der bearbeiteten Fragestellung in der Praxis,
- Erörterung der praktischen Umsetzbarkeit der angestrebten Ergebnisse,
- Konzept für den Ergebnistransfer (Workshop, Leitfaden etc.),
- die Beteiligung von Vertretern jeweils anderer Disziplinen (Ökonomen, Juristen, Naturwissenschaftler),
- die Einbindung betroffener/beteiligter/nutzender Gruppen (Behörden, Unternehmen, Umweltverbände, Banken etc.).

Neben der fachlich-wissenschaftlichen Qualität von Projekten werden diese Aspekte der Förderentscheidung zugrunde gelegt.

### KONTAKT ■■■

Dr. Günther Turian  
Ministerium für Umwelt und  
Verkehr Baden-Württemberg  
Referat 22 – Ökologie, For-  
schung, Klimaschutz  
Kernerplatz 9  
70182 Stuttgart  
Tel.: 0711/126-2672  
Fax: 0711/126-2867  
www.uvm.baden-  
wuerttemberg.de  
guenther.turian@uvm.bwl.de

# BWPLUS

## Baden-Württemberg-Programm Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung

Die Landesregierung Baden-Württemberg hat bereits seit Mitte der siebziger Jahre die Umweltforschung als Fundament einer nachhaltigen Umweltpolitik gezielt ausgebaut. In der Geschäftsabgrenzung der Ministerien ist sie gegenwärtig als Aufgabe des Ministeriums für Umwelt und Verkehr (UVM) aufgeführt.

Zur Betreuung dieser Umweltforschung bedient sich das UVM eines Projektträgers, der bei der Forschungszentrum Karlsruhe GmbH angesiedelt ist. Dieser unterstützt interessierte Forschergruppen bei der Initiierung, Antragsstellung und Durchführung von Forschungsvorhaben, welche zu dem wissenschaftspolitisch definierten Leitziel der nachhaltigen Entwicklung am Standort Baden-Württemberg durch „Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen“ beitragen. Dazu sollen gefördert werden:

- Untersuchungen der Zusammenhänge zwischen Mensch und Umwelt;
- anwendungsorientierte Forschungsprojekte im Umweltbereich, die eine besondere Relevanz für das Land Baden-Württemberg haben;
- Projekte, die praktisch verwertbare Konzepte und ökologisch, aber auch ökonomisch tragfähige Problemlösungen liefern.

Gegenwärtig existieren drei thematische Förder-schwerpunkte:

- „Klimaschutz und Ressourcenschutz“
- „Umwelt und Wohnen“
- „Umwelttechnik und Umweltinnovation“

Zu diesen Förderthemen können gegenwärtig zweimal pro Jahr (zum 15.6. und 15.12.) Anträge an den Projektträger gestellt werden. Angesprochen sind dabei Universitäten, Fachhochschulen, private Forschungseinrichtungen, aber auch Unternehmen, Ingenieurbüros, Kommunen und gesellschaftliche Interessensgruppen. Detaillierte Fragestellungen und die bei der Antragstellung einzuhaltenden Formalien sind auf der Webseite [www.bwplus.fzk.de](http://www.bwplus.fzk.de) dargestellt.

Die Forschungsanträge werden von externen Gutachtern bewertet, von einem wissenschaftlichen Projektrat auf ihre Förderwürdigkeit geprüft und vom Projektträger begleitet. Die abschließende Förderentscheidung trifft das Ministerium für Umwelt und Verkehr. Die Projektbegleitung bezüglich des Transfers der Forschungsergebnisse wird von der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg betreut.

### KONTAKT

Dr. Frank Horsch  
Forschungszentrum  
Karlsruhe GmbH (IAI)  
Hermann-von-Helmholz-  
Platz 1, 76344 Eggen-  
stein-Leopoldshafen  
Tel.: 07247/82-5190  
Fax: 07247/82-3929  
[www.fzk.de/bwp](http://www.fzk.de/bwp)  
[frank.horsch@bw-  
plus.fzk.de](mailto:frank.horsch@bw-plus.fzk.de)

### KONTAKTE

Dr. Rosemarie Umlauff-  
Zimmermann  
Landesanstalt für Umwelt-  
schutz Bad.-Württ., Referat  
21 – Konzeptentwicklung,  
Forschungstransfer  
Griesbachstr. 1  
76185 Karlsruhe  
Tel.: 0721/983-1542  
Fax: 0721/983-1414  
[www.lfu.baden-  
wuerttemberg.de](http://www.lfu.baden-<br/>wuerttemberg.de)  
[rosemarie.umlauff-zim-  
mermann@lfuka.lfu.bwl.de](mailto:rosemarie.umlauff-zim-<br/>mermann@lfuka.lfu.bwl.de)

Forschungszentrum  
Karlsruhe GmbH (IAI)  
Pf 3640, 76021 Karlsruhe  
[www.fzk.de/bwp](http://www.fzk.de/bwp)

Werner Geiger  
Tel.: 07247/82-5724  
Fax: 07247/82-5786  
[werner.geiger@iai.fzk.de](mailto:werner.geiger@iai.fzk.de)

Rainer Weidemann  
Tel.: 07247/82-5740  
Fax: 07247/82-5786  
[rainer.weidemann@iai.fzk.de](mailto:rainer.weidemann@iai.fzk.de)

## FofaWeb

### Das Forschungs-Fachinformationssystem

Im Rahmen der Umweltforschung setzt sich das Land Baden-Württemberg für einen bedarfs- und praxisorientierten Umweltschutz ein. Allein das Durchführen von Forschungsprojekten führt jedoch noch nicht zur Anwendung von Forschungsergebnissen in der Praxis. Die Forschungsergebnisse müssen in der Öffentlichkeit und von Fachleuten aus der Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung kommuniziert werden.

Ein wichtiger Baustein eines effizienten Ergebnistransfers ist eine umfassende Übersicht über erarbeitete Themen und Inhalte. Das Forschungs-Fachinformationssystem FofaWeb, ([www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de](http://www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de)) gibt einen Überblick über die im Rahmen der Umweltforschung erstell-

ten Forschungsberichte. Die Liste der Berichte ist der Einstiegspunkt in die hierarchische Berichtsstruktur. Zu jedem Bericht gibt es neben dem Volltext in Form von PDF-Dateien eine Zusammenfassung.

Über die Volltextsuche können alle Dokumente gefunden werden, die vom Benutzer vorgegebene Begriffe enthalten. Die Schlagwortsuche erlaubt den Zugang über eine alphabetische Liste von Fachbegriffen.

Das FofaWeb ist Teil der XfaWeb-Systemfamilie, zu der neben FofaWeb noch Informationssysteme für Naturschutz und Landschaftspflege, für Bodenschutz und für Altlasten sowie für Chemikalienmanagement und Abfall gehören.





# Feinstaub aus der Landwirtschaft

## Ursachen, Wirkungen, Minderungspotenziale

**Während sich die Strategien zur Minderung der Feinstaub-Emissionen aus Verkehr und Industrie allmählich konkretisieren, blieb die Landwirtschaft bisher in diesem Zusammenhang fast unbeachtet. Dabei tragen insbesondere die Tierhaltung, aber auch die Bodenbearbeitung und nicht zuletzt der Treibstoffverbrauch nicht unerheblich zur Gesamtstaubbelastung in Baden-Württemberg bei, wie eine Studie des Instituts für Energie- und Umweltforschung (IFEU) Heidelberg zeigt.**

In der vorliegenden Untersuchung wurde erstmals eine vollständige und umfassende Bilanzierung der partikelrelevanten Emissionen durch die Landwirtschaft in Baden-Württemberg durchgeführt. Dabei wurden neben den festen Bestandteilen des Feinstaubes wie Bodenmaterial, Asche oder Schwermetalle und kohlenstoffhaltigem Material wie Ruß, Teer, Öl oder Sporen von Pflanzen auch Emissionen berücksichtigt, die wie Schwefeldioxid, Stickoxide oder Ammoniak als Vorläufersubstanzen für Partikelbildung angesehen werden können. Außer den direkten Emissionen der landwirtschaftlichen Betriebe wurde auch der Anteil an Feinstaub in die Berechnung einbezogen, der durch vorgelagerte Prozesse wie zum Beispiel die Produktion von Düngemitteln verursacht wird.

Die Auswertung des verfügbaren Datenmaterials zeigte, dass der Beitrag der Landwirtschaft zu den gesamten Emissionen in Baden-Württemberg für die Parameter Ammoniak mit rund 90 Prozent, den Gesamtstaub (PM) mit 36 Prozent und die Fraktion  $PM_{10}$  mit 26 Prozent beachtlich ist. Die Relevanz der Landwirtschaft für die Emission von  $PM_{2,5}$  ist mit 14 Prozent eher gering\*.

Bedeutendste Quelle der Partikelemission in der Landwirtschaft ist die Tierhaltung. Zum Ausstoß von Partikeln der Fraktion  $PM_{10}$  trägt die Schweinehaltung mit rund 20 Prozent und die Rinderhaltung mit rund 12 Prozent bei. Daneben spielen die Bodenbearbeitung und die Winderosion eine wichtige Rolle, wobei für diese beiden Faktoren die Unsicherheiten besonders groß sind. Die Nutzung von Treibstoff hat einen großen Anteil an der  $PM_{2,5}$ -Emission. Der Ammoniak-Ausstoß

wird vor allem durch die Tierhaltung sowie die Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger verursacht.

Eine deutliche Minderung der Partikelemissionen kann vor allem im Bereich der Tierhaltung erreicht werden. Effiziente Maßnahmen stellen hier Veränderungen bei den Futtermitteln und der Einsatz von Filtersystemen dar. Auch der Einsatz von Partikelfiltern bei Schleppern wäre eine äußerst empfehlenswerte Maßnahme.

Zur Minderung der Ammoniak-Emissionen stehen spezielle Maßnahmen zur Auswahl. Dazu gehört etwa die feste Abdeckung von Lagerbehältern. Alle Maßnahmen im Bereich der Tierhaltung, von der Wasserspülung für Rinder, über die Anwendung von Ölsprays bis hin zur Umstellung der Einstreu hätten zusammen das Potenzial, die Emissionen um 14 Prozent zu mindern. Alternative Methoden bei der Einarbeitung von Wirtschaftsdünger wären für weitere 22 Prozent gut. Insgesamt besteht für die  $PM$ -Emission ein hohes Minderungspotenzial. Die Möglichkeiten zur Reduktion der  $PM_{10}$ -Emission haben geringere Effekte zur Folge.

## Perspektive

Um noch verlässlichere Zahlen zum Feinstaub-Ausstoß der Landwirtschaft bieten zu können, muss in Teilbereichen das Datenmaterial weiter verbessert werden. So sollte zum Beispiel die Datenbasis zur Bestimmung der Partikelemissionen in der Tierhaltung nach verschiedenen Fütterungs- und Haltungsverfahren bzw. Stalltypen differenziert werden. Minderungsmaßnahmen wie die Anpassung des Maschineneinsatzes an meteorologische Verhältnisse sowie die gezielte Platzierung von Hecken sollten hinsichtlich ihrer Effizienz zur Reduktion der Partikelemission, aber auch ihrer Anwendung in der Praxis weiter optimiert werden.

Doch in der Studie wurden auch Maßnahmen aufgezeigt, deren Umsetzung bereits heute zielsicher zu deutlichen Emissionsminderungen führen würden. Hier sind nun die politischen Entscheidungsträger gefragt, entsprechende Umsetzungen auf den Weg zu bringen.

## KONTAKT

Dr. Guido Reinhardt  
Institut für Energie- und Umweltforschung e.V. (IFEU)  
Wilckenstr. 3  
69120 Heidelberg  
Tel.: 06221/4767-56  
Fax: 06221/4767-19  
www.ifeu.de  
guido.reinhardt@ifeu.de

## PROJEKT

Projektitel:  
Analyse von Maßnahmen zur Reduktion der Feinstaubbelastung durch die Landwirtschaft in Baden-Württemberg  
Projektlaufzeit:  
7/2001 bis 6/2003

\*  $PM_{10}$  und  $PM_{2,5}$   
Die Kürzel bezeichnen die Masse an Partikeln, die einen aerodynamischen Durchmesser von weniger als 10 bzw. 2,5 Mikrometer besitzen. (s.a. S. 8f)

# Die Luft entstauben

## Feinstaubbelastung und Minderungspotenziale

**In der öffentlichen Diskussion spielt die Luftbelastung durch Stäube kaum eine Rolle. Und doch zeigen Studien, dass die in Baden-Württemberg gemessenen Staubkonzentrationen krank machen können. Die Wirkungsmechanismen sind noch weitgehend ungeklärt. Mit Unsicherheiten, Kenntnislücken und groben Schätzungen mussten sich auch Thomas Pregger und Rainer Friedrich vom Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung in Stuttgart in ihrem Projekt zum Thema Feinstaub auseinander setzen: Sie haben das vorhandene Wissen zusammengetragen, ausgewertet und einen vorausschauenden Blick ins Jahr 2010 geworfen.**

Staub ist nicht gleich Staub. Insbesondere Partikel im Nanometerbereich und noch mehr solche, mit einer Größe von weniger als 0,1 Mikrometer scheinen gesundheitliche Effekte zu bewirken (s. S. 7). Dabei spielt allerdings auch die Chemie der Partikel eine Rolle. In der ersten Phase des Projektes „Ermittlung der Feinstaubemissionen in Baden-Württemberg und Betrachtung möglicher Minderungsmaßnahmen“ wurde darum ausgehend von den bisher im Land vorgenommenen Arbeiten – ergänzt um Datenmaterial aus weiteren Quellen – eine differenzierte Aufstellung des Quellen- und Emissionsinventars für primäre vom Menschen verursachte Stäube geschaffen. Dabei wurden zwei Fraktionen besonders berücksichtigt, die mit  $PM_{10}$  und  $PM_{2,5}$  beschrieben werden. Die Kürzel bezeichnen die Masse an Partikeln, die einen aerodynamischen Durchmesser von weniger als 10 bzw. 2,5 Mikrometer besitzen. Als Datengrundlage wurden umfangreiche Recherarbeiten zur Ermittlung des derzeitigen Kenntnisstandes durchgeführt. Insbesondere wurde auch auf Untersuchungsergebnisse aus den USA und dem europäischen Ausland zurückgegriffen, wobei die Übertragung der Daten wegen der unterschiedlichen Messmethoden und Randbedingungen teilweise problematisch ist. In den letzten Jahren sind auch in Deutschland und auf europäischer Ebene verstärkt neuere Untersuchungen zum Thema angelaufen, deren Ergebnisse allerdings zur Projektzeit teilweise noch nicht verfügbar waren.

Berücksichtigt wurden die Quellengruppen „Verkehr“, „Genehmigungsbedürftige Anlagen“, „Nicht genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen“ (Kleinf Feuerungen) sowie „sonstige Prozesse, nicht genehmigungsbedürftig“ wie etwa Steinbrüche, Tierhaltung oder Tabakrauch.

Auf der Basis der Erhebung (Stand: 1998) wurde eine Trendprojektion der Emissionen als Referenzszenario für das Jahr 2010 entwickelt. Daran schloss in der zweiten Projektphase die Betrachtung der technischen Möglichkeiten zur Minderung der Staubbelastung an. Neben einer umfangreichen Literaturrecherche führten die Wissenschaftler Umfragen bei Herstellern von Abgasreinigungsanlagen durch. Parallel dazu wurde die Emissionsdatenbasis laufend aktualisiert und erweitert.

Ausgehend von den Minderungspotenzialen entwarfen Pregger und Friedrich auf der Grundlage der Trendprojektion ein Minderungsszenario, wobei insbesondere die Maßnahmen berücksichtigt wurden, die dazu geeignet sind, Feinstaubfraktionen zu reduzieren. Aus dem Vergleich der verschiedenen Maßnahmen und deren potenzieller Anteile an der Verminderung des Staubausstoßes leiteten sie eine wirksame Minderungsstrategie ab, die schon bis zum Jahr 2010 greifen kann.

### Resultate

Die Untersuchung der verschiedenen Staub-Quellen zeigte, dass der Betrieb von Dieselmotoren im Verkehr, die Verfeuerung fester Brennstoffe und einige Prozesse in der Primärindustrie, wie u.a. das Brechen, Mahlen, Klassieren von Gestein und die Zementherstellung von besonderer Bedeutung für die Belastung sind (zu Partikeln aus der Landwirtschaft s. S. 7).

Dem Straßenverkehr ist auch der Staub, der durch den Verkehr von der Fahrbahn aufgewirbelt wird, zuzurechnen. Die Emissionsabschätzung ergab, dass dieser Faktor für die Staubfraktion  $PM_{10}$  mit etwa einem Drittel der Emissionen aller anthropogenen Quellen einen Wert erreicht, der in der gleichen Größenordnung wie die sonstigen Prozesse im Straßenverkehr liegt. Allerdings fehlen für die Staubaufwirbelung, insbesondere für die

### KONTAKT

Prof. Dr.-Ing. Rainer Friedrich (Leitung)  
Dipl.-Ing. Thomas Pregger (Ansprechpartner)  
Universität Stuttgart  
Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER),  
Abteilung Technikfolgenabschätzung und Umweltanalysen  
Heßbrühlstraße 49a  
70565 Stuttgart  
Tel.: 0711/780-6127  
Fax: 0711/780-3953  
www.ier.uni-stuttgart.de  
tp@ier.uni-stuttgart.de





Fraktion PM<sub>2,5</sub>, weitere Messdaten, und es bestehen große methodische Unsicherheiten.

Ein anderes Problem ergab sich beim Sektor „genehmigungsbedürftige Anlagen“. Die Emissionserklärungen, die für diese Anlagen abgegeben werden müssen, wiesen im ausgewählten Vergleichsjahr 1996 insgesamt 280 verschiedene Verfahrensarten bzw. Anlagentypen und 276 verschiedene Abgasreinigungssysteme auf. Die Wissenschaftler leiteten aus bekannten Literaturdaten Anhaltswerte für die Größenverteilung emittierter Partikel und die Wirksamkeit der Abgasreinigungen ab, die allerdings „einer weiteren Diskussion und Überprüfung bedürfen“.

Die Ermittlung der Staubemissionen aus „nicht genehmigungsbedürftigen Feuerungen“ erfolgte über den in der Energiebilanz erfassten Brennstoffverbrauch und Messdaten zu brennstoffspezifischen Emissionen der Kleinfeuerungsanlagen. Viele Kenntnislücken klaffen auch im Bereich der Inhaltsstoffe von Partikeln und deren toxikologischer Relevanz. Als die wichtigsten Quellen für Cadmium machten Pregger und Friedrich Dieselmotoren und genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen aus. Letztere sind zugleich hauptsächlich für den Chromausstoß verantwortlich. Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs) und Benzo(a)pyren werden nach den vorliegenden Erkenntnissen vorwiegend von Holzfeuerungen der Haushalte und Kleinverbraucher verursacht.

Für die wichtigsten Feinstaub-Quellen sind in den letzten Jahren Gesetzesvorlagen, Verordnungen und sonstige Regelungen auf den Weg gebracht worden, die in den nächsten Jahren nach und nach in Kraft treten und wirksam werden. Für den Autoverkehr sind dies z.B. die EURO-3- und -4-Grenzwerte. Neue Vorschriften für Motoren stehen für alle Verkehrsarten ebenso wie für industrielle Anlagen in Aussicht. Unter Berücksichtigung dieser Veränderungen kommen die Wissenschaftler bei der Projektion der Emissionen ins Jahr 2010 auf eine Reduktion der Gesamtstaubemission um etwa 15 Prozent – ohne die Staubaufwirbelungen im Straßenverkehr. Werden diese einbezogen, schrumpft die berechnete Minderung auf sechs Prozent.

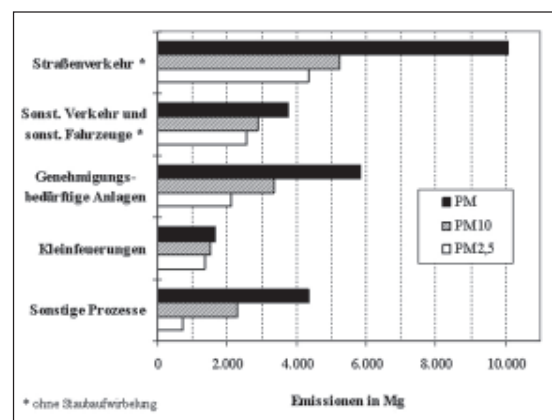
Doch weitere Minderungspotenziale sind durchaus gegeben, wobei nur technische Optionen einbezogen wurden, die auch den ultrafeinen Staubanteil reduzieren. Die wirksamsten Maßnahmen, die Emissionen schon bis zum Jahr 2010 zu vermin-

dern, sind: Dieselpartikelfilter für Dieselmotoren, Erdgasmotoren anstatt Dieselmotoren und Gewebefilter oder Elektrofilter nach Stand der Technik an stationären Quellen. Allein durch diese Maßnahmen lässt sich unter den Voraussetzungen, die ansonsten für die Berechnungen getroffen wurden, potenziell eine Minderung für das Jahr 2010 um etwa ein Drittel der Gesamtemissionen erreichen.

**Perspektive**

Eine weitere Reduzierung, die allerdings erst langfristig wirksam wird, kann insbesondere für Feuerungsanlagen durch spezifisch greifende Maßnahmen wie Technologie- und Brennstoffsubstitution erreicht werden. Vielversprechend ist hier vor allem der Ersatz von Steinkohle durch Gas bei Großfeuerungen – wobei für den Anlagenumbau und höhere Brennstoffkosten meist größere Aufwendungen einzukalkulieren sind. Weitere quellspezifisch sehr wirksame Maßnahmen, die ebenfalls jedoch bis zum Jahr 2010 kaum eine bedeutende Minderung erwarten lassen, sind folgende Strategien: Die verstärkte Einführung alternativer Antriebssysteme insbesondere im Straßenverkehr (etwa Elektromotoren oder in Zukunft Brennstoffzellen), der Einsatz von Holzfeuerungen entsprechend dem Stand der Technik bei Kleinfeuerungen, Ausbau der Biomassenutzung möglichst in Nahwärmeverbundsystemen und nicht zuletzt Energiesparmaßnahmen vor allem in den Bereichen Heiz- und Prozesswärme.

Für weitere möglicherweise bedeutende Prozesse können noch keine Aussagen zu Minderungspotenzialen gemacht werden. Dies betrifft insbesondere diffuse Emissionen aus der Industrie und die Aufwirbelung von Straßenstaub im Verkehr. Weitere Erkenntnisse über die Feinstaubemissionen dieser Prozesse sind hierzu erforderlich.



**PROJEKT**

Projekttitel: Ermittlung der Feinstaubemissionen in Baden-Württemberg und Betrachtung möglicher Minderungsmaßnahmen  
 Projektlaufzeit: 11/2000 bis 1/2003

**LITERATUR**

Pregger, T. & Friedrich, R. 2003: Ermittlung der Feinstaubemissionen in Baden-Württemberg und Betrachtung möglicher Minderungsmaßnahmen. Schlussbericht zum BWPLUS-Projekt BWE 20005, hrsg. v. Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Projektträgerschaft Programm Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung (BWPLUS), Karlsruhe [www.bwplus.fzk.de/](http://www.bwplus.fzk.de/)

Ergebnisse der Emissionsberechnung für PM, PM10 und PM2,5 in Baden-Württemberg 1998 in fünf Sektoren zusammengefasst

# Lungenzellen unter Staubbeschuss

## Untersuchungen zur Wirkung von Feinstaub-Partikeln

**Ob Dieselruß, Tabakrauch oder Flugasche aus der Müllverbrennung: Werden feine und ultrafeine Partikel eingeatmet, können die Fremdkörper im Lungengewebe Entzündungen auslösen. Zusammenhänge zwischen der Konzentration von Feinstpartikeln in der Luft und Atemwegs-, Herz- und Kreislaufkrankheiten sind inzwischen nachgewiesen. Doch über die Ursachen der toxischen Wirkung oder zu den biologischen Mechanismen dieser Wirkung gibt es noch keine einheitliche Meinung. Zwei Untersuchungen haben neue Erkenntnisse erbracht.**

Mit dem Selbstreinigungssystem des Atemtraktes, angefangen beim Hustenreflex, verfügt der Mensch über einen wirksamen Schutz gegen eingeatmete Fremdkörper. In der Regel gelangen lediglich feinste Partikel bis zu den Lungenbläschen (Alveolarbereich), wo sie allerdings Wochen bis Monate verbleiben und intensive Entzündungsreaktionen auslösen können. Diese sind durch die Zunahme von Zytokinen (Proteine, die bei der Interaktion zwischen den Zellen vermitteln) und reaktiven Sauerstoffspezies (ROS, reactive oxygen species) sowie durch den Einstrom von Granulozyten und Monozyten in die Lungenbläschen gekennzeichnet.

Die Beseitigung der Partikel durch die aktivierten Entzündungszellen, die mit der Freisetzung von ROS und speziellen Enzymen verbunden ist, kann die Zellstrukturen an der Lungenoberfläche (Epithelzellen) schädigen. Dies wiederum beeinträchtigt die Abwehr von anderen Krankheitserregern.

Für die Bewertung der Toxizität von Feinstäuben ist die Bestimmung von Dosis-Wirkungsbeziehungen wesentlich. Das Institut für Toxikologie und Genetik des Forschungszentrums Karlsruhe (ITG) und das Institut für Technische Chemie – Thermische Abfallbehandlung (ITC-TAB) haben ein Verfahren entwickelt, definierte Schwebstoffe zu erzeugen und deren Wirkung auf menschliche Lungenzellen in vitro zu untersuchen. Dabei entwickelte das ITG den Bioassay (Verfahren zur Erfassung der Wirkung chemischer Stoffe durch Auswertung der biologischen und biochemischen

Reaktionen) und führte die biologischen Messungen in Zusammenarbeit mit dem ITC-TAB durch, das die aerosoltechnologischen Fragestellungen bearbeitete und ein Messverfahren für die Partikeldosis entwickelte.

Gemessen wurden in der Expositionsapparatur insbesondere Feinpartikel-Emissionen der Fraktionen  $PM_{10}$  und  $PM_{2,5}$  (Masse an Partikeln, die einen Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 bzw. 2,5 Mikrometern eine Abscheidewirksamkeit von 50 Prozent aufweist).

Das Expositionssystem ist in einem fahrbaren Schrank untergebracht, um den mobilen Einsatz und den Schutz der Komponenten zu gewährleisten. Zunächst wird ein Aerosol, entweder aus einer Industrieanlage oder mittels eines Aerosolgenerators künstlich hergestellt, durch Unterdruck in die Anlage geleitet. Das Aerosol wird bei Bedarf mit Luft verdünnt, strömt dann in die obere Einheit des Kernstücks der Apparatur und dort durch zentrische Teflonröhrchen genau mittig über die zu begasende Zellmembran. Es strömt von dort über die Zellen nach außen weg und verlässt die Kammer. Die Zellkulturen befinden sich in Kulturtöpfchen des Typs „Transwell-Clear 3460“ in der unteren Einheit des Systems. Ein Nährmedium benetzt die Zellmembran von der Unterseite. Da die Zellkulturen auf Körpertemperatur gehalten werden müssen, werden beide Einheiten permanent mit 37 Grad warmem Wasser umspült.

Zur Messung der deponierten Partikeldosis wird ein sehr empfindliches Verfahren eingesetzt, das über einen weiten Konzentrationsbereich anwendbar ist und relativ leicht ausgeführt werden kann. Dazu wurde ein fluoreszierendes Aerosol hergestellt, dessen Konzentration und Partikeldurchmesser variiert werden kann. Gemessen wird die auf der Transwell-Membran abgeschiedene Masse der fluoreszierenden Partikeln durch Fluoreszenzspektroskopie.

Untersucht wurden Lungenzellen von Menschen und von Ratten nach Exposition mit dem Aerosol. Als Indikator für „oxidativen Stress“ in den Zellen wurde die Oxidation einer nicht-fluoreszierenden Verbindung ( $H_2DCF$ ) zu einer fluores-

### KONTAKTE

Dr. Hanns-Rudolf Paur  
(Leitung), Dipl.-Ing. (BA)  
Sonja Mühlhopt

Forschungszentrum  
Karlsruhe, Institut für Technische  
Chemie, Bereich  
Thermische Abfall-  
behandlung (ITC)

Hermann-von-Helmholtz-  
Platz 1, 76344 Eggen-  
stein-Leopoldshafen  
Tel.: 07247/82-3807  
Fax: 07247/82-4332

<http://hikwww2.fzk.de/itc>  
[sonja.muelhopt@itc-tab.fzk.de](mailto:sonja.muelhopt@itc-tab.fzk.de)

Dr. Silvia Diabaté  
Forschungszentrum Karls-  
ruhe, Institut für Toxikologie  
und Genetik (ITG)

Postfach 3640  
76021 Karlsruhe  
Tel.: 07247/82-2692  
Fax: 07247/82-3557

[http://igtmv1.fzk.de/itg/itg\\_home.html](http://igtmv1.fzk.de/itg/itg_home.html)  
[silvia.diabate@itg.fzk.de](mailto:silvia.diabate@itg.fzk.de)

### PROJEKTE

Projekttitle ITC:  
Expositionsverfahren für  
ein lungenspezifisches  
Bioassay zur Bewertung  
industrieller Feinst-  
partikel-Emissionen  
Projektlaufzeit:  
4/2002 bis 3/2004

Projekttitle ITG:  
Gesundheitseffekte durch  
inhalierbare Feinstäube  
aus technischen  
Verbrennungsanlagen: In-  
vitro-Untersuchungen zur  
Wirkung feiner und ultra-  
feiner Partikel auf kultivierte  
Lungenzellen

Projektlaufzeit:  
11/2000 bis 12/2002



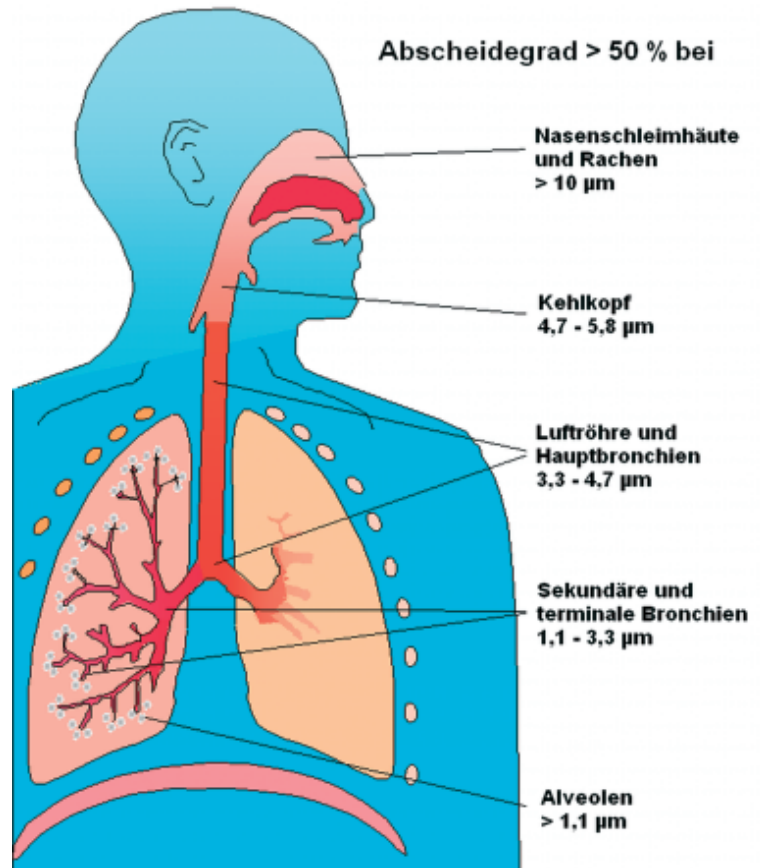
zierenden Verbindung (DCF) verwendet. In Zellen aerober Organismen, die ihre Energie aus der Reduktion von Sauerstoff gewinnen, werden ständig reaktive Substanzen produziert, die als freie Radikale eine solche Oxidation bewirken können. Es gibt jedoch Schutzmechanismen, die das Gleichgewicht zwischen den oxidierenden Mechanismen und ihren Gegenspielern aufrechterhalten.

Gerät dieses Gleichgewicht außer Kontrolle, spricht man von „oxidativem Stress“. Auslöser können externe Faktoren wie Zigarettenrauch oder körpereigene Faktoren wie Entzündungsprozesse sein. Das Übermaß an entstehenden reaktiven Sauerstoff- und Stickstoffverbindungen (ROS/RNS) kann zu Schäden an Proteinen, Lipiden und Nukleinsäuren führen und die Zelle irreversibel zerstören.

Die Vermutung war, dass Feinstaub-Partikeln derartige oxidative Prozesse in Zellen auslösen können und dabei Zytokine freigesetzt und bestimmte Membranproteine (ICAM-1) gebildet werden. Es wurden drei verschiedene Flugaschechargen aus zwei Hausmüllverbrennungsanlagen eingesetzt, die nur noch Partikel unter 20 Mikrometern Durchmesser enthielten. Tatsächlich konnten im Versuch die verstärkte Freisetzung von Interleukin-8 sowie die Bildung von ICAM-1 in Zellen aus menschlichen Lungen nach Behandlung mit Flugaschepartikeln beobachtet werden.

Erreichen Partikel die Lungenoberfläche, reagieren in der Realität zwei Zelltypen, die in Austausch miteinander stehen, die Makrophagen und die Epithelzellen der Lungenbläschen – allerdings wurde in In-Vitro-Toxizitätsstudien bisher meist nur ein Zelltyp untersucht, obwohl bekannt ist, dass Epithelzellen und Makrophagen zusammen die biologische Antwort koordinieren. Im Rahmen des Projekts wurden Versuche mit Kokulturen aus beiden Zelltypen durchgeführt. Es zeigte sich, dass Zytokine in größerer Konzentration nachzuweisen waren, als wenn nur eine Zellenform untersucht wird. Bei den Kokulturen aus Rattenzellen wurde zusätzlich die verstärkte Freisetzung von Nitrit (als Hinweis auf die Freisetzung von NO aus Makrophagen) beobachtet.

Nach Auftrennung des Flugascheaerosols in verschiedene Größenklassen sollte analysiert werden, ob die biologischen Wirkungen auch bei „realen“



Partikeln von der Größe abhängig sind. Für Partikel, die größer als 0,5 Mikrometer sind, konnte gezeigt werden, dass die Zelltoxizität in Epithelzellen aus Menschenlungen bei den kleineren Partikeln stärker war als bei den größeren. Auch die Freisetzung bestimmter Zytokine war bei den kleineren Partikeln stärker als bei den größeren.

Abscheidegrade inhalierter Partikel im menschlichen Atemtrakt, abhängig von ihrem Durchmesser

### Perspektive

Die Arbeitshypothese „Je kleiner die Partikel, desto stärker die Wirkung“ konnte im Rahmen dieses Projektes noch nicht eindeutig bestätigt werden. Zum einen erlaubte das verwendete Verfahren zur Fraktionierung des Staubes nicht die Herstellung ausreichender Mengen ultrafeiner Flugaschenpartikel, zum anderen zeigen aktuelle Untersuchungen, dass diese bei der Fraktionierung bei hohen Geschwindigkeiten in ihrer Morphologie verändert werden.

In einer neuen Versuchsserie, bei der die ultrafeinen Fraktionen des Aerosols nach Vorabscheidung der größeren Partikeln direkt mit den Zellen an der Luft-Flüssigkeits-Grenzschicht in Kontakt gebracht werden, soll die Arbeitshypothese überprüft werden.

### LITERATUR

Eikmann, T. and Seitz, H. (2002). Klein, aber oho! Umweltmedizinische Forschungs-Praxis 7, S. 63-664.

# Aromatische Aminoverbindungen

## Krebserzeugende Substanzen in Blut und Urin nachgewiesen

**„Rauchen verursacht Krebs“, so steht es auf jeder Zigarettenschachtel. Verantwortlich hierfür sind unter anderem die im Tabakrauch enthaltenen aromatischen Aminoverbindungen (Blasenkrebs). Doch Zigaretten sind nur eine Quelle von vielen krebserzeugenden aromatischen Aminoverbindungen: Bei einer Untersuchung des Instituts für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg wurden aromatische Amine im Blut und Urin von allen bisher untersuchten 80 Testpersonen nachgewiesen – größtenteils ohne signifikante Korrelation zum Raucherstatus. Das Ergebnis legt nahe, dass andere Quellen in weit größerem Umfang zur Belastung der Allgemeinbevölkerung beitragen müssen als das aktive oder passive Tabakrauchen.**

Aromatische Aminoverbindungen haben eine Schlüsselstellung in der chemischen Industrie. So spielen sie eine wichtige Rolle bei der Herstellung von Farben, Kunststoffen, Arznei- und Pflanzenschutzmitteln. Selbst zur Produktion des Sprengstoffs TNT werden diese Chemikalien eingesetzt, die neben einem oder mehreren Benzolkernen zumindest eine Aminofunktion aufweisen.

Obwohl aromatische Aminoverbindungen bei diesen Produktionsprozessen gar nicht als Endprodukte in Erscheinung treten, sondern lediglich bei Zwischenschritten zur Anwendung kommen, wurden Vertreter der Stoffgruppe bereits in ländlichen und städtischen Gegenden Italiens, sowohl in der Innen- wie auch der Außenluft nachgewiesen. Zwei Substanzen, das Anilin und das o-Toluidin, fand man in der Muttermilch kanadischer Frauen – beide Aminoaromaten sind wichtige Ausgangsstoffe in der Farbenproduktion, o-Toluidin ist nachweislich krebserzeugend.

Um Aufschluss darüber zu erhalten, wie hoch die Belastung mit aromatischen Aminoverbindungen in der breiten Bevölkerung ist, wurden jeweils 100 Personen aus der Stadt (Ruhrgebiet) und dem ländlichen Raum (Münsterland) um Urin- und Blutproben gebeten. Zusätzlich fand eine schriftliche Befragung der Testpersonen zu möglicherweise relevanten Einflussfaktoren auf die indivi-

duelle Belastung statt. Kriterien waren dabei unter anderem der Raucherstatus, Art und Menge von Alkohol-, Kaffee- und Teekonsum, Medikamenteneinnahme sowie Ernährungsgewohnheiten und das Gewicht. Bisher konnten die Daten von insgesamt 80 Personen ausgewertet werden.

Für die Analyse wurden jeweils Substanzen ausgewählt, die kennzeichnend für die Bereiche „Lifestyle und Umwelt“ sowie „Ernährung“ sind und die wichtigsten potenziellen Quellen für die Belastung – vom Tabakrauch bis zu Leder, von Pflanzenschutzmittelrückständen bis zu Pharmazeutika – abdecken. Für den Lifestyle-Bereich wurden u.a. Anilin, o-Toluidin und 4-Aminobiphenyl ausgewählt, alle drei auch integraler Bestandteil im Tabakrauch, für den Bereich Ernährung untersuchten die Wissenschaftler u.a. die Pflanzenschutzmittel-Metaboliten 3- und 4-Chloranilin sowie 3,4- und 3,5-Dichloranilin. Um den Einfluss des Rauchens möglichst exakt abgrenzen zu können, wurde zusätzlich Cotinin im Urin erfasst, das mit dem Raucherstatus bekanntermaßen eng korreliert.

Neben dem Nachweis der Ausgangssubstanzen ist auch die Erfassung der Abbau- und Umwandlungsprodukte der Aromaten für die Abschätzung der Belastung wesentlich. Auf dem Weg durch den Körper können zwei konkurrierende Pfade eingeschlagen werden, von denen einer mittels Oxidation der aromatischen Aminofunktion zu den ultimativ kanzerogenen Hydroxylaminverbindungen führt.

Darum analysierten die Wissenschaftler beim „Biological Monitoring“ im Urin die Ausscheidung der konjugierten bzw. nicht konjugierten Amine und zudem beim „Biochemical Effect Monitoring“ die über den oxidativen Pfad entstehenden Hämoglobinaddukte – Verbindungen mit dem roten Blutfarbstoff. Diese Hämoglobinaddukte werden herangezogen als Stellvertreter für Addukte an der menschlichen Erbsubstanz (DNA-Addukte), die wiederum als Ausgangspunkt für die durch Chemikalien bedingte Krebsentstehung angesehen werden.

Die für Analyse und quantitative Erfassung der aromatischen Amine und ihrer Metaboliten erfor-

### KONTAKT

Prof. Dr. Jürgen Angerer  
Tobias Weiß  
Universität Erlangen/Nürnberg, Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin  
Schillerstr. 25  
91054 Erlangen  
Tel.: 09131/85-26123  
Fax: 09131/85-26126  
www.arbeitsmedizin.uni-erlangen.de  
Tobias.Weiss@rzmail.uni-erlangen.de



derliche Methodik musste teilweise erst entwickelt werden.

**Resultate**

Alle untersuchten Personen scheiden verschiedene aromatische Amine im Urin aus. Auch im Blut der Allgemeinbevölkerung sind die Substanzen in Form von Hämoglobinaddukten grundsätzlich nachweisbar.

Zwischen der Stadt- und der Landbevölkerung konnte kein signifikanter Unterschied der Belastung festgestellt werden.

Bei aromatischen Aminen, die sowohl in relevanten Konzentrationen im Tabakrauch enthalten sind, als auch Abbauprodukte von in größerem Maßstab angewendeten Pflanzenschutzmitteln darstellen, werden keine Unterschiede zwischen Rauchern und Nichtrauchern beobachtet. Eine Abschätzung der Höhe der Tabakrauch-Belastung mit diesen Aminen kann nur einen kleinen Teil der gesamten Belastung erklären (z.B. bei Anilin oder o-Toluidin).

Lediglich bei den Aminen, die nach Stand der Erkenntnis nur im Tabakrauch, nicht aber in Pflanzenschutzmitteln enthalten sind, zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen Rauchern und Nichtrauchern (z.B. 4-Aminobiphenyl oder p-Toluidin).

Dagegen konnten bei chlorierten Aminen keine Unterschiede zwischen Rauchern und Nichtrauchern festgestellt werden. Für diese Stoffgruppe sind vermutlich Pflanzenschutzmittel die Hauptquelle, weitere Anwendungsbereiche dieser Ami-

ne sind, abgesehen von einigen speziellen Pharmazeutika, nicht bekannt. Als Quelle kommt somit für die Gruppe der Amine insbesondere die Ernährung in Frage.

Dafür spricht auch die Tatsache, dass sich die gemessene Belastung rechnerisch auf die tägliche Aufnahme mit der Nahrung zurückführen lässt (am Beispiel 3-Chloranilin über Ergebnisse der Food and Drug Administration (FDA) in ihren Total-Diet-Studies, USA).

Insgesamt kann die Höhe der in dieser Untersuchung festgestellten inneren Belastung nicht als unbedenklich angesehen werden, zumal von einer Summenwirkung der verschiedenen Verbindungen auszugehen ist. Die weite Verbreitung der Amine in der Allgemeinbevölkerung – unabhängig vom Raucherstatus – muss umweltmedizinische Bedenken auslösen, da es sich zumindest teilweise um Substanzen handelt, die beim Menschen Krebs auslösen können.

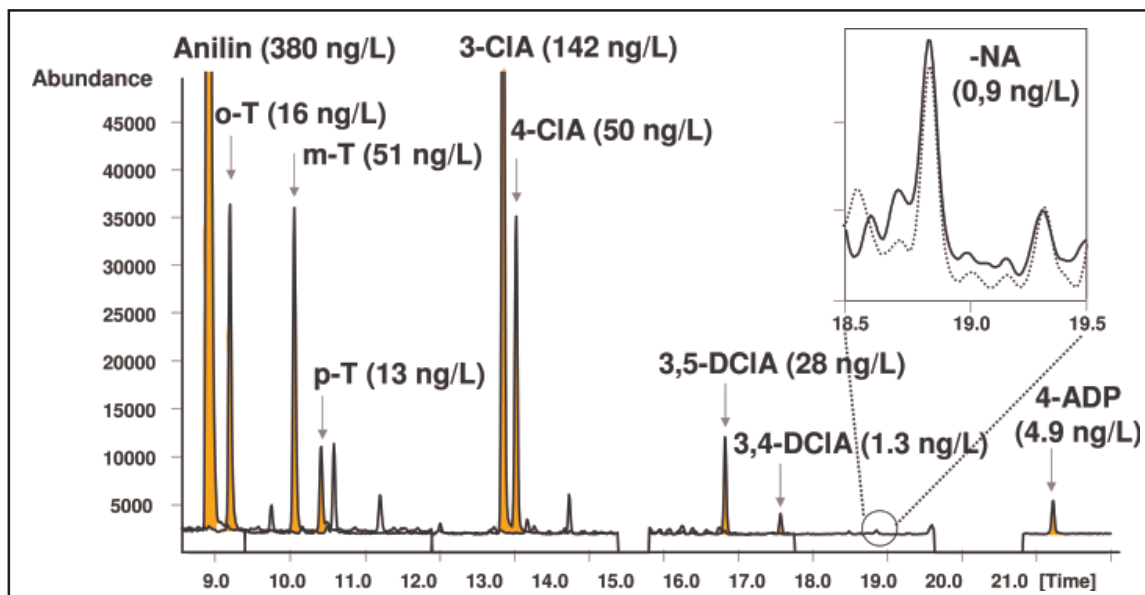
**Perspektive**

Die Untersuchung hat gezeigt, dass eine Belastung mit aromatischen Aminen vorhanden ist. Als nächsten Schritt geht es nun darum, zu klären, welches die Quellen dafür sind und wie die Aufnahmewege genau verlaufen.

Parallel dazu ist dringend erforderlich, das mit der inneren Belastung durch die aromatischen Aminoverbindungen einhergehende Krebsrisiko der Bevölkerung abzuschätzen bzw. den gesamten Prozess der Metabolisierung im Körper bis zur Addukt-Bildung exakt zu untersuchen.

**PROJEKT**

Projektitel:  
Belastung der Allgemeinbevölkerung mit aromatischen Aminoverbindungen – der Einfluss von Ernährung und Bekleidung  
Projektlaufzeit:  
1/2001 bis 12/2002



Chromatogramm einer nativen Blutprobe einer Person aus der Allgemeinbevölkerung

# Pt und Pd statt Pb

## Toxische Wirkungen von Platingruppenelementen

### KONTAKTE

Prof. Dr. Doris Stüben  
(Leitung), Dr. J.-Detlef Eckhardt  
(Ansprechpartner)  
Universität Karlsruhe  
Institut für Mineralogie  
und Geochemie  
Kaiserstr. 12  
76128 Karlsruhe  
Tel.: 0721/608-3323  
Fax: 0721/608-7247  
www.rz.uni-karlsruhe.de  
doris.stueben@img.uka.de  
detlef.eckhardt@img.uka.de

Prof. Dr. Andrea Hartwig  
Universität Karlsruhe  
Institut für Lebensmittel-  
chemie und Toxikologie  
Postfach 6980  
76128 Karlsruhe  
Tel.: 0721/608-2936  
Fax: 0721/608-7254  
www.lmc.uni-karlsruhe.de  
Andrea.Hartwig@  
chemie.uni-karlsruhe.de

### PROJEKT

1. Projekttitel:  
Spezies der Kfz-emittierten  
Platingruppenelemente  
und ihre toxische Wirkung  
(Teil A)

Projektlaufzeit:  
9/2000 bis 12/2003

2. Projekttitel:  
Spezies der Kfz-emittierten  
Platingruppenelemente und  
ihre toxische Wirkung (Teil B)

Projektlaufzeit:  
6/2001 bis 12/2003

### LITERATUR

Zereini, F. & Alt, F. [eds]  
(2000): Anthropogenic  
Platinum-Group Element  
Emissions Their Impact  
on Man and Environment.  
Springer  
Zereini F. & Alt F. [eds]  
(1999): Emissionen von  
Platinmetallen Analytik,  
Umwelt- und Gesundheits-  
relevanz.- Springer

**Der Straßenstaub hat sich gewandelt. Kfz-Katalysatoren verlangen Benzin ohne Blei (Pb), setzen jedoch die für die effektive Umwandlung von Stickoxiden, Kohlenmonoxid und unverbrannten Kohlenwasserstoffen erforderlichen Katalysator-Elemente Platin (Pt), Palladium (Pd) und Rhodium (Rh) frei. Wie die Stoffe mit den klangvollen Namen im Straßenstaub vorliegen und wie sie sich auf die Gesundheit des Menschen auswirken, wird am Institut für Mineralogie und Geochemie sowie am Institut für Lebensmittelchemie und Toxikologie der Universität Karlsruhe erforscht.**

Auch wenn ein Auto pro gefahrenen Kilometer gerade mal einige hundert Nanogramm Platin ausstößt, so hat der Einsatz der Platingruppenelemente (PGE) Platin (Pt), Palladium (Pd) und Rhodium (Rh) in Kfz-Katalysatoren inzwischen doch zu einem drastischen Konzentrationsanstieg dieser Elemente in der Umwelt geführt. Besonders im städtischen Staub und entlang stark befahrener Straßen.

Immerhin konnte bei Messungen bis zu ein Milligramm Platin pro Kilo Straßensediment gefunden werden. In den letzten zehn Jahren wurden vor allem Daten über die Verteilung der Elemente in verschiedenen Umweltbereichen veröffentlicht, dagegen ist über die chemischen und mineralogischen Bindungsformen der Platingruppenelemente, ihre Mobilität und den Einfluss auf die menschliche Gesundheit noch wenig bekannt.

Ein Schwerpunkt im Projekt war es zunächst, die analytischen Voraussetzungen zu schaffen, um zu überprüfen, ob Platin- und/oder Palladiumpartikel sich in Zellen an DNA binden. Dazu konnte eine Methode mithilfe der hochauflösenden Massenspektrometrie mit induktiv gekoppelter Plasma-Ionisierung (HR-ICP-MS) entwickelt werden. Um die PGE-haltigen Partikel zunächst zu charakterisieren (Form, mineralogische und chemische Zusammensetzung) und die Art ihres Vorkommens in Staub, Abgas, Atmosphäre und Straßenabfluss zu bestimmen, wurden verschiedene Beprobungsstrategien angewendet. Trotz der hohen räumlichen Auflösung und der Empfindlichkeit der gewählten Methoden war es bisher aber

nicht möglich, PGE-haltige Partikel in Staubproben auszumachen und hinreichend zu charakterisieren. Gründe dafür können die heterogene Verteilung oder die sehr geringe Größe der Partikel sein.

Um im Straßenstaub Bindungsformen und Mobilität von PGE-Verbindungen zu bestimmen, wurden verschiedene Lösungsmittel und Komplexbildner eingesetzt. Dabei konnte festgestellt werden, dass Platin vor allem an Mangan- und Eisenoxiden gebunden vorkommt.

Weitere Versuche auch mittels der Größenausschluss-Chromatographie haben gezeigt, dass Palladium und Platin zudem an Huminstoffen und einer weiteren niedermolekularen Verbindung gebunden werden.

Am Institut für Lebensmittelchemie und Toxikologie sollte das gentoxische Potenzial von Platin- und Palladium-Verbindungen in menschlichen Lungenzellen untersucht werden. Mithilfe der oben beschriebenen HR-ICP-MS konnte eine dosis- und zeitabhängige Platin- und Palladium-Bindung an DNA gezeigt werden, ebenso für platinbeschichtete Aluminiumoxid-Partikel, die den aus den Katalysatoren emittierten Verbindungen ähneln.

Untersucht wurde darüber hinaus die Stabilität der Platin-DNA-Addukte. Außerdem wurden Experimente zur intrazellulären Proteinbindung durchgeführt. Erste Ergebnisse zeigen für wasserlösliches Platintetrachlorid ebenso wie für die nahezu wasserunlöslichen platinbeschichteten Aluminiumoxid-Partikel eine zeitabhängige Anreicherung von Platin an Zellkernproteinen. Für die wasserlösliche Verbindung konnte eine deutliche zeitabhängige "Wanderung" des Platins in den Zellkern nachgewiesen werden.

### Perspektive

Neben Versuchen zur Löslichkeit und den Bindungsformen der Partikel in unterschiedlichen Medien und typischen mineralogischen Bodenphasen sind Versuche zur Identifizierung der von der Platin-Bindung betroffenen DNA-Basen sowie zur daraus resultierenden Mutagenität der Partikel geplant.



# Auswirkungen der Klärschlammdüngung

## Schadstoffanreicherung nachgewiesen

**Führt die Klärschlammdüngung zu einer nachweisbaren Anreicherung von Schadstoffen in Böden? Seit vielen Jahren steht diese Frage im Raum und hat im Zuge der bevorstehenden Novellierung der Klärschlammverordnung besondere Aktualität. Im Rahmen eines Projektes der LfU wurde die Belastung von Ackerböden in Baden-Württemberg mit Schwermetallen und organischen Schadstoffen untersucht: Dabei wurden Anreicherungen vor allem organischer Schadstoffe in Böden nachgewiesen.**

In jüngster Zeit konnte ein breites Spektrum organischer Schadstoffe in Klärschlämmen nachgewiesen werden. Doch über das Verhalten der Schadstoffe nach Aufbringung des Schlamms als Dünger auf Ackerböden lagen keine hinreichenden Erkenntnisse vor. Mehr Licht ins Dunkel bringt nun eine Untersuchung, die an 13 über das ganze Land verteilten Standorten durchgeführt wurde. 11 Praxisstandorte, die mit praxisüblichen Mengen (Gesamtaufbringung über mehrere Jahre zwischen 3,2 und 31,5 Tonnen pro Hektar) gedüngt wurden und zwei Versuchsfelder der Universität Hohenheim mit sehr hohen Klärschlammgaben von 85 und 510 Tonnen pro Hektar gingen in den Versuch ein. Bedingung war, dass die Flächen weitgehend unbeeinflusst von anderen Wirtschaftsdüngern wie Gülle waren und vor allem, dass eine von den Standort- und Bodeneigenschaften übereinstimmende, aber nicht beschlammte Fläche in der Nachbarschaft als Referenzfläche untersucht werden konnte.

Das Analysespektrum der Stoffgruppen orientierte sich an der Auswahl einer Arbeitsgruppe der Umweltministerkonferenz und umfasste Schwermetalle sowie unterschiedliche organische Stoffgruppen, deren Vorkommen bereits in zahlreichen Klärschlämmen nachgewiesen wurde.

### Resultat

Zentrales Ergebnis der Studie ist der Nachweis von Schadstoffanreicherungen an drei von elf landwirtschaftlichen Praxisstandorten und den Versuchsfeldern. An den beiden Praxisstandorten mit den

höchsten Klärschlammaufbringungsmengen wurden Anreicherungen von Organozinnverbindungen und polyzyklischen Moschusverbindungen sowie Kupfer und Zink nachgewiesen. An einem weiteren Praxisstandort waren die Gehalte an Organozinnverbindungen und Dioxinen (PCDD/PCDF) signifikant erhöht. Auf den Klärschlammversuchsfeldern zeigten sich deutliche Anreicherungen der genannten Stoffe und zusätzlich von Cadmium, Blei und Quecksilber sowie PCB, PAK und DDT. Die Konzentrationsniveaus der Schwermetalle wurden auch im Vergleich zu Hintergrund- und Vorsorgewerten betrachtet: Auf beiden Versuchsfeldern liegen Überschreitungen der Vorsorgewerte laut Bundesbodenschutz-Verordnung für die Elemente Cadmium, Quecksilber und Zink vor, ebenso der Hintergrundwerte für Kupfer und Zink. Für Zink wird auf einer der beiden Flächen zudem annähernd der Prüfwert für Wachstumsbeeinträchtigungen von Kulturpflanzen erreicht! Auf den Praxisflächen werden die Vorsorgewerte nicht erreicht.

Soweit bekannt, wurde im Rahmen dieser Untersuchung erstmals der analytische Nachweis für die durch Klärschlammdüngung verursachte Anreicherung von nicht ubiquitär vorhandenen organischen Verbindungen auf Praxisflächen erbracht. Besonders problematisch erscheint dabei die Vielfalt der im Schlamm vorkommenden organischen Stoffe, über deren Wirkung auf Mensch und Umwelt teilweise noch sehr wenig bekannt ist.

Bei den organischen Schadstoffen ist in diesem Zusammenhang deren offensichtlich hohe Persistenz bemerkenswert. Vertreter dieser Stoffgruppen, zum Beispiel polyzyklische Moschusverbindungen konnten trotz des langen Zeitraums seit der letzten Beschlämmung von bis zu 14 Jahren am Standort Hohenheim heute noch nachgewiesen werden.

### KONTAKT ■■■

Dr. Peter Dreher  
Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg,  
Referat 22 – Bodenschutz  
Griesbachstraße 1  
76185 Karlsruhe  
Tel.: 0721/983-1557  
www.lfu.baden-wuerttemberg.de  
peter.dreher@lfuka.lfu.bwl.de

### PROJEKT ■■■

Projekttitel:  
Schadstoffe in klärschlammgedüngten Ackerböden Baden-Württembergs  
Projektlaufzeit:  
1/2002 bis 3/2003



# Springschwänze als Bioindikatoren

## Richtlinien für Boden-Monitoring entwickelt

Die biologischen Eigenschaften von Böden sind gesetzlich geschützt. Doch anders als bei der Erfassung bodenphysikalischer und chemischer Parameter gibt es für die Bodenbiologie in Baden-Württemberg noch keine standardisierten Erhebungsmethoden. Um die Vergleichbarkeit der Daten zu verbessern, haben sich David J. Russell und Heike Blümel vom Staatlichen Museum für Naturkunde intensiv mit der Verteilung von Collembolen (Springschwänze) – als besonders aussagekräftige Indikatoren – in Böden befasst.

Die nachhaltige Sicherung der Bodenfunktionen ist ein wichtiges Ziel des Bodenschutzes, das sowohl im Bundes- wie im Landesgesetz verankert ist. Um die kontinuierliche Beobachtung von Böden zu garantieren, wurden darum bundesweit Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) eingerichtet. Auf diesen werden nach Vorgaben der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) physikalische und chemische Parameter der Böden wie auch deren Schadstoffgehalte regelmäßig ermittelt.

Biologische Eigenschaften wurden dagegen bislang nur versuchsweise aufgenommen. Allerdings konnten durch umfassende Untersuchungen im

Rahmen des Ökologischen Wirkungskatasters und des Integrierten Rheinprogramms in Baden-Württemberg Insekten aus der Ordnung der Collembolen, der Springschwänze, als besonders aussagekräftig ausgemacht werden. Als problematisch erwies sich dabei jedoch die starke

kleinräumige Heterogenität der Boden-Lebensgemeinschaften.

Da es für die routinemäßige Untersuchung der Dauerbeobachtungsflächen nur ein sehr begrenztes Zeit- und Finanzbudget gibt, stellt sich die Frage, wie groß die Zahl der Stichproben mindestens sein muss, um eine seriöse Aussage über die Veränderungen bei den im Boden lebenden Insekten machen zu können. Ein wichtiges Ziel des Projektes war darum die genaue Charakterisierung der kleinräumlichen Verteilungsheterogenität der als Bioindikatoren herangezogenen endogäischen Collembolen.

Es wurden zwei Probenflächen in den Leopoldshafener Rheinauen im Bereich „Schwabenloch“ zwischen Alb und Rhein ausgewählt. Eine in einem Eschen-Ahorn-Hartholzauen-Wald mit viel Haselnuss, die andere in einem Weichholzauenwald mit viel Weiden. Der Boden der Hartholzau war eine Vega aus ortsfremdem Material, der der Weichholzau ein Auengley. Die Humusform beider Flächen war Feuchtmull, eine Humusform, bei der die Streuauflage entweder völlig fehlt, oder nur einige Monate nach dem Streufall vorhanden ist. Nur in der Hartholzau war zur Zeit der Probennahme (Oktober) eine dünne Humusschicht erkennbar.

In beiden Flächen wurde eine möglichst repräsentative zehn mal zehn Meter große Fläche abgesteckt und ein Ein-Meter-Raster darüber gelegt. An jedem Rasterpunkt wurde eine Bodenprobe mit 6,4 Zentimeter Querschnitt in fünf Zentimeter Tiefe gezogen. In dieser Tiefe wurde zugleich die Bodentemperatur gemessen. Die Vegetation und das vorhandene Totholz auf der Fläche wurden kartiert.

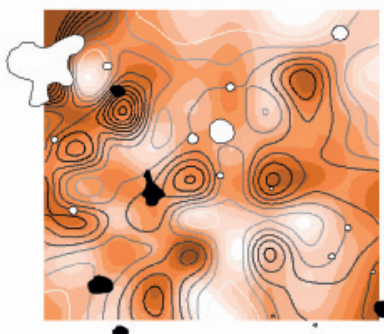
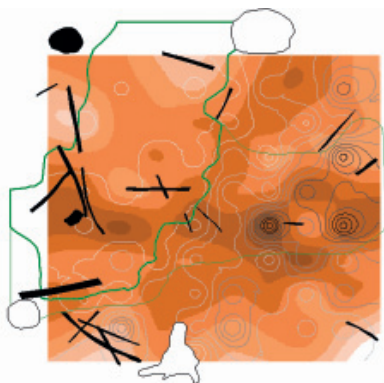
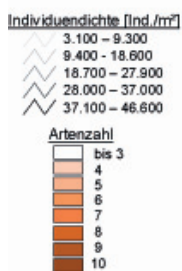
Die Proben wurden im Labor aufbereitet und die enthaltenen Springschwänze von der Resterde und anderen Tieren getrennt, anschließend ausgezählt und wegen ihrer geringen Größe von höchstens zwei Millimetern in mikroskopische Präparate eingebettet und dann bestimmt. Parallel dazu fand die Analyse der Bodenfeuchte und anderer wichtiger Parameter wie des pH-Werts oder des Gehalts an den Nährstoffen Kohlenstoff, Stickstoff und Schwefel statt.

Zunächst wurde die Gesamtartenzahl und die

### KONTAKT

Dr. David J. Russell  
Staatliches Museum für  
Naturkunde Görlitz  
Postfach 300 154  
02806 Görlitz  
Tel.: 03581/4760-502  
Fax: 03581/4760-101  
<http://naturkundemuseum-goerlitz.de>  
David.Russell@smng.  
smwk.sachsen.de

Verteilungskarten – Zusammenhang zwischen Individuendichten (Linien) und Artenzahlen (Flächen) in den zwei Untersuchungsflächen. Oben: Weidenholzau, unten: Hartholzau. Die Holzvegetation (weiß) sowie tote Baumstämme und Totholz (schwarz) sind ebenfalls dargestellt.







durchschnittliche Individuendichte pro Quadratmeter ermittelt und für jede Fläche eine Arten-Akkumulationskurve berechnet. In einem nächsten Schritt bestimmten die Wissenschaftler für beide Flächen den relativen Anteil jeder Art an der Gesamtartengemeinschaft (= Dominanz) sowie die Erfassungsfrequenz jeder Art (= Konstanz, die relative Anzahl der Proben, in denen eine Art erfasst wurde).

Daraus konnten Haupt-, Begleit- und Nebenarten abgeleitet werden. Diese Klassifizierung wurde wiederum dazu verwendet, die einzelnen Arten in „Relevanz“-Gruppen der jeweiligen Gemeinschaft einzuordnen. So zum Beispiel die Gruppe der „seltenen Arten“ mit nur ein bis zwei Individuen bzw. Arten, die nur in ein bis zwei Proben zu finden waren. Auf dieser Basis wurden die Daten weiter ausgewertet, insbesondere durch Artenakkumulationskurven für die jeweiligen Teilgemeinschaften. Zuletzt kam die Überprüfung der räumlichen Verteilungszusammenhänge, um Hinweise für die Stichprobenverteilung in Monitoringprogrammen geben zu können.

## Resultat

Bereits vorhandene wissenschaftliche Arbeiten verweisen auf das Problem der Aggregation von Bodenorganismen und der damit verbundenen ungleichmäßigen Verteilung über die Fläche. Auch in diesem Projekt führte die Aggregation der Collembolen zu einer sehr hohen Varianz der Daten und damit zu der Erkenntnis, dass die Individuendichte in Datenerhebungen auf Dauerbeobachtungsflächen nicht immer als Kennparameter geeignet ist.

Auch für die reine Artenerfassung zeigte sich, dass 100 Stichproben nicht ausreichen, alle vorhandenen Arten nachzuweisen. Allerdings reichten bei allen durchgeführten Simulationen bereits fünf Stichproben aus, um die jeweiligen Hauptarten der Gemeinschaft zu erfassen, bei fünf bis zehn Proben war dies auch für die Charakterarten gegeben. Wobei auf dieser Basis noch keine Flächen- und Zeitdifferenzierung möglich ist. Hierfür müssen die Begleitarten einbezogen werden, für deren Erfassung in der Simulation zehn bis zwanzig Proben nötig waren. Diese Probenzahl setzten die Wissenschaftler darum auch für das Monitoringprogramm als Minimum an. Lediglich wenn mehrere Beprobungen im Jahr statt-

finden, ist es unter Umständen möglich, die Zahl weiter zu reduzieren.

Es wurden auf den Probenflächen Gradienten bei der Verteilung der Arten und Individuendichten gefunden, insbesondere in der Weichholzaue. Zusammenhänge gab es vor allem mit der Bodenvegetation und der Orientierung der Fläche zur Wasserlinie hin. Dabei zeigen die Arten beziehungsweise Artengruppen spezifische Unterschiede. Für eine komplette biologische Charakterisierung einer Boden-Dauerbeobachtungsfläche ist es wesentlich, die verschiedenen Gruppen – seien es quantitative Referenzgruppen der Gemeinschaft oder qualitative, ökologisch ähnlich reagierende Artengruppen – zu erfassen. Darum ist es bei Probennahmen entscheidend, einen guten Querschnitt aller Stichproben und Flächenorientierungen anzustreben.

Ein weiteres Kriterium ist der Abstand zwischen den Stichproben. Der Artenwechsel zwischen den Proben stieg kontinuierlich mit dem Probenabstand an, besonders deutlich bei der Weichholzaue, mit mittleren Werten bei etwa fünf Metern. Zusammenfassend lassen sich folgende Richtlinien – die allerdings noch spezifiziert werden müssen – für die Entnahme von Stichproben in BDF aufstellen:

- Aufgrund der erfassten Verteilungsmuster einzelner Arten und insbesondere der ökologischen Artengruppen scheinen als Minimalareal für die Erfassung dieser Gruppen die hier untersuchten 100 Quadratmeter zwingend zu sein.
- Mindestens 10 Stichproben.
- Abstand der Stichproben zueinander mindestens 3-5 Meter.
- Gleichmäßige Verteilung der Stichproben durch eine gesamte Untersuchungsfläche; dabei alle Vegetationsgradienten, Geländeausrichtungen u.ä. gleichermaßen erfassen.
- Mindestens einen Meter Abstand zu Grobstrukturen (z.B. Bäume) einhalten.

Die aufgestellten Kriterien sichern eine repräsentative bioindikatorische Charakterisierung von Boden-Dauerbeobachtungsflächen. Dies gilt allerdings nicht für heterogene Landschaften.

Hier muss die Auswahl der Stichproben jeweils für homogene Bereiche erfolgen, die im Monitoringprogramm getrennt von einander betrachtet werden müssen.

## PROJEKT ■■■

Projekttitle:  
Feststellung und Modellierung der kurzfristigen Jahresdynamik und kleinräumigen Variabilität von endogäischen Insekten für Monitoring-erhebungen auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Baden-Württemberg – Erhöhung der Aussagekraft des Monitoringprogramms in Auenhabitaten

Projektlaufzeit:  
7/2001 bis 3/2004

# Mit der Natur gegen Altlasten

## Ergänzung geltender Handlungsempfehlungen zur Untersuchung im Hinblick auf eine effektive Nutzung natürlicher Abbau- und Rückhalteprozesse bei der Altlastenbearbeitung in Baden-Württemberg

### KONTAKTE

Dr. Wolfgang Kohler  
Landesanstalt für Umweltschutz Bad.-Württ., Referat 44 – Altlasten, Schadensfälle  
Griesbachstr. 1  
76185 Karlsruhe  
Tel.: 0721/983-1438  
www.lfu.baden-wuerttemberg.de  
wolfgang.kohler@lfuka.lfu.bwl.de

Prof. Dr. Georg Teutsch  
Dr. Hermann Rügner  
Universität Tübingen  
Zentrum für Angewandte Geowissenschaften (ZAG)  
Sigwartstraße 10  
72074 Tübingen  
Tel.: 07071/297-6468  
07071/297-5041  
Fax: 07071/5059  
georg.teutsch@uni-tuebingen.de  
hermann.ruegner@uni-tuebingen.de

Charakteristische Fahnenlängen verschiedener Schadstoffe im Grundwasser.

Neben den aufwendigen und kostenintensiven aktiven Sanierungstechniken berücksichtigt die Altlastenbearbeitung zunehmend auch die Selbstheilungskräfte der Natur, die unter dem Begriff „Natural Attenuation“ eine lebhaft Diskussion in Fachkreisen ausgelöst haben. In ihrem Bericht zeigen die Autoren Möglichkeiten auf, im Rahmen der systematischen Altlastenbearbeitung in Baden-Württemberg die Erkundung durch geeignete Maßnahmen zu ergänzen, um auch Natural-Attenuation-Aspekte berücksichtigen zu können.

### Analyse

Die Begriffe „natürlicher Rückhalt“ (Natural Attenuation, NA) und „natürlicher Abbau“ von Schadstoffen im Aquifer sind in letzter Zeit in Deutschland nicht zuletzt aufgrund der knapp gewordenen Mittel für die Sanierung in den Vordergrund der Diskussion gerückt. Die Nutzung des natürlichen Rückhalte-/Abbaupotenzials eines Aquifers kann unter Umständen die Sanierung selbst ersetzen und würde dann nur noch Kosten für die Erkundungs- und Monitoring-Maßnahmen verursachen. „Natural Attenuation“ kann auch als gezielte Nutzung der Selbstheilungskräfte der Natur bei der Altlastensanierung verstanden werden. In der Praxis wird in diesem Zusammenhang häufig beobachtet, dass Schadstofffahnen im Grundwasser nicht die erwartete Länge aufweisen und zudem in manchen Fällen

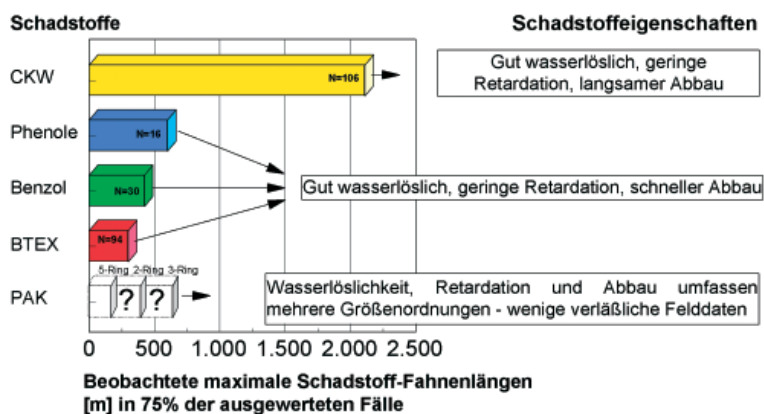
scheinbar stationär sind. Dieses Phänomen kann häufig nicht allein mit Sorptionseffekten erklärt werden. Auch fällt bei statistischen Auswertungen auf, dass die Fahnenlänge von BTEX-Kontaminationen im Mittel deutlich geringer ist als die von LCKW-Kontaminationen, was auf die unterschiedliche biologische Abbaubarkeit zurückgeführt werden kann.

Der Begriff „natürlicher Rückhalt“ ist im deutschen Sprachgebrauch bisher nicht eindeutig definiert. Die amerikanische Definition nach der EPA versteht unter dem natürlichen Rückhaltevermögen eines Aquifers die Eigenschaft eines Aquifers durch Prozesse wie Bioabbau, Dispersion, Verdünnung, Sorption, Verflüchtigung und chemischer Stabilisierung von Schadstoffen, die Toxizität, Mobilität oder das Volumen von Schadstoffen effektiv so weit zu reduzieren, dass die menschliche Gesundheit und das Ökosystem nicht gefährdet sind.

Von besonderem Interesse hierbei ist der biologische Abbau von Kontaminationen im Grundwasserleiter, da hierbei eine tatsächliche Reduktion der Schadstofffracht erfolgt. Vorgänge wie Sorption, Dispersion und Verdünnung sind kritischer zu beurteilen, da hierbei nur eine Verringerung der Konzentration erfolgt, das tatsächliche Schadstoffinventar jedoch nicht beeinflusst wird.

Voraussetzung hierfür ist, dass die Prozesse **identifiziert** und **quantifiziert** werden können. Es müssen Kriterien definiert werden, um beurteilen zu können, dass bei dem betreffenden Altlastenfall tatsächlich effektive Selbstsanierungsprozesse stattfinden, die als Alternative zu einer Sanierungsmaßnahme in Betracht gezogen werden können. Langfristig muss sichergestellt sein, dass die Prozesse **stabil** und **nicht reversibel** sind. Die Schadstofffahne im Grundwasserleiter muss sich praktisch **stationär** verhalten. Die Kriterien müssen mit vertretbarem Aufwand darstellbar und nachvollziehbar sein, damit sie in der Verwaltungspraxis umgesetzt werden können.

Bei den ersten NA-spezifischen Altlastenuntersuchungen hat sich allerdings gezeigt, dass die bisher





in Anwendung befindlichen Untersuchungsstrategien der systematischen Altlastenbearbeitung die speziellen Aspekte und Fragestellungen hinsichtlich der Quantifizierung von NA-Prozessen nur unzureichend berücksichtigen, das heißt, dass für eine solide Bewertung von Natural Attenuation aufwendige Nachuntersuchungen erforderlich sind.

Es sollen daher – wo sinnvoll – die NA-spezifischen Untersuchungen im Zuge der einzelnen Untersuchungsschritte mit durchgeführt und somit die entsprechenden Informationen (Daten/Parameter) möglichst früh im Rahmen der Altlastenuntersuchung erhoben werden. Dies ist unter Kostenaspekten sinnvoll, da viele dieser Daten und Parameter im Zuge der einzelnen Untersuchungsschritte mit vergleichsweise geringem Zusatzaufwand ermittelt werden können. Der vorliegende Bericht soll die in diesem Zusammenhang sinnvollen Strategien bei der Altlastenerkundung herausarbeiten.

## Resultate

- Bei der Berücksichtigung von NA-Zusatzuntersuchungen im Rahmen der Altlastenbearbeitung fällt der größte Anteil dieser Untersuchungen in die Detailuntersuchung.
- Die Berücksichtigung von NA-Zusatzuntersuchungen im Rahmen der orientierenden und

der Detailuntersuchung führt zu einer geringfügigen Kostenersparnis im Vergleich zur späteren Durchführung dieser Untersuchungen. Diese Kosten können auf ca. 10 bis 20 Prozent der Kosten der technischen Untersuchungen (inkl. NA-Untersuchungen) geschätzt werden.

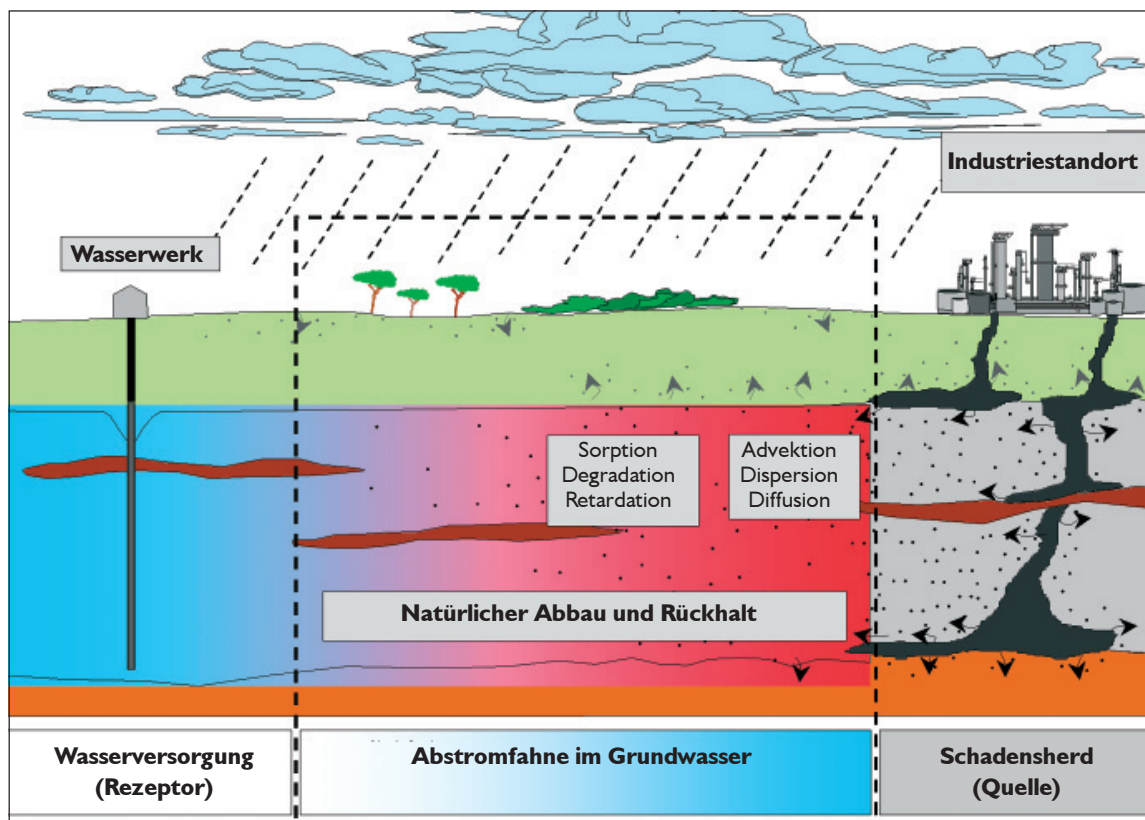
- Ein großer Vorteil einer Altlastenbearbeitung unter Berücksichtigung der NA-Untersuchungen ist die daraus resultierende Zeitersparnis. Eine nachträgliche Bearbeitung im Anschluss bzw. im Rahmen einer Sanierungsuntersuchung wird die Bearbeitungszeit erfahrungsgemäß um mindestens ein bis zwei Jahre verlängern.
- Es konnte eine größere Anzahl von Untersuchungsparametern identifiziert werden, die eine Einschätzung des NA-Potenzials einer Altlast erlauben.
- Eine Typisierung der Altlasten erlaubt eine speziell angepasste Vorgehensweise.

## Perspektive

Die demnächst vorgesehene Fortschreibung des Handbuchs „Altlasten in Baden-Württemberg“ wird die erarbeiteten Ergebnisse des vorliegenden Berichts als Baustein nutzen, um zukünftig den Aspekt „Natural Attenuation“ bei der Altlastenbearbeitung besser berücksichtigen zu können.

## PROJEKT

Projektitel:  
Ergänzung geltender Handlungsempfehlungen zur Erkundung in Hinblick auf eine effektive Nutzung natürlicher Abbau- und Rückhalteprozesse bei der Altlastenbearbeitung in Baden-Württemberg  
Projektlaufzeit:  
4/2001 bis 11/2002



Typisches Schadenszenario an Altstandorten (Quelle-Pfad-Rezeptor). Wichtigste Voraussetzung für die Implementierung von „Natural Attenuation“ ist eine zuverlässige Quantifizierung der natürlichen Abbau- und Rückhalteprozesse am Standort.

# Altlastenanalyse: Kurze Wege zum Ziel

Vor-Ort-Messtechniken sparen Zeit und Kosten – und sind zuverlässig

**Sind bei der Altlastenerkundung wenige, äußerst genaue Labormessungen besser als eine Vielzahl von Einzelproben mit kostengünstigen, aber dafür nicht so präzisen Vor-Ort-Verfahren? Bislang führt kein Weg am Labor vorbei. Doch im Rahmen des BWPLUS-Forschungsschwerpunktes „Boden- und Flächenressourcen-Management in Ballungsräumen“ werden auch innovative Vor-Ort-Messtechniken getestet.**

Bei der Emissionsüberwachung oder im Bereich des Arbeitsschutzes sind Vor-Ort-Messungen (VOM) gang und gäbe. Doch können die verfügbaren Messgeräte nicht ohne weiteres für die Erkundung kontaminierter Flächen herangezogen werden. Dies liegt vor allem an der Komplexität der zu messenden Stoffmatrix. Doch gerade die Heterogenität des kontaminierten Untergrundes spricht dafür, die Zahl der Messungen zu erhöhen. So können VOM den scheinbaren Nachteil der geringeren Präzision durch einen Gewinn an statistischer Sicherheit ausgleichen. Zudem führt die Gewinnung von Daten vor Ort zu einer größeren Flexibilität bei der Erkundung. Es gilt also, die verfügbaren Techniken und Geräte auf ihre Eignung zu prüfen, an die speziellen Anforderungen und Schadstoffe vor Ort anzupassen und in Praxistests so weiter zu entwickeln, dass sie kostengünstig und mit einfacher Handhabung eingesetzt werden können. Dabei konzentriert sich die vorliegende Studie auf den Bereich der sensorischen Verfahren.

## Resultate

Im Rahmen des Projektes wurden verschiedene Prototypen zur Messung von Schadstoffen im Boden, Grundwasser und in der Bodenluft entwickelt, im Labor kalibriert und schließlich unter realen Feldbedingungen getestet, um eine Verbesserung der Gerätetechnik hinsichtlich Handhabung und Robustheit zu erzielen sowie die Aussagekraft der Messergebnisse zu überprüfen. Die Vor-Ort-Messungen an unterschiedlich gearteten Altlastenstandorten wurden mit den per Laboranalyse erzielten Ergebnissen verglichen. Dies ergab durchweg eine zuverlässige Bestimmung der vor-

handenen Schadstoffgruppen, auch in ihrer horizontalen und vertikalen Verteilung – bei deutlich geringerem Aufwand. Der Kostenvergleich zeigte, dass die Nutzung von Vor-Ort-Messtechnik fast um die Hälfte günstiger ist als die herkömmliche Vorgehensweise. Grund ist vor allem, dass die üblichen zwei Schritte – Probenahme und Laboranalytik – vor Ort zusammengefasst werden können. Da Vor-Ort-Messmethoden derzeit noch keine quantitativen und damit juristisch haltbaren Ergebnisse liefern, müssen in jedem Fall zusätzlich Proben über die Laboranalytik ausgewertet werden. Unter Anwendung von Vor-Ort-Messmethoden können repräsentative Probennahmepunkte gezielt festgelegt und Nachuntersuchungen vermieden werden.

## Perspektiven

Um Vor-Ort-Messgeräte einer breiten Anwendung zugänglich zu machen, wird an der Universität Stuttgart regelmäßig ein Symposium „Vor-Ort-Analytik“ durchgeführt, wo Entwickler, Anwender, Ingenieurbüros und Behörden zur Diskussion zusammengeführt werden. Zusätzlich werden die bundesweit laufenden Entwicklungen bei der Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (Altlastenausschuss) und in dem beim Umweltbundesamt eingerichteten Fachbeirat für Bodenuntersuchungen zusammengeführt.



## KONTAKT

Dr. habil. Baldur Barczewski  
Universität Stuttgart  
Institut für Wasserbau,  
Versuchseinrichtung zur  
Grundwasser und Altlast-  
tensanierung „VEGAS“  
Pfaffenwaldring 61  
70550 Stuttgart  
Tel.: 0711/685-4739  
Fax: 0711/685-4631  
www.iws.uni-stuttgart.de  
baldur.barczewski@iws.uni-  
stuttgart.de

## PROJEKT

Projekttitel:  
Boden- und Flächenres-  
ourcen-Management in  
Ballungsräumen: Innovative  
Erkundungsmethoden von  
Schadstoffbelastungen  
Projektlaufzeit:  
7/1999 bis 6/2002

## LITERATUR

Barczewski, B., Batereau,  
K., Flachowsky, J., Franzius,  
V., Hempel, M. (Hrsg.): Vor-  
Ort-Analytik für die Erkun-  
dung von kontaminierten  
Standorten. Schriftenreihe  
der DBU, Initiativen zum  
Umweltschutz, Heft 54,  
Berlin: Erich Schmidt, 2003

Mit Hilfe von Vor-Ort-  
Messmethoden lassen  
sich die beiden Schritte  
Probenahme und Ana-  
lyse zusammenfassen.



# THERIS im Probelauf

## Thermisches In-Situ-Sanierungsverfahren für gering durchlässige Böden

**In den letzten drei Jahren wurde im Rahmen eines von BWPLUS und dem BMBF paritätisch geförderten Forschungs- und Entwicklungsvorhabens in der Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und Altlastensanierung (VEGAS) an der Universität Stuttgart die Thermische In-situ-Sanierungstechnologie THERIS bis zur Anwendungsreife entwickelt.**

THERIS ist ein Verfahren aus der Gruppe der thermisch unterstützten Bodenluftabsaugverfahren. Der Energieeintrag und damit die Aufheizung des Untergrunds erfolgt über feste Wärmequellen in Form von elektrisch betriebenen Heizelementen, die im Boden eingebaut werden und mit Temperaturen von bis zu 600°C betrieben werden können. Durch die Aufheizung des Bodens und damit der Schadstoffe werden diese in die Gasphase überführt. Die Extraktion der schadstoffbeladenen Bodenluft erfolgt über eine konventionelle Boden-Luft-Absaugung mit nachgeschalteter Abluftreinigung.

Bei der In-situ-Sanierung von Verunreinigungen der ungesättigten Bodenzone mit mittel- bis schwerflüchtigen Schadstoffen wird oft noch die kalte Bodenluftabsaugung (BLA) als Stand der Technik angewandt. Da die Massenausträge von der Flüchtigkeit des Schadstoffs und dem geologischen Bodenaufbau abhängen, sind selbst bei günstigen Randbedingungen meist mehrjährige Sanierungszeiten zu veranschlagen. Durch Erhöhung der Temperatur im Untergrund steigt die Flüchtigkeit der Schadstoffe exponentiell an. Die Vervielfachung der Massenausträge ermöglicht daher deutlich kürzere Sanierungszeiten, was wiederum für die Besitzer der innerstädtischen Brachen und potenzielle Investoren von großem Vorteil sein kann.

THERIS wurde daher entwickelt mit dem Ziel der wirtschaftlichen und schnellen Sanierung der ungesättigten Bodenzone bei Vorliegen einer Kontamination mit mittel- bis schwerflüchtigen organischen Schadstoffen auch bei gering durchlässigem Untergrund. Gegenüber anderen thermischen Verfahren wie dem „Radio Frequency Heating“ (RFH) bietet sich dieser Ansatz wegen seiner einfachen Handhabung und der guten Verfügbarkeit von elektrischem Strom an. Die

Gleichmäßigkeit der Aufheizung wird dabei vor allem durch die Optimierung der Anordnung der Heizlanzen und deren Geometrie erreicht.

Dies wurde unter anderem in dreidimensionalen, großskaligen Untersuchungen gezeigt, in denen ein gering durchlässiger Bodenkörper mit festen Wärmequellen bereichsweise auf über 170°C erhitzt wurde und eine dort vorliegende Kontamination eines mittelflüchtigen Schadstoffs innerhalb weniger Wochen vollständig „abgereinigt“ werden konnte. Die Großversuche wurden in einem Teil des VEGAS-Großbehälters mit einer Grundfläche von 6 mal 6 Metern und einer Höhe von 4,5 Metern durchgeführt. Um eine naturnahe, geschichtete Bodenstruktur zu erhalten, wurde eine gering durchlässige Schicht aus nichtbindigem Feinmaterial in Grobsand eingebettet. Vier Wärmequellen wurden quadratisch in der Mitte der ein Meter mächtigen Feinschicht angeordnet. In der Grobsandschicht waren vier Bodenluftpegel angeordnet – je zwei für die Zuführung und Absaugung der Bodenluft. Die installierten Heizelemente wurden mittels einer Regelung konstant auf 500°C betrieben. Damit konnten unter definierten Randbedingungen Experimente zur Entwicklung und Erprobung der Sanierungstechnik inklusive Ausrüstung und Anlagensteuerung auf feldähnlicher Skala durchgeführt werden.

### Perspektiven

Die experimentellen Arbeiten wurden durch numerische Simulationen begleitet, um die Ergebnisse auf andere Skalen und Bodenstrukturen übertragen zu können. Allerdings ist aufgrund der komplexeren Verhältnisse bei dreidimensionaler Strömung eine vollständige Übertragung für eine Feldanwendung mittels numerischer Modelle noch nicht möglich. Die auf den kleinskaligen Untersuchungen und numerischen Arbeiten aufbauenden Technikumsversuche in einem VEGAS-Großbehälter schließen jedoch diese Lücke, sodass mit THERIS eine vielversprechende In-situ-Sanierungstechnologie zur Verfügung steht, die im Rahmen von Pilotvorhaben in die Anwendungspraxis überführt werden kann. Eine erste Anwendung ist derzeit als Pilotsanierung in der konkreten Planung.

### KONTAKT

Dr.-Ing. Hans-Peter Koschitzky  
 Universität Stuttgart  
 Institut für Wasserbau,  
 Versuchseinrichtung zur  
 Grundwasser und Altlastensanierung „VEGAS“  
 Pfaffenwaldring 61  
 70550 Stuttgart  
 Tel.: 0711/685-4716  
 Fax: 0711/685-7020  
 www.vegasinfo.de  
 hans-peter.koschitzky@  
 iws.uni-stuttgart.de

### PROJEKT

Projekttitel:  
 THERIS –Technologie-  
 entwicklung zur thermischen  
 In-situ-Sanierung gering  
 durchlässiger Böden  
 Projektlaufzeit:  
 8/2001 bis 9/2003

# Energiesparende Bodensanierung

## DHR: Die Physik arbeitet mit

**Die Altlastenkartierung ist längst noch nicht abgeschlossen, doch, was bekannt ist, bietet vielerorts genug Grund zur Sorge. Die Sanierung belasteter Böden ist aufwendig und mit immensen Kosten verbunden – nicht selten sind solche Flächen jahrelang ein Hemmnis für die Innenentwicklung von Gemeinden. Von Wissenschaftlern des Instituts für Wasserbau der Universität Stuttgart wurde ein Verfahren patentiert, das gleich für mehrere Probleme eine Lösung anbietet.**

Besonders problematisch ist bei verunreinigtem Gelände die Sanierung des Grundwassers. Während Böden bei schwerer Belastung abgetragen und entsorgt werden können, bleibt das Grundwasser am Ort oft viele Jahre lang mit Schadstoffen kontaminiert. Meist wird es mit mehreren Pumpen an die Oberfläche transportiert und einer Reinigungsanlage zugeleitet. Häufig findet sich im Wasser aus der Tiefe nicht nur ein Schadstoff, sondern gleich ein ganzer Cocktail chemischer Substanzen.

Am Standort des ehemaligen Mineralölwerks Epple, im Gipskeupergebiet der Stuttgarter Hunklinge, wurden seit Ende des 19. Jahrhunderts Mineralöle hergestellt und verarbeitet, mit mineralölverwandten Produkten gehandelt und Altöle aufbereitet. Hier finden sich heute im Boden neben Mineralöl-Kohlenwasserstoffen und Chlorierten Kohlenwasserstoffen auch BTEX-Aromaten und Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe. Die Schadstofffahne hat sich inzwischen weit über das Grundstück des Verursachers ausgedehnt. Ganz in der Nähe, im Abstrom des Epple-Areals, liegt das mit diesen Stoffen ebenfalls belastete Fumy-Gelände, dessen Erdreich zusätzlich mit Chrom(VI) kontaminiert ist.

### Dichtwand-Heber-Reaktor-Verfahren

Bereits seit 1998 wird das Grundwasser im „Pump and Treat“-Verfahren saniert. Hierzu wird aus fünf Sanierungsbrunnen Wasser entnommen und einer mehrstufigen Reinigungsanlage zugeführt. Als Alternative zu diesem Verfahren war geplant, eine neue innovative Methode, das (Dichtwand-) He-

ber-Reaktor-Verfahren (DHR) vor Ort einzusetzen. Entwickelt und zur Patentierung gemeldet wurde es von VEGAS, der Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und Altlastensanierung, am Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart und dem Grundwasserforschungsinstitut Luckner & Partner in Dresden. Das DHR-Verfahren nutzt ein vorhandenes ausreichendes Grundwassergefälle zur Förderung des Grundwassers nach dem Heber-Prinzip, bei dem das Wasser durch den Sog einer ununterbrochenen Wassersäule ohne Energiezufuhr nach oben befördert wird. Dort kann das kontaminierte Grundwasser je nach Art und Menge der Schadstoffe in verschiedenen Reaktoren, die in das Heber-System integriert sind, gereinigt werden. Falls kein ausreichendes Grundwassergefälle vorhanden ist, kann eine Dichtwand die nötige Potenzialdifferenz erzeugen, um die Förderung des Grundwassers nach dem Heber-Prinzip zu ermöglichen.

### Geringere Kosten

Gegenüber dem bisher betriebenen Pump-and-Treat-Verfahren bietet die Innovation den Vorteil, dass keine Pumpen zur Förderung des Grundwassers benötigt werden. Das bedeutet, dass für den Betrieb des Reaktors keine weitere Energie zugeführt werden muss und damit ein großer Teil der Betriebskosten konventioneller Verfahren entfällt. Darüber hinaus entfallen die Wartung der Pumpen, eventuelle Reparaturen oder der Ersatz dieser verschleißanfälligen Anlagenteile. Das extrem einfache Prinzip des DHR ist somit zudem vergleichsweise wenig störungsanfällig. Gegenüber einer weiteren Alternativmethode, dem passiven „Funnel and Gate“-System, bei dem das reinigende Material direkt in den Grundwasserleiter eingebaut wird und ein Untertagereaktor erforderlich ist, ist das mit einem gut zugänglichen oberirdischen Reaktor arbeitende DHR-Verfahren erheblich kostengünstiger; die Reinigungsergebnisse sind besser zu kontrollieren. Nicht zuletzt kann das reaktive Material in der Anlage leichter ausgetauscht werden.

Im Laufe des Jahres 2001 wurde in der Stuttgarter Versuchseinrichtung eine DHR-Versuchsanla-

## KONTAKT

Dr. habil. Baldur Barczewski  
 Universität Stuttgart  
 Institut für Wasserbau,  
 Versuchseinrichtung zur  
 Grundwasser- und Altlastensanierung „VEGAS“  
 Pfaffenwaldring 61  
 70550 Stuttgart  
 Tel.: 0711/685-4717  
 Fax: 0711/685-7020  
 www.iws.uni-stuttgart.de  
 Baldur.Barczewski@  
 iws.uni-stuttgart.de



ge im technischen Maßstab aufgebaut, um die erforderlichen Voruntersuchungen für den Einsatz am Standort durchzuführen. Vorteilhaft ist hierbei, dass alle wesentlichen Anlagenteile, von der Dichtwand über den Saugheber bis hin zu den Reaktoren, in anderen technischen Bereichen bereits langjährig eingesetzt werden und damit erprobt sind.

Es zeigte sich im Versuchsbetrieb, dass die Anlage auch bei Unterdruck, wie ihn das Verfahren erfordert, stabil und mit hoher Reinigungsleistung arbeitet. Auch für die schwierige Eliminierung von Vinylchlorid bei Unterdruck wurden Sanierungsmöglichkeiten (Sorption auf Aktivkohle oder biologischer Abbau) gefunden.

### Im Kraichgau statt in Stuttgart

Zur Sanierung des Epple- und Fumy-Geländes wurden im Laufe des Jahres 2002 verschiedene Einsatzmöglichkeiten des Heber-Verfahrens und unterschiedliche Möglichkeiten für die Ableitung des gereinigten Grundwassers diskutiert und die Kosten für die Investition und zehn Jahre Betrieb kalkuliert. Es konnte eine sehr kostengünstige Variante gefunden werden. Während die Betriebskosten deutlich unter denen der derzeit arbeiten-

den Anlage lägen, wären allerdings für den Bau Investitionskosten von mindestens 300.000 Euro erforderlich gewesen, für welche die Stadt Stuttgart derzeit keine Mittel zur Verfügung hatte. Darum wurde von der Stadt entschieden, die vorhandene Grundwasserreinigung weiter zu betreiben, obwohl dies in der Gesamtkostenbetrachtung über eine Sanierungsdauer von fünf Jahren nicht die preisgünstigste Variante darstellt.

### Grünes Licht für Dauerbetrieb

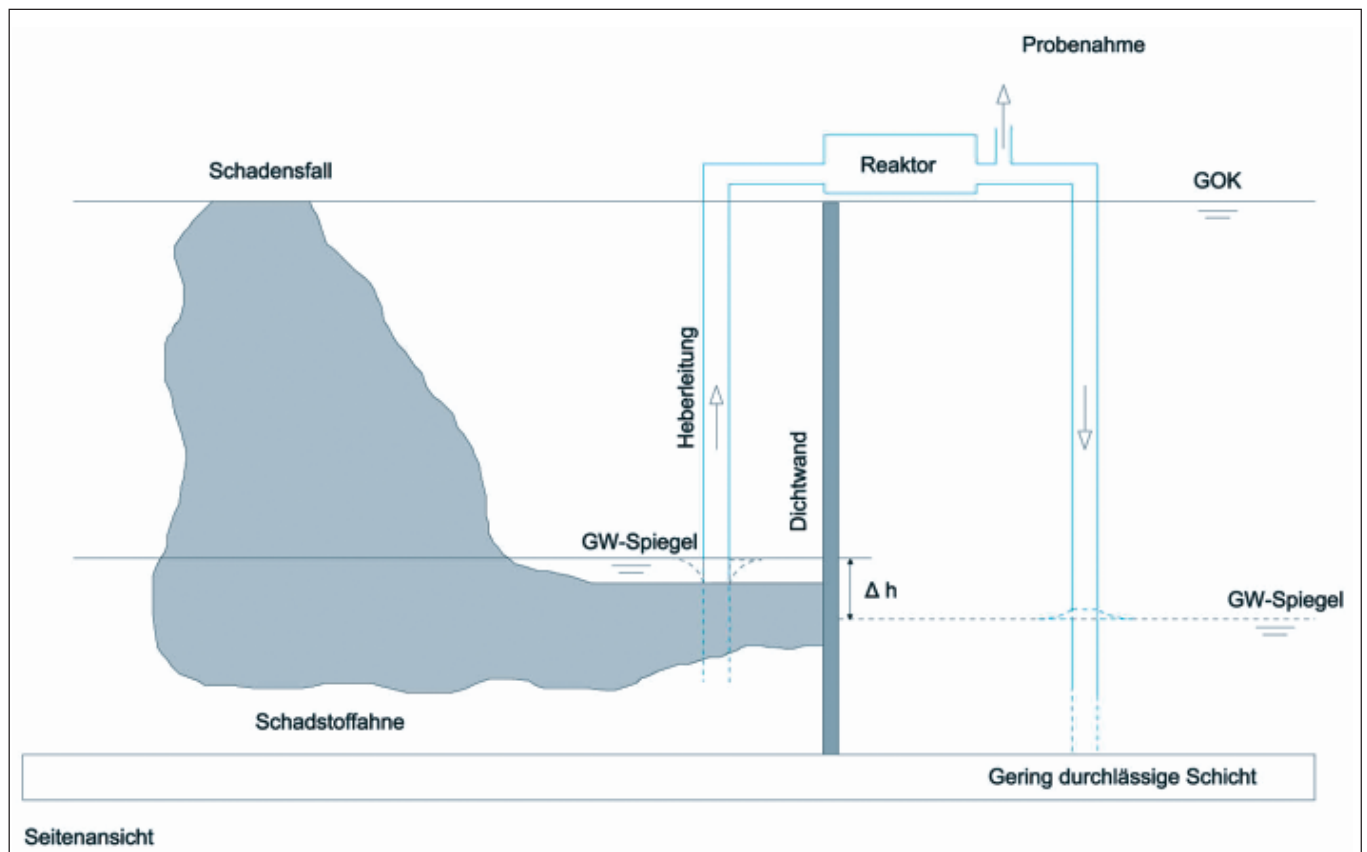
Statt auf dem Epple-Gelände kam das Heber-Reaktor-Verfahren durch die G.M.F. mbH, Karlsruhe, im Juli 2001 im westlichen Kraichgau zum Einsatz. Unter den günstigen Bedingungen an diesem Standort arbeitet der passive Heber-Reaktor von Beginn an kontinuierlich und störungsfrei, selbst bei Temperaturen von -10 und -20 Grad im Winter 2001/2002.

Nach einem Jahr Probebetrieb wurde im Juni 2002 die schriftliche Genehmigung der zuständigen Fachbehörde für den Dauerbetrieb erteilt. Die Praktikabilität des Verfahrens steht damit außer Frage. Inzwischen liegen VEGAS Anfragen aus Baden-Württemberg, Bayern und Bremen zum Einsatz des Verfahrens vor.

### PROJEKT ■■■

Projekttitel:  
Pilotversuch zur energiesparenden, ökonomischen Reinigung kontaminierten Grundwassers im innerstädtischen Bereich mit einem Dichtwand-Heber-Reaktor am „Öl-Epple“-Areal in Stuttgart

Projektlaufzeit:  
11/2000 bis 1/2003



# Fortschritte durch neues Bilanzmodell

## Integrierte Stoffflussbilanz am Beispiel schwer abbaubarer Chemikalien

Komplexbildner finden in der verarbeitenden Industrie als Bestandteile von Reinigungsmitteln und zur Bindung von Schwermetallen im Produktionsprozess breite Anwendung. Aufgrund der geringen Abbaubarkeit in Abwasserbehandlungsanlagen gelangen sie zu einem erheblichen Anteil in die Gewässer, wo sie ebenfalls kaum abgebaut werden. Die ökologischen Effekte dieser Substanzen sind teilweise noch nicht ausreichend erforscht. Mit einer neuartigen Bilanzmethode konnten die Stoffflüsse für die vier relevantesten Komplexbildner (EDTA, NTA, DTPA, PDTA) in Baden-Württemberg quantifiziert werden. Mit diesem Modell konnten geeignete Maßnahmen zur Reduzierung der Gewässerbelastung durch diese Stoffe mit einem optimalen Kosten-Nutzen-Verhältnis ermittelt werden. Durch die Untersuchung der vier wesentlichen Komplexbildner wurde sichergestellt, dass die Reduzierung des Einsatzes eines Stoffes nicht durch erhöhten Einsatz eines unter Umwelts Gesichtspunkten ebenso bedenklichen Ersatzproduktes erreicht wird.

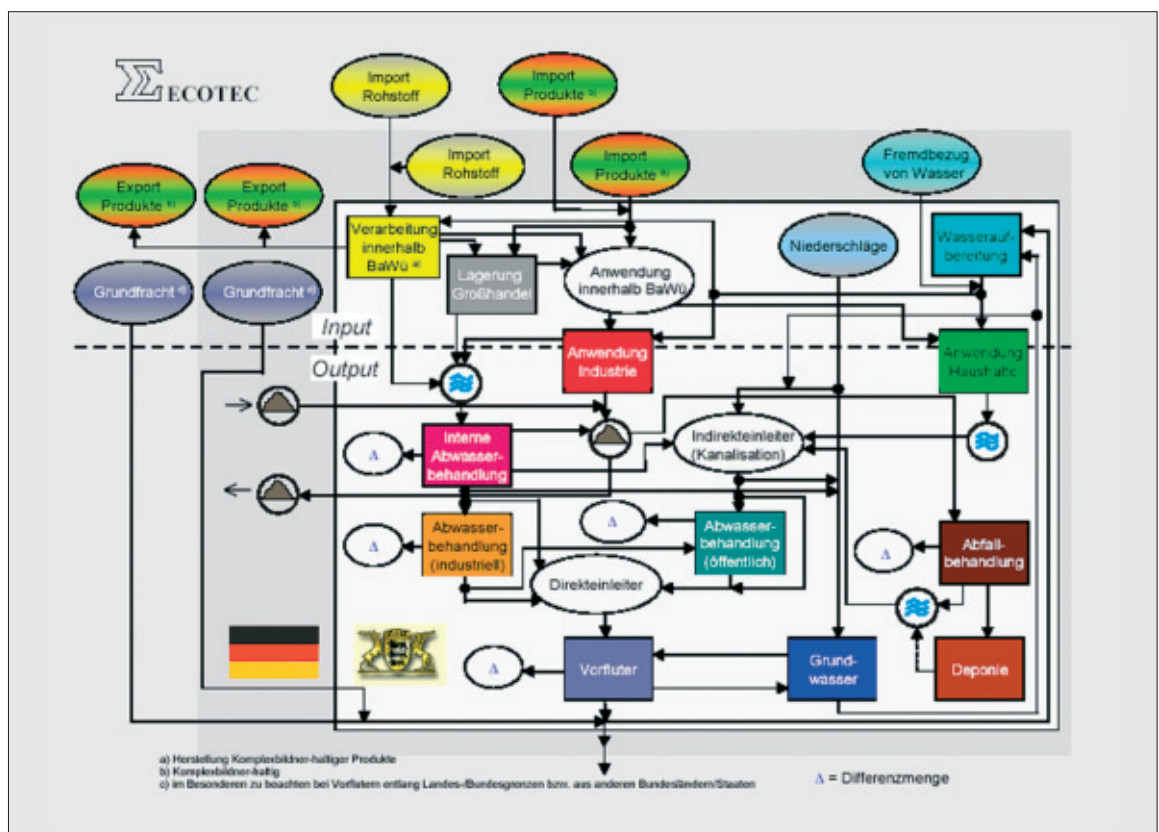
### Analyse

Komplexbildner werden aufgrund ihrer Fähigkeit, wasserlösliche Verbindungen mit Metallen, (z.B. mit Schwermetallen) zu bilden, in zahlreichen Branchen und Produkten eingesetzt und zumeist mit dem Abwasser abgegeben. Die Papier- und Zellstoffindustrie, Hersteller von Wasch- und Reinigungsmitteln sowie die Kosmetikbranche setzen diese Stoffe ein, um beispielsweise Bleichprozesse oder die Leistung von Reinigungsmitteln zu optimieren. Aufgrund ihres großen Einsatzspektrums und ihrer chemischen Stabilität kann man diese Stoffe heute in fast allen Umweltbereichen nachweisen. In den Oberflächengewässern wurden hohe Konzentrationen von EDTA gefunden (Pegel Lauben, Aitrach – 2002 = 250 µg/l EDTA).

Hohe Grundfrachten von EDTA fließen aus dem Bodensee in den Rhein (2002 12-15 t EDTA). Der Verbleib von rund einem Drittel der Einsatzmenge von EDTA ist nicht bekannt und Emissionsdaten sind nur sehr begrenzt vorhanden. Für andere

### KONTAKT

Dr. Ulrich Maurer  
Ministerium für Umwelt  
und Verkehr Baden-  
Württemberg, Abteilung 4  
Industrie und Gewerbe  
Kernerplatz 9  
70182 Stuttgart  
Tel.: 0711/126-2633  
www.uvm.baden-  
wuerttemberg.de  
ulrich.maurer@uvm.bwl.de



Qualitativer Stofffluss  
für Komplexbildner in  
Baden-Württemberg





schwer abbaubare Komplexbildner (z.B. DTPA) war die Datenlage noch schlechter.

Für eine Minderung des Eintrages dieser Stoffe in die Umwelt ist die Kenntnis über Herkunftsbereiche nach Branchen/Prozessstufen und von Stoffströmen in den Umwelt-Medien wichtig. Dies kann nur über eine Bilanzierung des Stoffflusses erreicht werden.

## Resultate

Mit einem gezielten Messprogramm wurde erstmals in Baden-Württemberg eine vollständige Quantifizierung der Stoffflüsse für vier wichtige Komplexbildner erarbeitet.

Die resultierende Bilanz kennzeichnet die Stoffflüsse der Komplexbildner quantitativ von den einzelnen Emissionsquellen bis zu den Senken in der Umwelt (Vorfluter, Grundwasser) und schafft damit eine direkte Verknüpfung zwischen der Emissionssituation und den kleinräumig dargestellten Immissionsmengen (integrierte Stofffluss-Bilanz). Auf dieser Grundlage war es dann auch möglich, Minderungspotenziale quantitativ zu bestimmen, konkrete Maßnahmenoptionen für Emissionsminderungen bei den Hauptquellen vorzuschlagen und auch in ihrer Wirksamkeit für die Umweltsituation mengenmäßig zu bewerten.

Beispielhaft seien folgende Handlungsoptionen, die sich aus der Auswertung der Stoffbilanz für Baden-Württemberg ergeben, genannt:

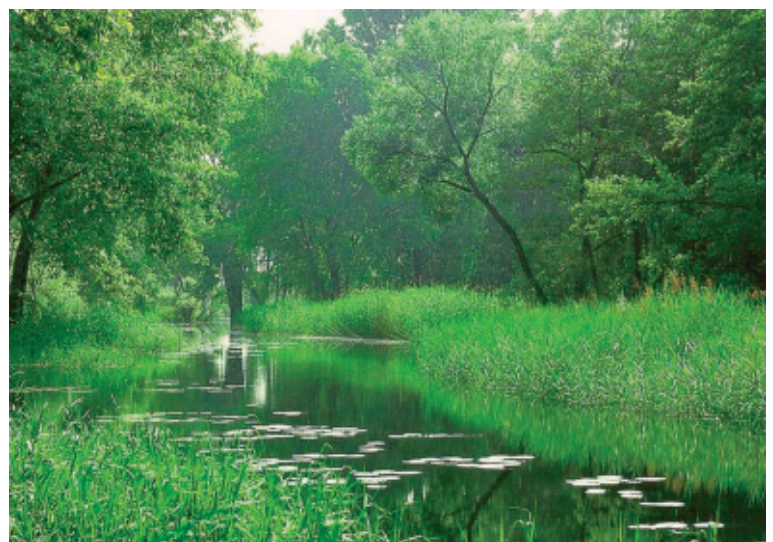
- Der Bereich Papier- und Zellstoffherstellung ist einer der bedeutendsten Einleiter von Komplexbildnern. Mit verschiedensten Maßnahmen der Prozessoptimierung, Verwendung von Ersatzprodukten und optimierter Abwasserbehandlung scheint hier eine deutliche Reduktion der Schadstofffrachten erzielbar.
- Ein wesentlicher Eintragspfad für Komplexbildner ist ihr Einsatz bei Reinigungsprozessen. Im Unterschied zur Papierindustrie hat man es hier jedoch mit einer Vielzahl an Betrieben unterschiedlichster Branchen zu tun, die jeder für sich nur relativ geringe Beiträge beisteuern. Hier ist mit innerbetrieblichen Maßnahmen wenig zu erreichen. Effizienter wäre der Dialog mit den Herstellern der Reinigungsmittel, um mittelfristig einen Ersatz durch umweltfreundlichere Inhaltsstoffe zu erzielen.



## Perspektive

Mit der Stoffbilanz konnten Handlungsoptionen ermittelt werden. Jetzt gilt es, in einem nächsten Schritt anhand von beispielhaften Projekten die Machbarkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen in der Praxis zu untersuchen. Hierfür müssen geeignete Betriebe für eine Kooperation im Rahmen von Pilotversuchen gewonnen werden, um neue innovative Umwelttechniken für die Abwasserreinigung zu erproben.

Gleichzeitig wurde mit der neuartigen Methodik ein Instrument erfolgreich eingesetzt, das eine umfassende Bewertung von Schadstoffen hinsichtlich ihres Einsatzes von der Produktion bis hin zum Verbleib in der Umwelt ermöglicht. Durch die Weiterentwicklung dieses Ansatzes zu einem dynamischen Bilanzierungsmodell können zukünftig Szenarien verschiedener Maßnahmen und deren Wirkungen im Voraus bestimmt werden. Damit stünde ein flexibles Instrument zur Bewertung zahlreicher, umweltrelevanter Schadstoffe zur Verfügung.



## PROJEKT

Projektitel:  
Verminderung der Emission schwer abbaubarer Komplexbildner in Baden-Württemberg

Projektlaufzeit:  
1/2001 bis 7/2003

# Ökotoxikologische Untersuchung von Gewässersedimenten in Baden-Württemberg

**In der Studie der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU) wurde mit biologischen Testverfahren das ökotoxikologische Gefährdungspotenzial von Gewässersedimenten charakterisiert und aufbauend auf diesen Untersuchungen eine Handlungsempfehlung für die biologische und chemische Sedimentuntersuchung formuliert.**

Sedimente bilden den Grund der Gewässer. Sie bestehen in der Regel aus Erdreich, Sanden, Mineralien und Biomasse. Neben ihrer Funktion als Stoffspeicher sind Sedimente auch Lebensraum einer artenreichen Tier- und Pflanzenwelt. In die Gewässer werden aus Haushalt, Verkehr, Gewerbe und Industrie auch Stoffe mit unerwünschten Wirkungen für die belebte Umwelt eingetragen. Aufgrund der stofflichen Eigenschaften lagern sich viele dieser Schadstoffe an die Gewässerse-

dimente an und bauen so ein ökotoxisches Schädigungspotenzial auf. Akute bzw. chronische Schädigungen an Sediment bewohnenden Organismen bzw. Sedimentschadstoffe in der Nahrungskette sind zu befürchten.

Erstmals für Baden-Württemberg führte die LfU eine landesweite ökotoxikologische Sedimentkartierung der Hauptgewässer Rhein und Neckar durch. Von einigen anthropogen belasteten Nebengewässern (Leimbach, Körsch und Schutterkanal) wurde ebenfalls Sediment untersucht. Eine mehrere Meter mächtige mit Hexachlorbenzol kontaminierte Sedimentablagerung im Rhein bei Weisweil wurde bis zu einer Tiefe von ca. 5 Metern beprobt und ein Profil der ökotoxischen Belastung aufgenommen. In Kooperation mit der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) erfolgte die ökotoxikologische Charakterisierung von Oberflächen- und Tiefensedimenten aus Rhein und Neckar.

## Analyse

Untersucht wurden Sedimentporenwasser, wässrige Sedimenteluat und Gesamtsediment auf die Endpunkte Toxizität (Algen-, Daphnien-, Leuchtbakterien- und Chironomidentest), Gentoxizität (umu-Test und Comet Assay) und endokrine Wirkung (hER-Screen). Für die ökotoxikologische Charakterisierung von Eluat und Porenwasser standen mit dem Daphnien-, Leuchtbakterien-, Algen- und dem „umu-Test“ genormte und validierte Methoden zur Verfügung. Ebenso war der „hER-Screen“ für die Untersuchung des östrogenen Potenzials einer Sedimentprobe geeignet. Der Chironomidentest erwies sich für die Testung von Gesamtsediment als weniger empfindlich und hatte ebenso wie der Comet Assay eine hohe Variabilität.

Neben der ökotoxikologischen Charakterisierung der Gewässersedimente wurden auch physikalisch-chemische Parameter bestimmt. Eine abgestufte Gesamtdarstellung der biologischen und chemischen Daten in BIO- und CHEM-Klassen zur vereinfachten Einteilung der Sedimente in Gefährdungsklassen bzw. in Sedimentqualitätsklassen wurde angewandt. Für die Ableitung der

## KONTAKT

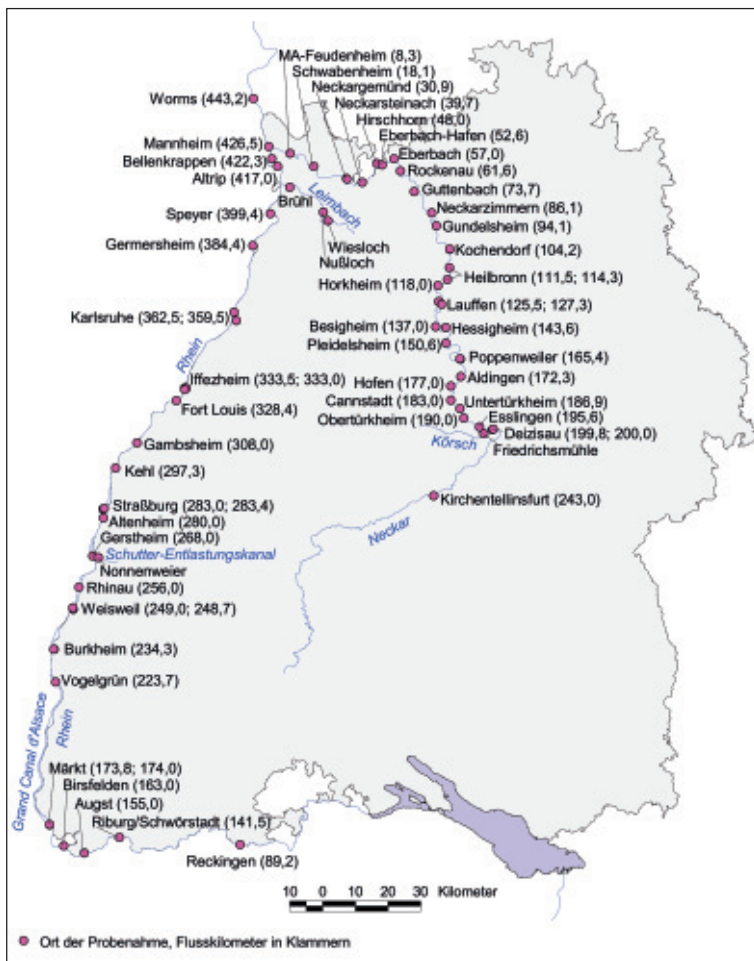
Dr. Jürgen Zipperle  
Tel.: 0721/983-1635  
Fax: 0721/983-1541  
juergen.zipperle@lfuka.lfu.bwl.de

Dr. Karin Deventer  
Tel.: 0721/983-1592  
Fax: 0721/983-1541  
karin.deventer@lfuka.lfu.bwl.de

Landesanstalt für Umweltschutz Bad.-Württ., Referat 23 – Biologische Umweltbeobachtung  
Griesbachstr. 1  
76185 Karlsruhe  
www.lfu.baden-wuerttemberg.de

Sedimentprobenahmestellen in Baden-Württemberg

Grafik: LfU





Stauhaltung des Neckars bei Lauffen

Bild: LfU

BIO-Klasse wurde unter Berücksichtigung des Vorsorgegedankens das Testsystem mit der stärksten toxischen Wirkung zugrunde gelegt. Die ökotoxikologische Einstufung der Proben wurde in der Regel anhand der Ergebnisse aus den Porenwasseruntersuchungen vorgenommen, da häufig die Porenwasserproben im Algen- und Leuchtbakterientest, weniger im Daphnientest, eine zum Teil deutliche toxische Wirkung zeigten. Eluat und Gesamtsediment waren überwiegend ökotoxikologisch unauffällig.

In keiner der untersuchten Proben wurde eine östrogene Wirkung nachgewiesen. Beim Rhein war kein deutlicher Unterschied in der ökotoxikologischen Belastung von Oberflächen- und Tiefensediment feststellbar. Nur das erheblich kontaminierte Tiefensediment von der Beprobungsstelle Weisweil hatte mit zunehmender Tiefe eine deutlich höhere Toxizität als die übrigen getesteten Rheinsedimente. Die Tiefensedimente des Neckars zeigten eine deutlich toxischere Wirkung als die Oberflächensedimente. Das Porenwasser aus den Sedimenten von Leimbach, Körsch und Schutterkanal wies im Algen- und Leuchtbakterientest ebenfalls toxische Wirkungen auf.

Allerdings können toxische Effekte insbesondere bei den Porenwasseruntersuchungen zum Teil auch auf

Ammonium und/oder Schwefelwasserstoff im Sediment zurückzuführen sein.

### Perspektive

Auf der Grundlage der Erkenntnisse aus dem Vorhaben wurde eine Handlungsempfehlung vorgeschlagen, die unter Berücksichtigung spezifischer Wirkpfade und Trophieebenen die ökotoxikologische Prüfung von Gewässersedimenten ermöglicht. Die vorgeschlagene Testkombination umfasst weitgehend standardisierte Testverfahren der aquatischen Toxikologie sowie Verfahren für spezielle Fragestellungen wie zum Beispiel die nach der endokrinen Wirkung und Gentoxizität. Entsprechend der Empfehlung sind Untersuchungen mit Gesamtsediment, Porenwasser und Eluat bzw. mit ethanolischem Extrakt durchzuführen. Mit dem Bewertungskonzept ist eine standardisierte ortsunabhängige Bewertung der Biotestergebnisse möglich.



### PROJEKT

Projekttitel:  
Wirkungsbezogene Sedimentuntersuchungen zur Ableitung von Qualitätsmerkmalen und Handlungsempfehlungen, Teilprojekt 1: Entwicklung und Erprobung einer Strategie zur Beurteilung der Sedimentbeschaffenheit auf der Basis von Wirtstests.

Projektlaufzeit:  
3/1999 bis 6/2003

Gefördert durch das Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (L23-99.01) und das Bundesministerium für Bildung und Forschung (02WU9879/4).

Neckarsediment aus der Stauhaltung Lauffen

Bild: LfU

# Hochwassergefahr frühzeitig erkennen

## Sonden messen Bodenfeuchte online

**Plötzlich ist es da – das Hochwasser. Insbesondere in kleinen und mittelgroßen Einzugsgebieten fluten oft schon kurze Zeit nach Einsetzen des Niederschlags die Wassermassen über Stadt und Land. Maßgeblich für die Entstehung eines kritischen Hochwasserabflusses ist hier neben der Niederschlagsintensität der Zustand des Bodens. Ein interessantes Verfahren zur Hochwasserfrühwarnung in diesen Gebieten bindet den Gebietszustand über Online-Messung der Bodenfeuchte ein.**

Verheerende Auswirkungen kann ein Hochwasser nicht nur dann haben, wenn ganze Landstriche überflutet werden. Gerade auch in kleineren Einzugsgebieten von wenigen hundert Quadratkilometern kommt es immer wieder zu folgenschweren Hochwasserereignissen, die nicht selten bereits kurz nach Beginn des Regens akut werden.

Besonders intensiv ist die Abflussbildung im Einzugsgebiet, wenn der Boden bereits sehr feucht und somit die Kapazität zur Zwischenspeicherung von Wasser im Bodenkörper sehr gering ist. Zur Abschätzung dieser Kapazität rückt die Bodenfeuchte-Messung als Datengrundlage für eine Hochwasserfrühwarnung in den Blickpunkt.

### Neue Messgeräte und Verfahren

Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie, die am Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik (IWK) der Universität Karlsruhe durchgeführt wurde, wurden zur Feststellung der Bodenfeuchte neue Messgeräte und Auswerteverfahren entwickelt, die es erlauben, Bodenfeuchtprofile entlang einzelner, vertikal in den Boden gesteckter Stabsonden zu ermitteln.

Dazu sind so genannte „Sampling Time Domain Reflectometer“ (Sampling TDR) erforderlich, die einen elektromagnetischen Impuls erzeugen, der sich entlang einer im Boden installierten Sonde fortpflanzt, an deren Ende reflektiert wird und teilweise zum Messgerät zurückläuft.

Dort wird die Überlagerung von ausgesandtem und reflektiertem Impuls zeitlich hoch aufgelöst abgetastet und gespeichert. Die elektromagneti-

sche Welle interagiert bei ihrer Ausbreitung mit dem Boden und somit auch mit dem Bodenwasser, was sich im Signalverlauf widerspiegelt. Durch spezielle, sondenspezifische Algorithmen<sup>1</sup> ist es neuerdings möglich, anhand des aufgezeichneten Signalverlaufs das Bodenfeuchteprofil zu rekonstruieren.

Zur Überprüfung des Messverfahrens bauten die Wissenschaftler ein Lysimeter samt Messtechnik auf. Das Lysimeter mit einem Volumen von einem Kubikmeter Boden wurde mit abnehmbaren Seitenteilen konstruiert und so an allen Seiten Bodenuntersuchungen ermöglicht. Gefüllt wurde das Lysimeter mit schwach schluffigem Sand. Neben dem in Zusammenarbeit mit der kanadischen Firma „ADD Automation“ und der „Soil Moisture Group“ der Universität Karlsruhe selbst entwickelten Prototyp eines TDR-Geräts „Observer“ wurden zwei weitere, kommerzielle, Sampling TDRs zum Vergleich eingebaut.

Zusätzlich wurden vier TDR-Sonden, die nur eine Punktemessung (TRIME) erlauben, angebracht und ein sehr einfaches und kostengünstiges Bodenfeuchtemessgerät „SISOMOP“ entwickelt. Vier 3-Stab-Sonden wurden zudem von oben in die Bodenoberfläche eingestochen sowie ein Flachbandkabel bei der Befüllung vertikal eingebaut.

Diese Sonden können über den, ebenfalls selbst gebauten, busgesteuerten Multiplexer (SnapMux) mit den Sampling TDRs verbunden werden. Zur Steuerung des Gerätes wurde eine universelle Mikrocontroller-Schaltung – ebenfalls selbst entworfen – eingesetzt.

### Beurteilung des Bodenwasserspeichers

Während eines Beregnungsversuchs wurden innerhalb von 4,5 Stunden in allmählich herabgesetzten Intervallen insgesamt 160 Liter Wasser aufgebracht. Die Messintervalle lagen bei zehn Minuten für die 3-Stab-Sonden und SISOMOP und bei fünf Minuten für die TRIME-Sonden.

Der Versuchsaufbau ermöglichte es, den Zustand des Bodenwasserspeichers verlässlich zu beurtei-

### KONTAKT

Dr.-Ing. Jürgen Ihringer  
(Projektleitung)  
Wolfram Schädel  
(Ansprechpartner)

Universität Karlsruhe Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik

Postfach 6980  
76128 Karlsruhe

Tel.: 0721/608-3248  
Fax: 0721/661329

www.iwk.uni-karlsruhe.de/iwk/schaedel@iwk.uka.de



len. Die Reflexionssignale der Eigenentwicklung „Observer“ und der kommerziellen TDR-Geräte zeigten eine hohe Übereinstimmung. Der gemessene zeitliche Verlauf der Bodenfeuchteprofile spiegelte die Beobachtungen wider, die während der Beregnung gemacht wurden. So etwa, dass aufgrund eines leichten Gefälles der Lysimeter-Oberfläche Sonde 1 von weniger Wasser erreicht wurde als Sonde 3. Die plausible Rekonstruktion der Bodenfeuchte zeigt qualitativ das gleiche Ergebnis wie die Messungen der TRIME-Sonden. Um die absoluten Feuchtwerte weiter abzusichern, muss allerdings die Kalibration noch verfeinert werden.

Der einfache vertikale Einbau der Sonden sowie der Informationsgewinn durch das Bodenfeuchteprofil ist, insbesondere bei lokalen Stauern im Untergrund, der entscheidende Vorteil der 3-Stab-Sonden in Kombination mit Sampling TDRs.

### Feldtauglichkeit unter Beweis gestellt

In einem mehrmonatigen Feldversuch konnte die Feldtauglichkeit des Systems mit 2-Stab-Sonden (Vorgängern der 3-Stab-Sonden) im Einzugsgebiet des Goldersbach bei Tübingen unter Beweis gestellt werden. In die pseudovergleyte Braunerde wurden 46 2-Stab-Sonden mit jeweils vier Meter Abstand eingebracht.

Die Datenabfrage von dem mit Solarstrom betriebenen energiesparenden Einplatinen-Computer

erfolgte per Funkmodem. Das aufgebaute Messsystem konnte eine zeitliche Auflösung von zehn Minuten erreichen, die gewählte zeitliche Auflösung betrug drei Stunden.

Die Rekonstruktion zu zwei Messzeitpunkten zeigt die Sättigung entlang einer im Untersuchungsgebiet verlaufenden Bachau sowie einen Kapillarsaum als Übergang zu trockeneren Randbereichen. Im relativ trockenen Zustand des interpolierten Bodenfeuchteraumes konnte der Verlauf des Baches klar nachgezeichnet werden (s. Abb. 1a.), während er bei feuchteren Bedingungen zu den Randbereichen hin verschimmt (s. Abb. 1b.). Die automatisch durchgeführten Messungen zeigten plausible Feuchteverhältnisse für den Untergrund im Untersuchungsgebiet.

### Hochwasserrisiko abschätzbar

Mit den Messungen der Bodenfeuchte ist somit eine Abschätzung des Bodenspeicherzustands denkbar. Dieser soll in einem Modell berücksichtigt werden, das erlaubt, bei einer gegebenen Niederschlagsvorhersage das Risiko eines Hochwassers abzuschätzen.

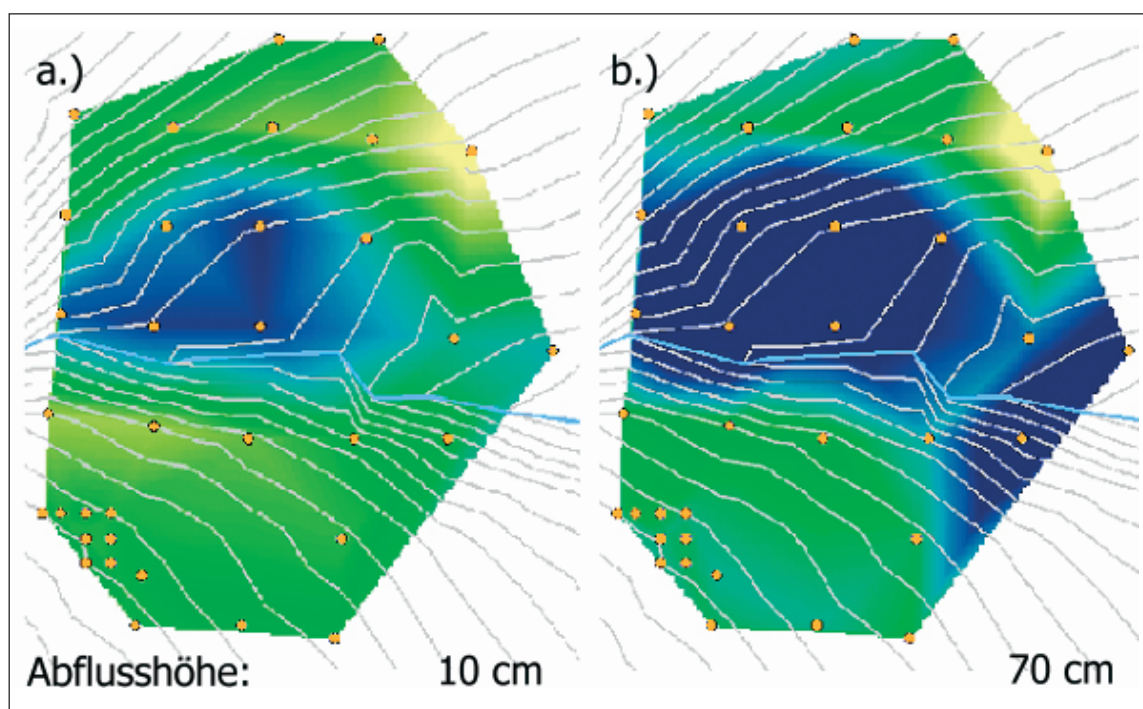
Aufgrund der Ergebnisse dieser Machbarkeitsstudie kann das vorgeschlagene Konzept zur Hochwasserwarnung als gangbarer Weg angesehen werden. Weitere Untersuchungen bezüglich der Repräsentanz der Messwerte für Teileinzugsgebietsflächen sind anzustreben.

### PROJEKT

Projekttitel:  
Entwicklung eines Verfahrens zur Hochwasserfrühwarnung in kleinen und mittleren Einzugsgebieten auf der Grundlage von verteilten Online-Bodenfeuchtemessungen  
Projektlaufzeit:  
7/2002 bis 3/2003

### LITERATUR

- [1] S. Schlaeger, Inversion von TDR-Messungen zur Rekonstruktion räumlich verteilter bodenphysikalischer Parameter. Veröffentlichungen des Institutes für Bodenmechanik und Felsmechanik, Heft 156, Universität Karlsruhe, 2002
- [2] C. Hübner, S. Schlaeger, R. Becker, A. Scheuermann, A. Brandelik, W. Schädel, and R. Schuhmann, Advanced measurement methods in time domain reflectometry for soil moisture determination. In Vorbereitung für: K. Kupfer (Ed.), *Electromagnetic Aquametry*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2003/2004.
- [3] S. Uhlenbrook, Ch. Leibundgut, J. McDonnell, Foreword to the special issue: Runoff generation and implication for river basin modelling. *Freiburger Schriften zur Hydrologie*, Band 13, 1-9, 2001



# Überströmbare Dämme

## Ausführungsvarianten für den dezentralen Hochwasserschutz

### KONTAKTE

Prof. Dr.-Ing. habil. Bernhard Westrich (1)  
 Universität Stuttgart  
 Institut für Wasserbau (IWS)  
 Pfaffenwaldring 61  
 70550 Stuttgart  
 Tel.: 0711/685-4679  
 Fax: 0711/685-4681  
 www.iws.uni-stuttgart.de  
 westrich@iws.uni-stuttgart.de

Dr.-Ing. Andreas Bieberstein (2)  
 Universität Karlsruhe  
 Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik  
 Postfach 6980  
 76128 Karlsruhe  
 Tel.: 0721/608-2222  
 Fax: 0721/696096  
 andreas.bieberstein@ibf.uni-karlsruhe.de

### LITERATUR

Landesanstalt für Umweltschutz bad.-Württ. (Hrsg.):  
 Beitragsband zur Fachtagung „Überströmbare Dämme, Dammscharten und Flussdeiche“ am 11.11.2003 an der Fachhochschule für Technik, Stuttgart. Stuttgart, 2003

**Hält er oder hält er nicht? Beim großen Oder-Hochwasser war die Stabilität der Dämme ein Thema, das die Nation bewegte. Wie überströmbare Dämme in naturnaher Bauweise zu gestalten sind, damit sie landschaftsverträglich, vor allem aber auch sicher sind, war Inhalt von zwei hier vorgestellten Projekten.**

Hochwasserrückhaltebecken sind ein wichtiger Bestandteil des Hochwasserschutzes. Im Rahmen neuer Konzepte wird auf die dezentrale Verteilung vieler kleiner Becken anstelle eines einzigen großen Beckens gesetzt. Dämme, die diese kleinen Becken abgrenzen, können vergleichsweise niedrig gehalten werden. Dies ermöglicht die Gestaltung überströmbarer Dämme, die sich relativ problemlos in das Landschaftsbild einfügen lassen. Statt unschöne Betonkonstruktionen für den Überlauf vorzusehen, wird das Wasser hier auf breiter Front beim Übersteigen der gerade bei kleinen Einzugsgebieten oft schwer einschätzbaren Bemessungsabflüsse über die Dammkrone hinweg in den Bereich unterhalb des Dammes geleitet.

Überströmbare Dämme und Deiche können zum überwiegenden Teil aus natürlichen Baustoffen wie Bodenmaterial und Steinen hergestellt werden. Allerdings haben die Hochwasserereignisse der Vergangenheit gezeigt, dass die Erosionswirkung des überströmenden Wassers schon bei ausgesprochen niedrigen Abflüssen so groß ist, dass man bei Dämmen und Deichen, die nicht besonders vor solch einer Erosion geschützt bzw. hierfür geplant und gebaut wurden, mit beträchtlichen Schäden bis hin zur kompletten Zerstörung des Bauwerks rechnen muss.

Prinzipiell kann der Schutz des Dammkörpers vor „überströmungsbedingter“ Erosion auf dreierlei Arten erfolgen:

1. Ein auf der luftseitigen Dammböschung angeordnetes erosionssicheres Deckwerk schützt den darunter liegenden Dammkörper vor Erosion. Dabei muss sichergestellt werden, dass das Deckwerk im Überströmungsfall aufgrund der hydrodynamischen Belastung weder in seinen Einzelteilen abgetragen wird, noch das Deckwerk als Ganzes abrutscht, wodurch in

beiden Fällen der Dammkörper freigelegt und somit der Erosion ausgesetzt werden würde.

2. Der Dammkörper selbst wird erosionssicher ausgeführt, was durch eine Verfestigung des (bindigen) Bodens mittels hydraulischen Bindemitteln wie Zement oder Weißfeinkalk erfolgen kann.
3. Durch eine Verbundbauweise, bei der der Dammkörper im Inneren beispielsweise durch spezielle sandgefüllte schlauchartige Elemente verstärkt wird, kann ebenfalls die erforderliche Stabilität erreicht werden.

Alle Verfahren wurden in einem Verbundprojekt der Universitäten Stuttgart und Karlsruhe bearbeitet. Während am Institut für Wasserbau und am Institut für Geotechnik der Universität Stuttgart erosionssichere Lockerdeckwerke und Bodenverfestigungsmaßnahmen untersucht wurden, bearbeiteten das Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik sowie das Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe den Bereich der kohärenten Deckwerke und den der Verbundbauweisen.

Lockerdeckwerke bestehen im Gegensatz zu den kohärenten Bauweisen aus lose angeordneten Elementen, in der Regel Steinen. Drei Ausführungsvarianten sind denkbar: Beim „Steinsatz“ werden Steine einlagig auf einer Filterkiesschicht oder einem speziellen Kunststoffgewebe (Geotextil) angeordnet. Bei „Steinschüttungen“ werden die Steine nicht gesetzt, sondern lose auf eine Filterkiesschicht oder ein Geotextil geschüttet. Bei der Verlegung von „Geogitter-ummantelten Steinmatten“ wird eine Steinschüttung mit einem Kunststoffgitter umschlossen, wodurch anders als bei der Steinschüttung verhindert wird, dass einzelne Steine im Überströmungsfall abgetragen werden.

Für alle drei Varianten wurden im Rahmen des Projekts die Folgen der bei einer Überströmung einwirkenden Kräfte bei Hochwasser ermittelt. Einen gewissen Einfluss hat stets die Durchströmung, die insbesondere bei der Steinschüttung, mit bis zu fünfzig Prozent Hohlräumen im Vergleich zum Steinsatz stark ausgeprägt ist. Bei der Schüttung liegen die Rauheiten im Allgemeinen



über denen des Steinsatzes. Dies hat zur Folge, dass die Fließgeschwindigkeit des schießenden Abflusses niedriger ist und damit auch die am Dammfuß noch vorhandene Restenergie der Strömung reduziert wird.

Es konnten durch statistische Auswertung der in den Versuchen erodierten Steine Mindeststeingrößen für die Steinschüttung festgelegt werden. Die Durch- und Überströmungskräfte konnten mithilfe eines naturähnlichen Modellaufbaus separat quantifiziert werden. Steinschüttungen in Geogittern reagieren, was die Durchströmung angeht, ähnlich wie unbefestigte Steinschüttungen, vorausgesetzt die Hohlräume zwischen den Steinen bleiben erhalten.

Zum Thema Bodenstabilisierung und Bodenverfestigung wurden zahlreiche Versuche durchgeführt. Einen entscheidenden Einfluss auf die Stabilität, insbesondere auf die Frostbeständigkeit, haben die Wahl des richtigen Bindemittels in Abhängigkeit von der zu verfestigenden Bodenart, eine ausreichende Zugabemenge und eine genügend lange Abbindezeit. Die aus den Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse erlauben eine grundsätzlich positive Beurteilung der Bodenstabilisierung für den Einsatz als Baustoff für überströmbare Dämme.

Die durchgeführten Erkundungsmessungen zur Erprobung eines Temperatursondierungsverfahrens, das geohydraulische Inhomogenitäten im Damm ohne Eingriff in den Dammkörper selbst aufspüren soll, haben gezeigt, dass das Verfahren der Firma GTC Kappelmeyer GmbH eine günstige Alternative zu anderen Verfahren darstellt. Die Methode ist geeignet, Hinweise auf lokale Fehlstellen, erhöhte Sickerwasserströmungen und Leckagen zu geben.

Die Abteilung Erddammbau und Deponiebau am Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik sowie das Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik haben bereits in den vergangenen Jahren ein Bemessungskonzept für ein kohärentes Deckwerk erstellt und dieses „Mastix-Schotter-Deckwerk“ zur Ausführungsreife gebracht.

Gegenstand der Betrachtung in diesem Förderzeitraum waren zudem so genannte Verbundlösungen. Diese Bauweisen beruhen auf dem Grundsatz, die Überströmung durch den Einsatz membranartiger Bauelemente aus Geotextilien zu ermöglichen. Ziel der Untersuchungen ist dabei, Bauweisen zur Verfügung zu stellen, die eine

deutlich größere Belastbarkeit haben oder steilere Böschungsneigungen erlauben, als dies beim Einsatz von kohärenten und selbsttragenden Deckwerken möglich ist. Grundsätzlich können dabei die „Schlaufen-“ und die „Schlauch“-Variante unterschieden werden. Die Schlaufenvariante besteht aus einem Erdkörper mit Einlagen aus Schlaufen, die ein Geogewebe bildet.

Da dieses lagenweise in den Dammkörper eingelegt und rückwärtig in diesen eingebunden ist, bildet es eine Bewehrung der Böschung. Bei der Schlauchvariante kommen dagegen sandgefüllte Schläuche aus Kunststoffgewebe zum Einsatz. Die Schläuche werden mit Sand gefüllt, indem beispielsweise ein Wasser-Sand-Gemisch eingespült wird, das Wasser durch die Struktur des Geogewebes entweicht und der Sand verbleibt. Da diese Schläuche einen Durchmesser von mehreren Metern haben können, ist es unter Umständen möglich, lediglich einen gefüllten Schlauch im Kernbereich eines Dammes anzuordnen. Ebenso können mehrere Schläuche im Verbund, bei der so genannten „Batterielösung“, verwendet werden. Mit Hilfe von Modellversuchen und theoretischen Berechnungen konnte prinzipiell gezeigt werden,



dass die untersuchten Verbundbauweisen (Schlaufen- und Schlauchlösungen) den Bau von steilen überströmbaren Böschungen bei recht hohen hydraulischen Belastungen erlauben.

### Perspektive

Für die im Projekt entwickelten Systeme besteht daher ein großer Bedarf. Bereits zum Abschluss des Forschungsvorhabens wurden die ersten Hochwasserrückhaltebecken mit den neuen Deckwerken geplant und realisiert.

### PROJEKTE

1. Projekttitle:  
Neue naturnahe Bauweise für überströmbare Dämme an dezentralen Hochwasserrückhaltebecken zur Erprobung von Erkundungsmethoden zur Beurteilung der Sicherheit von Absperrdämmen  
Projektlaufzeit:  
11/2000 bis 10/2002

2. Projekttitle:  
Überströmbare Dämme – Landschaftsverträgliche Ausführungsvarianten für den dezentralen Hochwasserschutz in Baden-Württemberg  
Projektlaufzeit:  
10/2002 bis 12/2003

Dammbruch in Gissigheim 1986  
Bild: IWS

# Bäche auf Konsolidierungskurs

## Kieselalgen als Indikatoren für Versauerung

**Zwar ist der „saure Regen“ noch nicht gänzlich Vergangenheit, doch konnte mithilfe neuer Technologien eine der Ursachen, der Ausstoß von Schwefeldioxid, wesentlich reduziert werden. Mit Erfolg – der pH-Wert im Regen ist wieder gestiegen. Auch wenn nicht zuletzt wegen des „Langzeitgedächtnisses der Böden“ mit einer raschen Erholung nicht zu rechnen ist, hat inzwischen eine Konsolidierungsphase eingesetzt. Wie die Kieselalgen-Flora in Bächen darauf reagiert, hat Dr. Erich Alles für einige ausgewählte Bacherläufe untersucht.**

Das Waldsterben hat sich aufgrund der eingeleiteten Maßnahmen zwar weniger dramatisch entwickelt als prognostiziert – doch zu Veränderungen an Flora und Fauna hat der „saure Regen“ dennoch geführt. Insbesondere Bäche, in deren Einzugsgebiet Böden über kalkarmem Buntsandstein und Tiefengesteinen (Gneise und Granite) vorherrschend sind, wie etwa im Schwarzwald, sind teilweise stark versauert. Allerdings greifen seit Mitte der 80er Jahre die Bemühungen zur Schadstoffvermeidung, wie sich seit ca. 1988/89 auch an der Messstelle Schauinsland im Südschwarzwald nachweisen ließ.

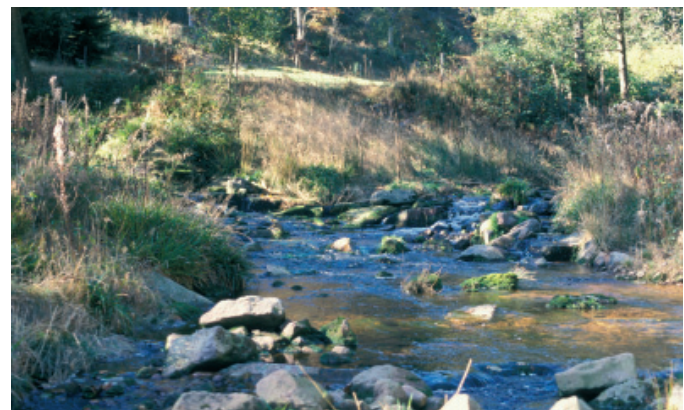
Es ist anzunehmen, dass sich der Rückgang der anthropogen bedingten Gewässerversauerung allmählich auf die Lebensgemeinschaften in den Bächen auswirkt. Erich Alles hat bereits Mitte der 80er Jahre Proben aus insgesamt 319 Gewässern im Schwarzwald entnommen und diese im Rahmen seiner Dissertation auf die Artenzusammensetzung und Dominanzstruktur in Bezug auf Diatomeen (Kieselalgen) hin analysiert. Um Aufschluss über Veränderungen innerhalb dieser Algenklasse zu bekommen, hat er für das hier vorgestellte Projekt 2001 wiederum Proben aus einer Auswahl für einen Besiedlungstyp besonders charakteristischer Bäche gezogen und das Diatomeenmaterial ausgewertet. Parallel dazu erfolgte die Erhebung der wichtigsten versauerungsrelevanten chemischen Parameter. Bei der Probenahme wurde zwischen „ständig oder zeitweilig akut versauerten Bächen“, „Bächen, die nicht akut versauert und auch nicht stärker dystroph sind,“ sowie „Moorbächen“ unterschieden, die wiederum in Untergruppen aufgeteilt waren.

Bei der Auswertung wurde die relative Häufigkeit für jede einzelne Art bestimmt sowie Artenzahl, Diversitätsindex und Evenness (ein Wert, der das Häufigkeitsverteilungsmuster unabhängig von der Artenzahl darstellt) ermittelt. Vor allem aber wurde eine Zuordnung der Arten zu bestimmten Indikatorgruppen vorgenommen und auch der Biologische Versauerungsindex nach einer von Alles entwickelten Methode berechnet.

Zum eingehenderen Vergleich des Arteninventars der Bäche bot es sich zudem an, die Dominanzidentität als Maß für die geschnittene Menge der relativen Häufigkeiten aller Arten in je zwei zu vergleichenden Vergesellschaftungen zu berechnen sowie die Artidentität, die den Prozentsatz der Arten angibt, die in zwei zu vergleichenden Zönosen gemeinsam vorkommen.

### Resultat

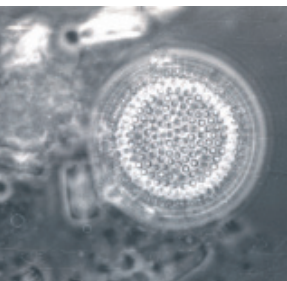
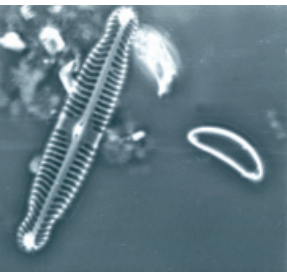
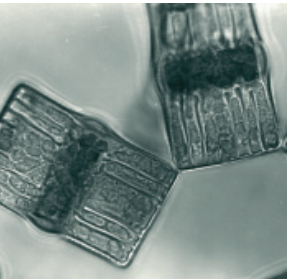
Die Ergebnisse des Vergleichs zwischen dem Material aus Mitte der achtziger Jahre und dem von 2001 entsprachen den Erwartungen: Bei akut versauerten Gewässern geht das Ausmaß der anthropogenen Versauerung messbar zurück. Dies zeigt sich in einem Anstieg des Biologischen Versauerungsindex. Meist ist dies auch mit einer Zunahme der Substratspezifität, Artenzahl, Di-



versitätsindex und Evenness verbunden. Dabei ändert sich das Arteninventar allerdings meist nicht gravierend, völlig neue Arten tauchen eher selten auf. Stattdessen verschieben sich die relativen Häufigkeiten der bereits vorhandenen Kieselalgenarten in sehr erheblichem Umfang. Vorher an einem bestimmten Fundort zum Teil extrem seltene Arten sind teilweise (wieder?) sehr häufig

### KONTAKT

Dr. phil. nat. Erich Alles  
Freiberuflicher Diatomologe  
– Internet-Anwendungs-  
entwickler  
Butzbacher Str. 19  
60389 Frankfurt  
Tel. 069/452023  
www.kieselalgen.com  
dr.alles@web.de



Verschiedene Kieselalgen  
Bilder: E. Alles





geworden, während die typischen Indikatoren für anthropogene Versauerung fast überall erheblich zurückgedrängt wurden.

Bei weitgehend unversauerten Gewässern war der Einfluss des „sauren Regens“ in der Vergangenheit eher gering. Darum geht auch der Versauerungsindex erwartungsgemäß nur sehr wenig zurück.

Moorbäche mit naturbedingt geringen pH-Werten werden von Alles als „unversauert“ betrachtet, da sich hier trotz „saurem Regen“ die Bedingungen für die Lebensgemeinschaften im Gewässer durch den Eintrag von außen nicht so wesentlich verän-

dert haben. Aber selbst hier haben sich die Dominanzverhältnisse zulasten der etwas versauerungstoleranteren Arten und zugunsten typischer Moorarten etwas verschoben.

Ein Rückgang der anthropogenen Versauerung konnte 2001 diatomologisch durchweg belegt werden, das heißt die Diatomeenflora indiziert nun fast durchgehend geringere Versauerungsgrade. Selbst dort wo sich die pH-Werte quantitativ anscheinend kaum verändert haben, sind qualitative Veränderungen von anthropogener Versauerung in Richtung eher naturbedingt saurer Gewässer zu verzeichnen.

PROJEKT ■■■

Projekttitel:  
Konsolidierung ehemals versauerter Bachoberläufe dokumentiert anhand der Veränderung der Kiesel-Algen-Zönose  
Projektlaufzeit:  
3/2001 bis 7/2002

## Medienübergreifende Umweltbeobachtung (MUB)

Die Ursachen von Umweltbelastungen sind häufig vielfältig und medienübergreifend. Zudem ergeben sich fortlaufend neue Fragestellungen zur Umweltwirkungsseite, wie zum Beispiel durch die Klimaveränderung, die Anreicherung chemischer Stoffe in der Umwelt sowie durch die Auswirkungen neuer Technologien. Aus diesem Grund muss die Umweltbeobachtung weiterentwickelt und den neuen Umweltthemen sowie neuen rechtlichen Forderungen angepasst werden. Dazu ist es notwendig, Messdaten über Boden, Luft, Wasser und Biota medienübergreifend an einer ausreichenden Zahl naturräumlich repräsentativer Standorte zu erheben und zu bewerten.

Vor diesem Hintergrund wurde ein Forschungsvorhaben (Projektnehmer: Prof. Schröder/Vechta) mit dem Ziel aufgelegt, ein Instrumentarium für die medienübergreifende Verknüpfung und Interpretation von Daten aus den verschiedenen Umweltmessnetzen Baden-Württembergs zu erarbeiten. Dieses Instrumentarium beinhaltet drei elementare, ineinander greifende Bausteine.

Mittels der **Raumgliederung** wird Baden-Württemberg in homogene ökologische Teilräume segmentiert, um eine räumliche Bezugsbasis für die MUB zu schaffen.

Der **Metadatenkatalog** beschreibt die Messgrößen und Methoden in den betriebenen Messnetzen. Die Metadaten ermöglichen eine Prüfung der erhobenen Daten im Hinblick auf deren Zusam-

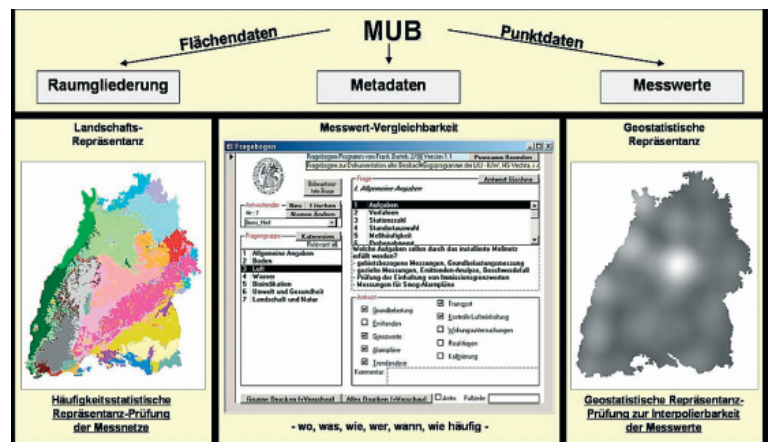
menführung für eine ökologische Analyse und Bewertung des Umweltzustandes.

Durch Verfahren zur **Messwert-Repräsentanz** werden die Interpolierbarkeit von Punktdaten in die Fläche und die Zuverlässigkeit sowie Quantifizierbarkeit dieser Werte geprüft (Methoden: Variogrammanalyse und Kriging-Interpolation). Ein Geographisches Informationssystem (GIS) bildet die Plattform für diese Bausteine und bietet die Möglichkeit, raumbezogene Daten mit den

KONTAKTE ■■■

Dr. Harald Gebhardt  
Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg  
Referat 23 – Umweltbeobachtung  
Tel.: 0721/983-1222  
www.lfu.baden-wuerttemberg.de  
harald.gebhardt@lfuka.lfu.bwl.de

Prof. Dr. Winfried Schröder  
Institut der Umweltwissenschaften der Hochschule Vechta  
Postfach 1553, 49364 Vechta  
Tel.: 04441/15-559  
wschroeder@iuv.uni-vechta.de



Bausteine der Medienübergreifenden Umweltbeobachtung in Baden-Württemberg

Sach- und Metadaten zu verknüpfen und übergreifend zu analysieren. Auf der Basis der bisherigen Arbeiten werden die Verfahren zur medienübergreifenden Interpretation von Messdaten fortentwickelt.

Ein weiterer Bearbeitungsschwerpunkt beinhaltet die räumlich und zeitlich differenzierte Darstellung von Untersuchungsergebnissen.

PROJEKT ■■■

Projekttitel:  
Pilotvorhaben zur integrierenden ökologischen Umweltbeobachtung – Modellentwicklung für eine medienübergreifende Interpretation von Messdaten  
Projektlaufzeit:  
9/1999 bis 12/2002

# Win-Win-Lösungen im Flächenmanagement

## Wenn Wirtschaft, Verwaltung und Bürgerschaft kooperieren

**Der Begriff Win-Win-Lösung ist ein schillernder Begriff, verspricht er doch in Konfliktfällen zu Lösungen zu kommen, bei denen alle Beteiligten gewinnen können. Wie sieht das aber aus, wenn Boden Gegenstand der Auseinandersetzung ist, der als „knappes Gut“ in der Regel nur einmal bebaubar und nicht vermehrbar ist und um den in der planerischen und politischen Praxis zahlreiche Nutzungsansprüche konkurrieren? Kann es hier zu konstruktiven Lösungen kommen, die den Interessen aller Beteiligten entsprechen und von ihnen als Erfolg bewertet werden? Und wie können diese Lösungen mithilfe kooperativer und partizipativer Verfahren erzielt werden?**

Anhand von 16 Fallbeispielen haben die Mitarbeiterinnen des Büros KOMMA.PLAN im Rahmen eines Projekts mögliche Erfolgsbedingungen für kooperatives Flächenmanagement analysiert. Flächenmanagement umfasst dabei ein breites Feld der städtebaulichen und raumplanerischen Handlungsfelder: Flächenrecycling, städtebauliche Nachverdichtung, kommunales Flächenmanagement, interkommunale und regionale Kooperationen.

Ausgehend von einer Literaturrecherche und diesen Fallbeispielen wurden erste Thesen zu den Erfolgsbedingungen kooperativer Verhandlungslösungen herausgearbeitet und als Zwischenergebnis zusammengefasst. Die Hinweise zu den typischen Chancen, Problemen und Herausforderungen kooperativer und partizipativer Verfahren bildeten das Thesengerüst für ein in mehreren Schritten und Schleifen durchgeführtes Delphi-Verfahren. Ziel des Delphi-Verfahrens war es, neben den Erfolgsdeterminanten des Win-Win-Ansatzes auch mögliche Risiken für die unreflektierte Anwendung im Flächenmanagement zu erkennen.

Die Delphi-Methode wurde in den 50er Jahren entwickelt. Mit ihr wird versucht, in Zukunftsfragen und Themenfeldern mit unsicherem Wissen durch die Befragung von Experten die Bereiche sicheren und unsicheren Wissens zu unterscheiden. Da die Teilnahme anonym erfolgt, spielen Faktoren wie Hierarchie oder Sympathie keine Rolle.

Im Rahmen des Projekts wurde die Anonymität über zwei Schleifen aufrechterhalten und dann in einem abschließenden Workshop zugunsten einer moderierten Gruppendiskussion aufgegeben.

### Begehbare Wege

Ein Ergebnis des Experten-Delphis war, dass es im Flächenmanagement durchaus ein Potenzial für Win-Win-Lösungen gibt, die Chancen und Risiken im Rahmen des bestehenden Bauplanungsrechtes sowohl genutzt als auch kontrolliert werden können. Realistisch sei insofern die Annahme, dass mithilfe des konsensorientierten Handlungsprinzips ‚begehbare Wege‘ aus einer konfliktbehafteten Sackgassensituation zu finden seien und dass, vorausgesetzt am Verhandlungstisch werden gemeinwohlorientierte Ziele nicht vernachlässigt, hier neue und gesellschaftlich tragfähige Vereinbarungen getroffen werden können. Die Experten sehen darüber hinaus die Notwendigkeit einer sinnvollen Kombination ordnungsrechtlicher Planung mit konsensorientierten Verhandlungen, bürgerschaftlicher Beteiligung und politisch legitimer Entscheidung.

Für die Durchführung eines erfolgreichen und effizienten Verfahrens gilt es, in jeder Phase des Prozesses angemessene Managemententscheidungen zu treffen. Ganz zu Anfang muss zum Beispiel der Kooperations- und Konflikt-schlichtungsbedarf analysiert werden, da der erhöhte Aufwand kooperativer Verfahren und die durch eine steigende Zahl Beteiligter zunehmende Komplexität des Planungsprozesses gut überlegt sein will.

Sind das Beteiligungskonzept und der Verhandlungsgegenstand geklärt, so müssen zu Beginn der Diskursphase nicht verhandelbare Rahmenbedingungen und Handlungsspielräume offen gelegt werden. Je nach Konfliktintensität oder Tragweite des Projektes kann ein externer Berater oder Moderator erforderlich sein: sei es zur strategischen Beratung der politischen Gremien, bei der Leitbild- und Strategieentwicklung, bei Konflikten mit Planungsbetroffenen oder bei Grundstücksverhandlungen zwischen Eigentümern und Kommune.

### KONTAKT

Dipl.-Ing. Kerstin Langer  
KOMMA.PLAN  
Georg-Kerschensteiner-  
Str. 28, 81829 München  
Tel.: 089/90936-818  
Fax: 089/90936-817  
www.komma-plan.de  
langer@komma-plan.de

Prof. Dr. Bettina  
Oppermann

Universität Hannover  
Institut für Freiraument-  
wicklung und planungs-  
bezogene Soziologie  
Herrenhäuserstr. 2a  
30419 Hannover  
Tel.: 0511/7625529  
Fax: 0511/7625159  
www.laum.uni-  
hannover.de/ifps  
bettina.oppermann@ifps.  
uni-hannover.de



Die Phase am Verhandlungstisch kann durch die konkreten Eindrücke vor Ort bereichert werden, etwa durch Ortstermine, Exkursionen in andere Städte oder den Erfahrungsaustausch mit anderen Kommunen. Während der gesamten Verhandlungsphase ist immer wieder darauf zu achten, an welchen Punkten Transparenz für die nicht Beteiligten erforderlich ist, um nicht den Eindruck der Kungelei entstehen zu lassen und so die Akzeptanz der Verhandlungsergebnisse zu gefährden.

In der letzten Phase, der Transferphase, kommt es vor allem darauf an, die erzielten Ergebnisse sowohl für Außenstehende als auch für die politischen Gremien nachvollziehbar zu vermitteln. Gerade bei größeren Projekten ist es häufig erforderlich, wichtige Zwischentappen der Entwicklung politisch beraten und absichern zu lassen oder auch immer wieder an die breitere Öffentlichkeit zu vermitteln.

Der Vergleich der 16 Fallbeispiele zeigt aber auch, dass jeder Planungsfall einzigartig ist. Patentrezepte kann es für kooperatives Flächenmanagement somit nicht geben, zu unterschiedlich sind die Ausgangsbedingungen der Kommunen, die Projektentstehung, die Planungs- und Kommunikationskultur. Dennoch gibt es Möglichkeiten, kooperative Verfahren immer wieder gut auf den Weg zu bringen.

Das Schlagwort „Win-Win-Lösung“ verspricht somit weder ein Planungs- oder Verhandlungsergebnis noch einen Projekterfolg, sondern bezeichnet vielmehr eine planerische Haltung und Strategie, durch konsensorientierte Verhandlungsunterstützung das System der räumlichen Planung zumindest im Bereich der informellen Instrumente zu bereichern.

### Literatur

- Langer, Kerstin; Oppermann, Bettina; Humborg, Christiane (2003): Win-Win-Lösungen im Flächenmanagement. Kooperatives Flächenmanagement zwischen Wirtschaft, Verwaltung und Bürgerschaft: Problemtypologien, Einigungspotenziale und Akteurskonstellationen in Baden-Württemberg, Forschungsbericht am FZK Karlsruhe.
- Oppermann, Bettina; Langer, Kerstin (2003): Verfahren und Methoden der Bürgerbeteiligung in kommunalen Politikfeldern. Leitfaden der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Stuttgart
- Fisher, R., W. Ury, B. Patton (1993): Das Harvard-Konzept. Sachgerecht verhandeln, erfolgreich verhandeln. – 11. aktual. und erw. Neuauflage. Campus, Frankfurt/Main, New York

### PROJEKT ■■■

Projektitel:  
Win-Win-Lösungen im Flächenmanagement – Kooperatives Flächenmanagement zwischen Wirtschaft, Verwaltung und Bürgerschaft: Problemtypologien, Einigungspotenziale und Akteurskonstellationen in Baden-Württemberg (2 Bände)

Projektlaufzeit:  
6/2001 bis 11/2002



Freiflächen am ehemaligen Bahnhof Möhringen: Luftbild und Lageplan sind Teile der Standort-Datenbank und des Gebietspasses.

Bild: Stadt Karlsruhe

Stuttgart 2010:

## Stärkung der Innenentwicklung

### Handlungsempfehlungen zum Nachhaltigen Baufächenmanagement

„Nachhaltige Entwicklung“ bedeutet nach den Grundsätzen des Flächennutzungsplans 2010 der Stadt Stuttgart vor allem, die Innenentwicklung zu fördern. Für die Umsetzung dieses Ziels müssen Strategien und Instrumente entwickelt werden, um die innerstädtischen Baufächenpotenziale zu ermitteln, zu aktivieren und damit marktfähig zu machen. Das Projekt NBS („Nachhaltiges Baufächenmanagement Stuttgart“) umfasst demzufolge die Erstellung einer Übersicht über die bestehenden Potenziale, den Aufbau einer fortschreibungsfähigen Informationsplattform sowie die Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für die Kommune.

Mit rund 50 Prozent besiedelter Fläche sind in Stuttgart die Grenzen des Siedlungswachstums erreicht. Schon in den 1990er-Jahren konnte der Flächenverbrauch deutlich reduziert werden. Dem im Flächennutzungsplan 2010 ausgewiesenen Flächenbedarf von 5,5 Millionen Quadratmetern

litative Komponente – etwa der “gesunden” Nutzungsmischung von Wohnen, Arbeiten und Infrastruktur oder der Aufwertung zentraler, S- und Stadtbahn-naher Lagen. Um also die vorhandenen Flächenpotenziale in diesem Sinne auch vermarktbar zu machen, müssen sie nach ihren besonderen Merkmalen erfasst, bewertet und typisiert werden. Genau darin bestand die erste Stufe des von der Stadt Stuttgart zusammen mit dem Institut für Städtebau und Landesplanung der Universität Karlsruhe sowie der Kommunalentwicklung LEG Baden-Württemberg durchgeführten Projekts.

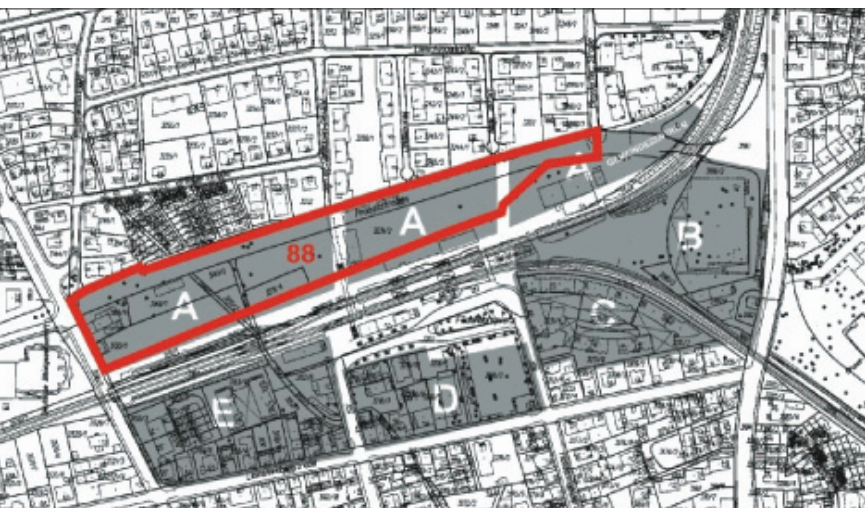
Der zweite Projektbaustein umfasste den Aufbau einer fortschreibungsfähigen, datenbankgestützten Internetplattform sowie einer darauf aufbauenden Web-Präsentation. Schließlich galt es, Handlungsstrategien zu erarbeiten, um die Flächen einer bedarfsgerechten und zügigen Vermarktung zuführen zu können.

### Resultate

Die über 300 erfassten Areale haben eine Grundstücksfläche von mehr als 500 Hektar bzw. eine Geschossfläche von mehr als 5,5 Millionen Quadratmetern. Bestandsgebiete und Neubaufächen stehen im Verhältnis vier zu eins. Das Potenzial im Bestand wiederum bezieht sich zum größeren Teil auf Gewerbe- und Misch-, zum kleineren Teil auf Wohngebiete. Im Gegensatz zu anderen Großstädten stehen nur wenige größere, zusammenhängende Areale zur Verfügung, überwiegend sind die Flächen kleiner als fünf Hektar. Die Areale wurden sechs Flächentypen zugeordnet: traditionelle Baulücken – Brachflächen – untergenutzte Standorte – ungenutzte Reserveflächen von Betrieben – Umnutzungs-/Konversionsflächen – Neubaufächen.

Alle Standorte wurden mit den wichtigsten Daten und Informationen, mit Luftbild und Lageplan (siehe Abbildung) in einer Datenbank sowie in einem übersichtlichen „Gebietsspass“ zusammengefasst. Das Internet ist für die Verwaltung und Pflege der Informationen sowie deren inter-

steht ein 1998 ermitteltes innerstädtisches Baufächenpotenzial von 5,2 Millionen Quadratmetern Geschossfläche gegenüber. Somit liegt es auf der Hand, der Innenentwicklung, sei es in Form der Nachverdichtung, sei es in Form von Umnutzungen, absoluten Vorrang einzuräumen. Der Begriff der Nachhaltigkeit umfasst jedoch nicht nur eine quantitative, sondern auch eine qua-



#### KONTAKT

Dipl.-Ing. Nils Krieger  
Landeshauptstadt Stuttgart  
Amt für Stadtplanung und  
Stadterneuerung  
Eberhardtstr. 10  
70173 Stuttgart  
Tel.: 0711/216-6291  
Fax: 0711/216-3171  
nils.krieger@stuttgart.de  
U610101@stuttgart.de



ne und externe Nutzung die ideale Plattform. Zudem kann auf der Grundlage der NBS-Datenbank über einen Web-Auftritt ein effizienter Schritt in Richtung Flächenvermarktung getan werden.

Um Handlungsstrategien möglichst praxisgerecht ableiten zu können, wurden zehn Standorte einer genaueren Analyse unterzogen. Für ein Areal wurde eine Testplanung durchgeführt, mit der die planerischen Spielräume, Randbedingungen und Konflikte ausgelotet wurden. Dieses Vorgehen erwies sich als Zeit und Kosten sparende Möglichkeit der Erarbeitung eines Nutzungskonzepts. Anhand von zehn weiteren Standorten, die ein breites Spektrum der oben genannten Flächentypen repräsentieren, wurde das Instrument der Vorstudie getestet. Dabei wurden alternative Nutzungsmöglichkeiten unter den Aspekten Städtebau, Kosten, Finanzierung und Vermarktung geprüft. Insbesondere die dabei zutage tretenden Hemmnisse, die einer Flächenaktivierung entgegen stehen, sind von allgemeiner Bedeutung. Es handelt sich um materielle (Altlasten, Infrastrukturdefizite, Finanzierungsprobleme) sowie um institutionelle Hemmnisse (unklare Planungsziele, mangelnde Kommunikation der Akteure).

Auf der Basis der Analysen wurde ein Handlungskonzept mit konkreten Empfehlungen an die Stadt Stuttgart erarbeitet. Unterschieden wurden fünf Handlungsfelder:

1. Organisation: Schaffung der strukturellen Voraussetzungen für das Bauflächenmanagement; ressortübergreifende Koordination; Pflege der NBS-Informationsplattform; Erarbeitung geeigneter Verfahren für die Projekte im Einzelfall.
2. Kommunikation zwischen Verwaltung, Investoren, Bürgern; Marketing; Beratung; Akquise von Fördermitteln; hierzu Einsatz der Internetplattform.
3. Stadtplanung: Konzentration auf Vorrangflächen; verstärkter Einsatz von informellen Planungsverfahren wie Vorstudien und Testplanungen.
4. Liegenschaftspolitik: Einrichtung eines revolvierenden Grundstücksfonds, um die Wiedernutzung langjähriger Brachflächen zu beschleunigen und – etwa durch Zwischenerwerb – den städtischen Einfluss auf die zukünftige Nutzung zu vergrößern.

5. Sanierung von Altlasten als wesentliches Hemmnis der Innenentwicklung.

Aus diesen Handlungsfeldern wurden zehn Bausteine für ein nachhaltiges Bauflächenmanagement abgeleitet, mit deren Hilfe ein – je nach Gemeinderatsbeschluss und Finanzlage der Stadt – mehr oder weniger offensives Förderprogramm für die Innenentwicklung zusammengestellt werden kann. Der Gemeinderat der Landeshauptstadt Stuttgart hat die Verwaltung beauftragt, diese Empfehlungen weiterzuverfolgen und nach einem Jahr einen Bericht über die erfolgten Umsetzungen vorzulegen.

### Perspektiven

Mit dem Projekt „Nachhaltiges Bauflächenmanagement Stuttgart“ liegt ein Praxisbeispiel dafür vor, wie diese kommunale Zukunftsaufgabe dauerhaft gestaltet werden kann. Bundesweit sind die im Rahmen des Projekts erarbeiteten Ergebnisse und Instrumente auf große Beachtung gestoßen. Die insbesondere in den Handlungsempfehlungen zum Ausdruck kommenden Grundprinzipien sind durchaus auf andere Großstädte und Regionen mit gegenüber Stuttgart zum Teil erheblichen strukturellen Unterschieden übertragbar. Da auch die Handlungsfelder kleinerer Städte



ähnlich strukturiert sind, kann hier ebenfalls eine Übertragung erfolgen. Ein Wissenstransfer insbesondere mit anderen laufenden Forschungsprojekten der Landesanstalt für Umweltschutz ist ausdrücklich vorgesehen. In einem NBS-Workshop im Mai 2002 wurden Erfahrungen zum Thema Innenentwicklung mit den Städten München, Frankfurt und Zürich ausgetauscht.

### PROJEKT

Projektitel:  
Nachhaltiges Bauflächenmanagement Stuttgart NBS  
Projektlaufzeit:  
3/2001 bis 2/2003

Der NBS-Schlussbericht sowie eine Dokumentation des Workshops liegen als Broschüre vor und können beim Amt für Stadtplanung und Stadterneuerung Stuttgart (Tel. 0711/216-2707, Fax 0711/216-3171) angefordert werden.

Freiflächen am ehemaligen Bahnhof Möhringen: Luftbild und Lageplan sind Teile der Standort-Datenbank und des Gebietspasses.

# Stadt der Zukunft: Kompakt mit Qualität

## Konzeption zur Innenentwicklung in Klein- und Mittelstädten






### KONTAKT

Dr.-Ing. Gerd Baldauf  
Freier Architekt BDA  
und Stadtplaner  
Schreiberstr. 27  
70199 Stuttgart  
Tel.: 0711/96787-24  
Fax: 0711/96787-22  
www.oesge-bw.de  
c.claus@gerdbaldauf.de

### PROJEKT

Projektitel:  
Innenentwicklung PUR  
Projektlaufzeit:  
6/2002 bis 10/2003

#### Legende

-  Zeitliche Bereiche mit Infrastruktureinrichtungen, Einrichtungen des täglichen Bedarfs, Haltestellen
-  Grünachse
-  Orientierung Richtung Grünachse
-  Fahrad- und Fußweg entlang der Kleinen und Großen Erz
-  Abgrenzung Innenbereich durch Klarstellungsatzung (§ 34 Abs. 4 Nr. 1 BauGB)
-  Untersuchungsgebiet

„Innenentwicklung PUR“ – die Großbuchstaben im Titel der Expertise des Architekten und Stadtplaners Dr. Gerd Baldauf sind Programm: Sie signalisieren, dass der Stadterweiterung auf der grünen Wiese und damit dem weiteren Flächenverbrauch offensiv entgegengetreten werden muss. Und sie stehen für „planen und realisieren“, denn die Studie ist bewusst praxisnah gehalten und betont die enge Verknüpfung von Planung und Umsetzung.

Die Probleme des Flächenverbrauchs sind erkannt, Einsparungskonzepte jedoch in nur wenigen Fällen umgesetzt worden. Bislang wird Innenentwicklung nur dort betrieben, wo der Stadterweiterung aus ökologischen, topografischen oder anderen Gründen enge Grenzen gesetzt sind. Nun müssen – wenn nicht flächendeckend, dann zumindest großflächig – Konzepte zum Gegensteuern entwickelt und auch umgesetzt werden.

So lässt sich die Ausgangslage der Untersuchung umreißen, in der zunächst Inhalte und Ziele der Innenentwicklung formuliert werden, im nächsten Schritt das nötige Planungsinstrumentarium und schließlich das Instrumentarium zur raschen Umsetzung untersucht werden. Die Planungshoheit der Gemeinden soll dabei keinesfalls angetastet werden.

### Resultate

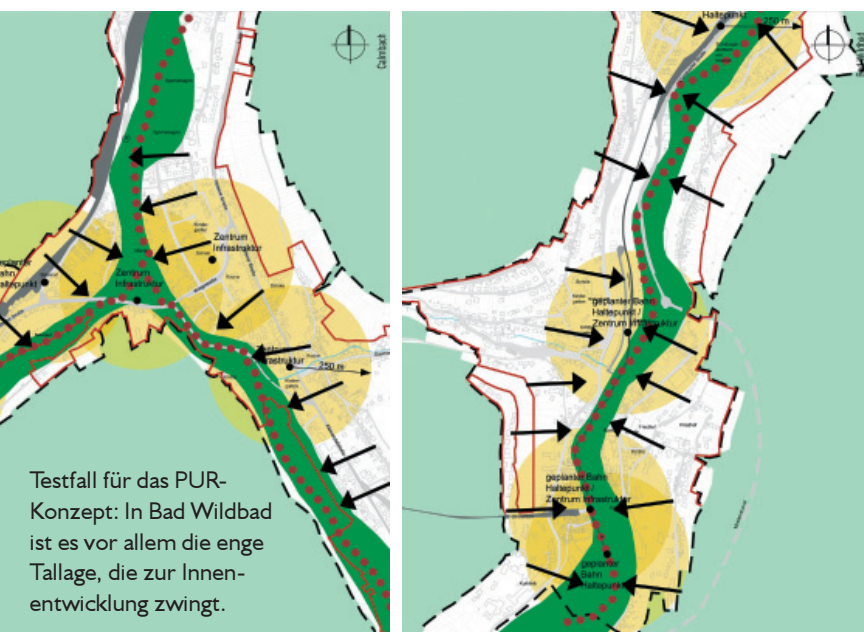
Die schrittweise Umsetzung der Innenentwicklung muss auf die individuelle Situation einer Kommune zugeschnitten sein und bedarf einer sorgfältigen und stringenten Planung. Die Palette möglicher Maßnahmen reicht von der Nachverdichtung über die Schließung von Baulücken bzw. die Umnutzung bis zur Nutzungsoptimierung sowie der Mehrfach- und Zwischennutzung von Flächen. Diese Maßnahmen erhielten dann Priorität, wenn jedem Flächennutzungsplan zukünftig ein Innenentwicklungskonzept vorschaltet wäre.

Auf der Ebene der Planungsumsetzung wäre es für die Innenentwicklung nützlich, wenn das bisherige statische Vorgehen von einem flexiblen, reaktionsfähigen, modularen und prozessualen Ablauf abgelöst würde. Der komplexe, langwierige und auch teure Prozess der Innenentwicklung kann nur Erfolg haben, wenn ein Ausgleich der Nachteile gegenüber der einfacheren Planung auf der grünen Wiese erfolgt – und zwar hinsichtlich der gesetzlichen und der finanziellen Rahmenbedingungen. Trotz aller bestehenden Hemmnisse kommt der Autor zu einem insgesamt optimistischen Fazit: „Die Aufgaben der Innenentwicklung lassen sich mit dem bestehenden Rechts- und Planungsinstrumentarium (mit kleineren Änderungen) lösen, sofern der politische Wille dazu vorhanden ist.“

### Perspektiven

Die Landespolitik räumt der Stadterneuerung und damit der Innenentwicklung eine vorrangige Bedeutung ein. Dennoch zeigt sich, dass die beschriebenen Anstrengungen zur nachhaltigen Eindämmung des Flächenverbrauchs nicht ausreichen.

Am Beispiel der Stadt Bad Wildbad und weiteren Referenzprojekten wurde die Umsetzbarkeit der in der „PUR“-Studie gemachten grundsätzlichen Aussagen überprüft. Ergebnis: Die vorgeschlagenen Methoden und Vorgehensweisen lassen sich gut auf andere Ausgangssituationen übertragen und sind somit vielfältig einsetzbar.





# Vom Umwelt- zum Nachhaltigkeitsbericht

## Anforderungen und Kriterien – ein Leitfaden für Unternehmen

**Was bedeutet Nachhaltigkeit für Unternehmen? Wie lässt sich nachhaltige Entwicklung dokumentieren? Ellen Frings vom Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU) in Heidelberg hat dazu einen Leitfaden erstellt.**

Fünf gute Gründe sich mit nachhaltiger Entwicklung zu befassen, werden im Leitfaden „Vom Umwelt- zum Nachhaltigkeitsbericht – Anforderungen und Kriterien“ aufgezählt: Vermeidung von Imageschäden, Stärkung des Unternehmens an der Börse, Förderung von unternehmensinternen Potenzialen, Schaffung von Wettbewerbsvorteilen und aktive Mitgestaltung von Rahmenbedingungen.

Gründe genug, um nach dem Motto „Tue Gutes und rede darüber“ das Engagement in Sachen Nachhaltigkeit zu veröffentlichen. Jedes Unternehmen kann soziale und ökologische Aktivitäten vorweisen, die in einem Nachhaltigkeitsbericht kommunizierbar sind – doch es gilt, bei der Abfassung des Dokumentes einige Grundsätze zu beachten, sonst kann sich die Aktion schnell als kontraproduktiv erweisen. Besonders wichtig ist die Glaubwürdigkeit. Glaubwürdig sind die Berichte vor allem dann, wenn sie zeigen, dass sich das Unternehmen erkennbar mit seiner Rolle und seinen Aufgaben in einer nachhaltigen Entwicklung auseinander gesetzt hat. Dazu gehört es, Grenzen und Zielkonflikte aufzuzeigen und explizit auf ungelöste Fragen einzugehen. Glaubwürdigkeit bedeutet auch, sich auf die wirklich wichtigen Fragen zu konzentrieren.

Diese Voraussetzung zu erfüllen, erfordert allerdings zunächst, selbst die Stärken und Schwächen des Unternehmens in Bezug auf Nachhaltigkeit einschätzen zu können. Dazu gilt es, sechs Handlungsfelder auf ihre Bedeutung in dieser Frage hin zu durchforsten: die Einflüsse auf den Markt, das Unternehmen als Anbieter von Produkten und Dienstleistungen, als Ort der Beschäftigung und des Lernens, seine Funktion als Transformator für Stoffe und Energien, das Unternehmen als politischer Interessenvertreter und Auslöser von Struktur- und Regionalentwicklung. Zu jedem dieser Handlungsfelder wird im Leitfaden eine Liste mit Fragen und Vorschlägen für Kennzahlen und Fak-

ten zusammengestellt. Außerdem finden sich in einer Tabelle Einflussmöglichkeiten und potenzielle Nachhaltigkeitsziele.

Reichlich Anregungen, um ausgehend von den aktuellen Schwerpunkten des Unternehmens eine Vision und schließlich konkrete Strategien in Sachen Nachhaltigkeit zu entwickeln. Denn zum Nachhaltigkeitsbericht gehört ebenso wie zum Umweltbericht nicht nur die Darstellung des Status quo. Fast noch wichtiger ist die Aufstellung konkreter Ziele, deren Erreichungsgrad dann in den folgenden Berichten angegeben wird.

Nach Möglichkeit sollten die wichtigsten Aussagen des Berichts durch geeignete Kennzahlen belegt werden. Einige Vorschläge dazu sind in diesem Leitfaden zusammengestellt, weitere Anregungen finden sich aber auch im Leitfaden der Global Reporting Initiative (GRI). Näheres unter [www.globalreporting.org](http://www.globalreporting.org).

Wer den Bericht nicht allein auf der Basis des eigenen Know-hows erstellen will, oder ganz bewusst – etwa zur Steigerung der Glaubwürdigkeit – die Diskussion mit Externen sucht, hat verschiedene Möglichkeiten: Denkbar ist es, Stellungnahmen von Umwelt- oder anderen Interessengruppen zu bestimmten Themen einzuholen und zu veröffentlichen. Noch weitergehend ist der Ansatz, die Anforderungen externer Interessengruppen an einen Nachhaltigkeitsbericht in einem Stakeholder-Dialog zu diskutieren.

### Perspektiven

Um den Leitfaden möglichst praxisgerecht und anwendbar zu gestalten, wurden im Rahmen des Projekts zahlreiche Experteninterviews durchgeführt, und der Berichtsentwurf schließlich nochmals bei einem eintägigen Workshop mit Unternehmen und Interessenvertretern diskutiert. Er wendet sich zunächst an Großunternehmen, will aber auch kleinen und mittleren Betrieben eine Orientierungshilfe bieten. Durch seinen Aufbau im Baukastenprinzip und mit verschiedenen Vertiefungsmöglichkeiten sollte jedem Unternehmen die Möglichkeit geboten werden, eigene Schwerpunkte zu setzen und geeignete Kommunikationskanäle über die Berichtsform hinaus zu entwickeln.

### KONTAKT

Dipl.-Ing. agr. Ellen Frings  
Institut für Energie- und  
Umweltforschung (IFEU),  
Heidelberg

Wilckenstr. 3  
69120 Heidelberg  
Tel.: 06221/4767-56  
Fax: 06221/4767-19  
[www.ifeu.de](http://www.ifeu.de)  
[ellen.frings@ifeu.de](mailto:ellen.frings@ifeu.de)

### PROJEKT

Projekttitle:  
Vom Umwelt- zum Nachhaltigkeitsbericht – Anforderungen und Kriterien  
Projektlaufzeit:  
11/2000 bis 12/2003

# Weniger Zeit, weniger Abfall, weniger Lösemittel

## Elektrostatische Verfahren zur Holzlackierung im Praxistest

### KONTAKT

Dipl.-Ing. Dieter Ondratschek (Leitung)  
Dipl.-Ing. (FH) Ralph Hruschka (Ansprechpartner)  
Universität Stuttgart  
Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb  
Nobelstr. 12  
70569 Stuttgart  
Tel.: 0711/970-1878  
Fax: 0711/970-1035  
www.ipa.fhg.de  
rah@ipa.fhg.de

### PROJEKT

Projekttitel:  
Einsatz lacksparender, elektrostatischer Hochrotationsglocken beim Lackieren von Holz- und Holzwerkstoffen (praxisgerechte Maßnahmen)  
Projektlaufzeit:  
1/2002 bis 3/2003

**Eine Machbarkeitsstudie hatte bereits grundsätzlich grünes Licht für ein elektrostatisches Lackierverfahren für Holzwerkstoffe gegeben. Dabei wird der Lack nicht wie bei der herkömmlichen Spritzlackierung per Druckluft- oder Airless-Zerstäubung aufgetragen. Vielmehr wird die elektrisch leitfähige Wirkung der nassen Lack-Deckschicht genutzt, um den Auftragswirkungsgrad elektrostatisch zu erhöhen. Das Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb der Universität Stuttgart hat nun zur Erprobung der praxismgerechten Umsetzung dieses Verfahrens drei Anwendungsfälle durchgespielt und hinsichtlich der Einspar-effekte, der Lackierqualität, der chemischen und physikalischen Beständigkeit und der Verschmutzungsneigung bewertet.**

### Analyse

Die Spritzlackierung von Holz und Holzwerkstoffen ist nicht nur mit einer hohen Umweltbelastung verbunden, sondern auch mit hohen Lackverlusten und Anlagenbetriebskosten. Um die Umwelt- und die Kostenbelastung zu senken, können nicht zerstäubende Verfahren – Tauchen, Gießen, Fluten – angewendet werden, sofern es die geforderten Oberflächenqualitäten zulassen. Es können auch hochwertige „1K-Lacke“ in Verbindung mit Recyclingtechniken eingesetzt werden. Kommen nicht recyclingfähige „2K-Lacke“ zum Einsatz, kann durch eine automatisierte Teileerkennung, durch optimierte Zerstäubereinstellungen und andere Maßnahmen der Auftragswirkungsgrad erhöht werden.

Elektrostatische Lackauftragssysteme können solche Maßnahmen insbesondere dort unterstützen, wo eine hohe Flächenleistung erzielt werden soll, also etwa in der Automobilbranche. Dabei gibt ein elektrostatischer Zerstäuber den verteilten Lackpartikeln elektrostatische Ladung mit. Diese Ladung wird beim Benetzen der zu lackierenden Werkstück-Oberfläche mit Wasserlack über den leitfähigen Nasslackfilm zum Erdkontakt hin abgeführt. Dadurch wirkt das Werkstück ähnlich wie ein geerdetes Metall, was einen hohen Lack-

abscheidungsgrad ermöglicht. Begleitende Maßnahmen, zum Beispiel Werkstückträger aus nicht leitendem Material oder eine leitfähige und geerdete Hinterlegung der Werkstücke unterstützen den Prozess. Nachdem dieses Beschichtungsprinzip 1996 bis 1998 zunächst für Kunststoffteile entwickelt wurde, erfolgte 2000 eine Machbarkeitsstudie zur Anwendung für zwei Anlagentypen, die bei der Lackierung von Holz und Holzwerkstoffen eingesetzt werden (Förder-Nr. BW D 20002). Schon bei dieser Studie wurden erhebliche Einsparpotenziale hinsichtlich des Lackverbrauchs und des anfallenden Lackabfalls festgestellt. Bei Großunternehmen werden Holzbauteile bereits seit mehreren Jahren mit elektrostatischen Hochrotationsglocken lackiert. Ein weiterer Schritt in Richtung eines breiteren Praxiseinsatzes sollte nun mit der Analyse von drei Anwendungsfällen getan werden:

- Decklackierung von Fensterrahmen aus verleimtem Vollholz
- Beschichtung von Küchenfronten aus folienbeschichtetem MDF mit Strukturlack
- Beschichtung von Kfz-Innenteilen (auf Metallschalen laminiertes Echtholz furnier) mit Hochglanzlack

Die im Zuge der Recherche untersuchten Unternehmen betreiben ganz unterschiedliche Lackieranlagen. Hier gewonnene Erkenntnisse flossen in den Aufbau der Modellanlagen im Lackiertechnikum des Fraunhofer IPA ein, wo in Alltagssituationen häufig anzutreffende Lackiersituationen anhand der drei Anwendungsfälle nachgestellt und die Lackierungen mit der elektrostatischen Hochrotationsglocke durchgeführt wurden. Dabei wurde die Lackierung der Fensterrahmen per Hängekettenförderer, die der Küchenfronten und Kfz-Teile per Flächteilespritzlackieranlage simuliert.

### Resultate

Im Fall der Fensterrahmen-Lackierung erbrachte eine ausschließlich elektrostatische Lackierung per Hochrotationsglocke und Lackierroboter ei-





nen Auftragswirkungsgrad von bis zu 50 Prozent, gegenüber bis zu 35 Prozent bei herkömmlichen Verfahren. Aus dieser entscheidenden Kennzahl, die das Verhältnis der insgesamt eingesetzten sowie der auf dem Werkstück abgeschiedenen Lackmenge angibt, lässt sich gleichzeitig die Menge der Lackabfälle ableiten. Der Auftragswirkungsgrad lässt sich durch weitere Zusatzmaßnahmen auf bis zu 65 Prozent steigern, verbunden mit einer Senkung des Lackverbrauchs von 780 Gramm auf 450 Gramm pro Werkstück und einer Senkung der Lackabfallmenge von 507 Gramm auf 167 Gramm.

Dies wiederum reduziert den Einsatz der Koaguliermittel, die zur Bindung der Lackabfälle eingesetzt werden. Ebenso verkürzt sich die Lackierzeit – im genannten Optimalfall von 176 Sekunden auf 110 Sekunden. Genutzt werden kann dies zu einer Beschleunigung des Lackierverfahrens bei Beibehaltung des Lackausstoßes oder zur Drosselung des Lackausstoßes unter Beibehaltung der Lackierzeit.

Dem ersten Fall sind Grenzen in Form von Schwankungen der Schichtdickenverteilung gesetzt, der zweite Fall führt zu einer Erhöhung der Schichtqualität.

Ähnliche Zusammenhänge gelten für die Beschichtung von Küchenfronten sowie die von Kfz-Innenten. Im Fall der Küchenfronten ergaben Versuche

mit dem Original- anstelle des Wasserlacks keine zufrieden stellenden Resultate. Bei den Kfz-Teilen konnte aufgrund der hohen optischen und physikalischen Anforderungen der eingesetzte Wasserlack den Original-Polyesterlack nicht komplett ersetzen.

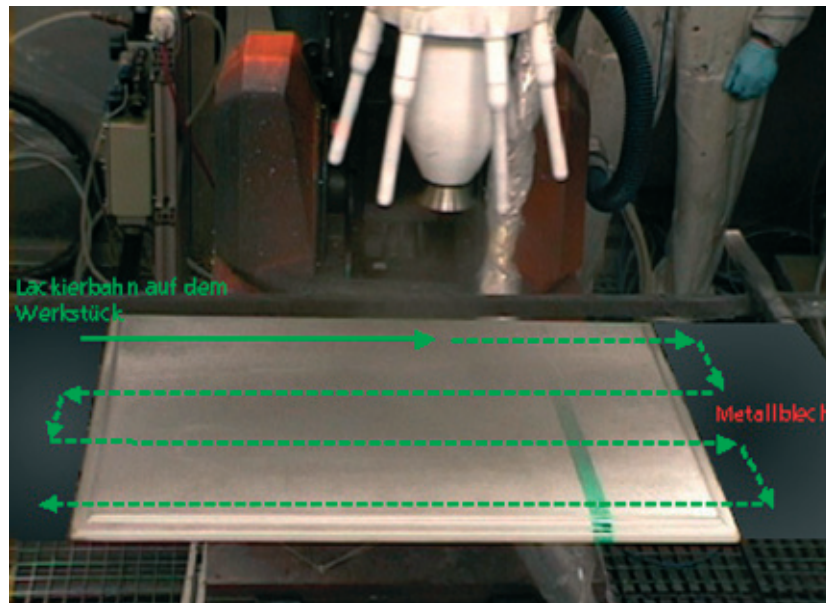
Versuche, den Polyesterlack mit Leitsalzen zu modifizieren, um das elektrostatische Lackierprinzip „Abführen der Ladungen über den Naslackfilm“ umzusetzen, scheiterten an auftretenden Unverträglichkeiten. Beim zusätzlich getesteten Lackierprinzip „Abführen der Ladungen über das leitfähige Werkstückinnere“ konnte dagegen der lösemittelhaltige Originallack einge-

setzt werden – ebenfalls mit Einspareffekten.

Neben der Qualität wurden auch die Geräte- und Anlagenverschmutzung, Anlagenstörungen und weitere Aspekte der Fertigungssicherheit beachtet. Dabei kam es zu keiner systembedingten Störung; die übrigen auftretenden situationsbedingten Störungen und Verschmutzungen konnten in kurzer Zeit behoben werden. Insgesamt konnte eine Fertigungssicherheit festgestellt werden, die der einer Lackieranlage in der Automobilbranche entspricht.

### Perspektiven

Die Lackierung von Holz und Holzwerkstoffen mit elektrostatischen Hochrotationsglocken bietet hohe Einsparpotenziale in Sachen Material, Abfall und Lackierzeit. Den nächsten Schritt zur Praxistauglichkeit markiert nun die Freigabe der



### LITERATUR

Rothkamm, M., Hansemann, W., Böttcher, P.: Lack Handbuch Holz. DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen 2002

Pecina, H., Paprzycki, O.: Lack auf Holz. Vincentz Verlag, Hannover 1995

Lackierversuch auf der Tür einer Küchenfront mit der Hochrotationsglocke im Technikum des Fraunhofer IPA.

hierfür einsetzbaren Wasserlacke. Geprüft werden müssen zudem die eventuell notwendigen Umbaumaßnahmen an bestehenden Lackieranlagen im Vergleich zu den Investitionen bei einer Neuanlagenplanung.

So ist zum Beispiel bei Investitionskosten von rund 150.000 Euro für eine elektrostatische Lackiereinrichtung die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes zu prüfen, um kleineren Unternehmen den Einstieg in diese neue Technologie zu erleichtern. Das Fraunhofer IPA erstellt hierzu Entscheidungshilfen für industrielle Anwender, sowohl für die Umrüstung bestehender als auch für die Planung neuer Lackieranlagen.

# Betriebe profitieren von EG-Umwelt-Audit

## Verzahnung von Umwelt- und Innovationsmanagement ist elementar

**Im Hinblick auf das umweltpolitische Schlagwort der ökologischen Modernisierung sollen Umweltmanagementsysteme (UMS) wie etwa das EG-Umwelt-Audit-System (EMAS) einen wichtigen Beitrag leisten. Doch lösen diese Instrumente tatsächlich Innovationen zur Verbesserung der Umweltqualität aus? Und stärken sie die Wettbewerbsfähigkeit der Betriebe? Das Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) und das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) haben dies mithilfe einer Breitenbefragung sowie zwölf Tiefenfallstudien untersucht.**

### Analyse

Es greift zu kurz, sich allein auf die Durchführung einer Öko-Auditierung als umweltinnovativem Akt zu konzentrieren. Die Festlegung von Verantwortlichkeiten oder die Formulierung ökologischer Anforderungen für Lieferanten fallen bei den Autoren der Studie deshalb unter die „Pflicht“, die mit der Zertifizierung nach EMAS zwangsläufig verbunden ist. Die Entwicklung von Umwelt-Checklisten oder die Reorganisation der Abfalltrennung zählen bereits zur „Standard-Kür“. Und die „Kür plus“ beinhaltet etwa die Entwicklung von ökologischen Verfahren, die Integration von Umweltaspekten in die Forschung und Entwicklung sowie in Investitions- oder Arbeitsplatzbewertungen.

Der hier zugrunde liegende Innovationsbegriff bezieht sich auf die mikroökonomische Ebene des auditierten Betriebes. Es geht also nicht nur um objektive (Markt-)Neuentwicklungen, sondern darum, wie ein Betrieb die Freiräume, die ein UMS/EMAS bietet, für sich zu nutzen und in die betriebseigenen Abläufe zu integrieren weiß.

Wichtig ist also, die Durchführung eines UMS als Prozess zu betrachten und nicht als begrenzte Einzelmaßnahme. Neben den aus einer Literaturlauswertung abgeleiteten Hypothesen wurde deshalb im Rahmen der Studie auch ein Wirkungsmodell entwickelt, das die prozessualen Zusammenhänge aufzeigt, die letztlich zu Umweltinnovationen sowie zur verbesserten Wettbewerbsfähigkeit des Betriebes führen. Hypothesen und Wirkungsmodell

sollten als Hauptteil der Studie durch Fallstudien und Befragungen geprüft werden.

Die Auswahl der zwölf Betriebe für die detaillierten Fallstudien erfolgte als Ergebnis eines Rankings, das sich aus der Auswertung von Umwelt-erklärungen, aus dem allgemeinen Engagement für den Umweltschutz und einer Einbindung des Umweltschutzes in die Unternehmensstrategie ergab. Es sollten die wichtigsten produzierenden Branchen Baden-Württembergs berücksichtigt werden. Die Betriebe sollten schon seit mehreren Jahren nach EMAS zertifiziert und möglichst bereits revalidiert worden sein. Je nach Betriebsgröße und Organisationsstruktur wurden zwei bis drei ausführliche Interviews mit dem Geschäftsführer, mit dem EMAS-Beauftragten sowie mit einem Vertreter aus Forschung und Entwicklung geführt. Die geringe Fallzahl von zwölf erschwert allgemein gültige Aussagen. Deshalb sollten mittels einer telefonischen Breitenbefragung die Analysen der Fallstudien auf eine belastbare Grundlage gebracht werden. Ausgewählt wurden wiederum nur Betriebe, die nach EMAS zertifiziert sind. Um ökonomische Analysen durchführen zu können und damit verallgemeinerbare Aussagen zu erhalten, musste dieser Teil der Untersuchung über Baden-Württemberg hinaus reichen – was den Vorteil mit sich bringt, das Land in den bundesweiten Kontext einordnen zu können. Es erfolgte schließlich eine Vollerhebung aller 2270 EMAS-Betriebe des verarbeitenden Gewerbes in Deutschland, aus der sich 1277 Telefon-Interviews ergaben.

### Resultate

Die Studie hat gezeigt, dass EMAS nach Einschätzung der Befragten häufig positive Effekte auf umweltfreundliche Prozess- und Produktinnovationen sowie auf organisatorische Umweltinnovationen hat. Indirekte Umweltinnovationen konnten vor allem durch die Fallstudien nachgewiesen werden, da hier Wirkungsketten und Folgeeffekte genauer analysiert werden konnten. Insbesondere die im Rahmen von EMAS (im Gegensatz zur Zertifizierung nach ISO 14001) zwingend vorgesehene Umwelterklärung trägt demnach zur inner- und überbetrieblichen Diffusion

### KONTAKT

Dr. Klaus Rennings  
Zentrum für Europäische  
Wirtschaftsforschung GmbH  
(ZEW), Mannheim  
Postfach 10 34 43  
68034 Mannheim  
Tel.: 0621/123-5207  
Fax: 0621/123-5226  
www.zew.de  
rennings@zew.de

### PROJEKT

Projekttitel:  
Innovationswirkungen des  
EG-Umwelt-Auditsystems  
in Baden-Württemberg –  
eine Analyse auf Basis  
einer Breitenbefragung  
und Fallstudien  
Projektlaufzeit:  
10/2000 bis 12/2002



der Umweltinnovationen bei. Umwelterklärungen werden – das haben die Befragungen deutlich gemacht – vielfach von anderen Betrieben als Anregung für eigenes umweltinnovatives Handeln genutzt. Die Reichweite von Umweltinnovationen ist entsprechend der ökonometrischen Analyse insbesondere von der “Reife” des UMS im Betrieb abhängig, also von der Laufzeit und der Anzahl der Revalidierungen.

Ein zentraler Faktor, der über die Umweltinnovationstätigkeit entscheidet, ist die organisatorische Durchdringung von EMAS in einem Betrieb: Je besser die Verzahnung von Umwelt- und Innovationsmanagement, desto bessere Wirkungen ergeben sich. Dies gilt sowohl für die organisatorische Umsetzung als auch für die Einführung neuer Produkte und Prozesse. Eine ganz entscheidende Rolle spielt die Forschung und Entwicklung (F & E). Diese Abteilung sollte an der Weiterentwicklung von EMAS beteiligt werden, da von ihr produktbezogene und damit auch wichtige strategische Weichenstellungen ausgehen. Wie die Telefonbefragung zeigte, ist aber gerade diese Abteilung am wenigsten an der EMAS-Weiterentwicklung beteiligt (siehe Abbildung). Die ökonometrische Analyse hat darüber hinaus gezeigt, dass starke Lernprozesse durch das UMS einen positiven Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit besitzen.

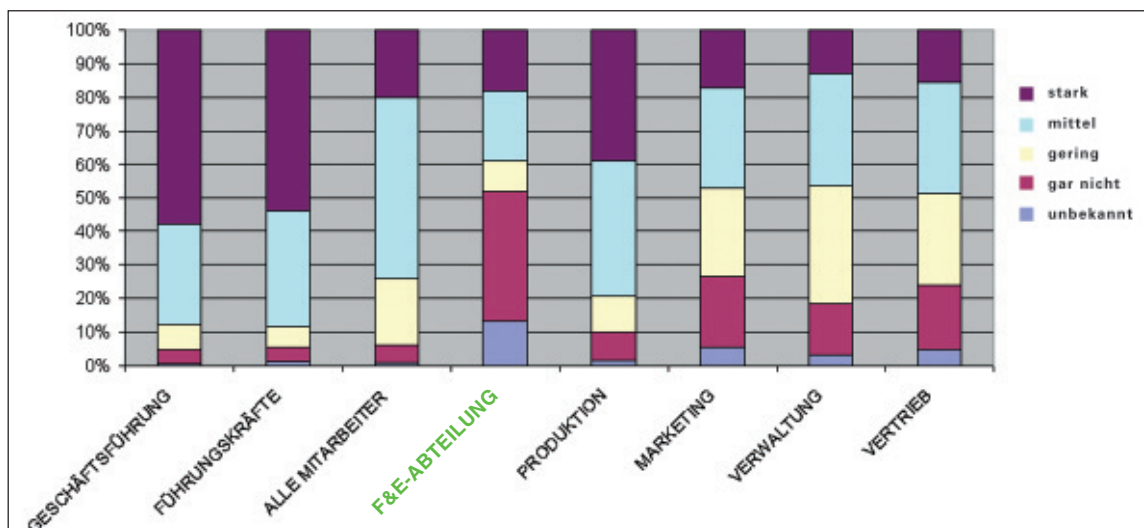
Handlungsempfehlungen ergeben sich aus der Studie auch für die Politik: Wenn zertifizierte Umweltmanagementsysteme Innovationen mit Umweltnutzen generieren, sollte dies auch bei der Förderung beachtet werden. Konkrete Wünsche wurden im Zuge der Telefonbefragung gesammelt. Diese reichen von einer besseren Honorierung oder anderen finanziellen Vorteilen über erleichterte Genehmigungen bei Maßnahmen mit Umweltbezug und verminderten Berichtspflichten bis zur Steigerung des Bekanntheitsgrades von EMAS sowohl im weltweiten Maßstab (bessere Zusammenführung mit ISO 14001!) als auch gegenüber den Endverbrauchern. Ein wichtiges Förderinstrument stellt die öffentliche Beschaffung dar. Hier fordern viele EMAS-Betriebe, ihre Umweltbemühungen mit einer Bevorzugung bei der staatlichen Auftragsvergabe zu belohnen. Ein Vorteil von EMAS gegenüber ISO 14001 ist die geforderte Umwelterklärung. Dies rechtfertigt – so die Autoren der Studie – eine Besserstellung des EMAS-Standards bei der Förderpolitik. Ist dies nicht gewünscht, könnte umgekehrt eine Förderung ISO-zertifizierter Betriebe mit der (freiwilligen) Vorlage eines Umweltberichts verknüpft werden.

**Perspektiven**

Aus den genannten Wünschen an die Politik lässt sich die Frage ableiten, ob und in welcher Form die Politik – konkret: die baden-württembergische Landespolitik – die weitere Verbreitung von EMAS unterstützen soll oder bestehende Maßnahmen modifiziert. Baden-Württemberg gehört hier bislang zu den Vorreitern, wie die Durchführung zahlreicher Pilotprojekte, das „profis“-Förderprogramm oder die Aktion „Öko-Audit im Konvoi“ zeigen. Informierte Unternehmer lobten auch das Beispiel „Bayerischer Umweltpakt“. „Weiche“ Positivmaßnahmen – etwa die Auslobung eines Umwelt-Innovationspreises – könnten in Zukunft dem Eindruck entgegentreten, dass das EMAS-System nicht selbsttragend sei und der dauerhaften Förderung bedürfe.

**LITERATUR**

Bundesumweltministerium/Umweltbundesamt: Umweltmanagementsysteme – Fortschritt oder heiße Luft? Frankfurt/Main, 2000  
 Dyllick, T., Hamschmidt, J.: Wirksamkeit und Leistungen von Umweltmanagementsystemen. Eine Untersuchung von ISO-14001-zertifizierten Unternehmen in der Schweiz. Vdf, Zürich, 2000



Beteiligung verschiedener Funktionsbereiche an der Weiterentwicklung von EMAS in den Unternehmen

Eine intensivere Mitarbeit der Abteilung Forschung und Entwicklung (F & E) bei der Auditierung hätte stärkere Innovationseffekte zur Folge.

# Unternehmen fit für Kyoto

## Flexible Instrumente im Klimaschutz

**Im „Kyoto-Protokoll“ haben sich die Industrieländer verpflichtet, den Ausstoß an Treibhausgasen zwischen 2008 und 2012 um durchschnittlich 5,2 Prozent im Vergleich zu 1990 zu reduzieren. Deutschland hat sich ein Minde-  
reduzierungsziel von 21 Prozent gesetzt (EU: 8 %). Das Kyoto-Protokoll sieht „Flexible Mechanismen“ vor, um eine kostengünstige Erfüllung der Reduktionsverpflichtungen zu ermöglichen. Das Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe, hat in Kooperation mit der Energie Baden-Württemberg AG (EnBW) einen Leitfaden für Unternehmen zur Funktionsweise der flexiblen Instrumente im Klimaschutz entwickelt.**

Als Grundlage für den Leitfaden wurden zunächst die Ergebnisse des internationalen Verhandlungsprozesses – unter anderem das Kyoto-Protokoll, die Marrakesh Accords sowie die EU-Richtlinie zum Emissionshandel – analysiert. Ziel war es dabei, komplexe Vertragstexte so umzusetzen, dass sie Unternehmen, Kommunen und Verbänden als allgemein verständliche und anwenderorientierte Hilfestellung im Umgang mit der Thematik der Flexiblen Instrumente im Klimaschutz dienen können. Daher wurden grundlegende Vorgehensweisen für Unternehmen beim Einstieg in den EU-Emissionsrechtehandel bzw. bei der Anerkennung von Investitionen im Ausland als „Joint Implementation“ oder „Clean Development Mechanism“ Projekte erarbeitet.

Im Frühjahr 2001 erschien eine erste Version des Leitfadens. Doch schon im Mai 2003 wurde eine Aktualisierung notwendig, damit die Ergebnisse der Konferenz von Marrakesh (Marrakesh Accords, 2001) sowie von Delhi (2002) und die neusten Entwicklungen bzgl. der EU-Emissionshandelsrichtlinie eingearbeitet werden konnten.

Um die Praxisnähe sicherzustellen, wurden Stakeholder in das Projekt involviert bzw. ein Workshop abgehalten. Die Methodik des moderierten Brainstormings diente dazu, deren Erwartungen und Wünsche direkt zu ermitteln. Auch die enge Zusammenarbeit mit der EnBW AG gewährleistete, dass der Leitfaden an die Bedürfnisse der Unternehmen angepasst ist.

### Resultate

Der Leitfaden bietet eine gute Nachschlagemöglichkeit für Unternehmen. Durch konkrete Berechnungsanleitungen, Entscheidungsbäume und übersichtliche Checklisten wird die komplexe Materie greifbar gemacht. Im Folgenden soll kurz ein Überblick über dargestellte Anleitungen gegeben werden: Themen sind

1. Emissionshandel (u.a. Anleitung zur Emissionsquantifizierung, Strategieentwicklung, Handelsabwicklung),
2. Joint Implementation (z.B. Kriterienkatalog für die Anerkennung als JI-Projekt) und
3. Clean Development Mechanism (z.B. Kriterienkatalog für die Anerkennung als CDM-Projekt).

Im Anhang der Publikation finden sich Glossar, Adressen und wichtige Internet-Links.

Als weitere Hilfestellungen werden zum einen ein MS-Excel-Tool zur Berechnung eigener Emissionen bzw. zur Abschätzung von Emissionsminderungen bereitgestellt, zum anderen konkrete Fallbeispiele aus der Zusammenarbeit mit der EnBW AG. Der Leitfaden ist als Hard-Copy, als CD-ROM sowie als online abrufbares PDF-Dokument erhältlich. Im Internet wie auch auf der CD-ROM steht eine interaktive Version zur Verfügung, die ein schnelles und zielgerichtetes Abrufen von gewünschten Informationen ermöglicht.

### Perspektiven

Die Resonanz auf den Leitfaden vonseiten der Industrie ist sehr vielversprechend. Über 1.000 CD-ROMs und Hard-Copies der ersten Fassung wurden bereits nachgefragt. Auch von der überarbeiteten Version vom Mai 2003 wurden schon 400 Druckversionen und etliche CD-ROMs ausgegeben. Eine Anpassung und Überarbeitung aufgrund neuer gesetzlicher Festlegungen und Rahmenbedingungen – speziell im EU-Emissionshandelsystem – sowie eine allgemeine Aktualisierung des Leitfadens sind daher zu erwarten.



### KONTAKT

Dr. Regina Annette Betz  
Fraunhofer Institut für  
Systemtechnik und  
Innovationsforschung  
Breslauerstraße 48  
76139 Karlsruhe  
Tel.: 0721/6809-249 Fax:  
0721/6809135  
www.isi.fraunhofer.de  
r.betz@isi.fraunhofer.de

### PROJEKT

Projekttitel:  
Flexible Instrumente  
im Klimaschutz  
Projektlaufzeit:  
1.: 7/2000 bis 8/2001  
2.: 7/2002 bis 5/2003



# KLARA

## Verbundvorhaben Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung

Das Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (UVM) befasst sich mit den möglichen Folgen des Klimawandels für das Land Baden-Württemberg und hat dazu ein Verbundprojekt KLARA (Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung) initiiert. Es wird begleitet von einer Projektgruppe unter Federführung der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg.

Nach dem heutigen Stand von Wissenschaft und Forschung muss man von einer relativ raschen globalen Klimaveränderung während der nächsten Jahrzehnte ausgehen. In den letzten 100 Jahren ist in Baden-Württemberg die Temperatur im Mittel um mehr als 1 °C angestiegen und dieser Trend wird sich demnach zukünftig fortsetzen bzw. sogar noch verstärken. Als Beispiel für die bisherige Entwicklung ist die Entwicklung der Temperaturen an der Messstation Karlsruhe in Abbildung 1 dargestellt. Neben den Veränderungen der Mittelwerte der Klimaparameter sind insbesondere die der Extremwerte für die Auswirkungen von Bedeutung.

Die Ergebnisse des International Panel on Climate Change (IPCC) der Vereinten Nationen führen zusammengefasst dazu Folgendes aus:

- die globale durchschnittliche Oberflächentemperatur steigt – je nach angenommenem Emissionsszenario – um 1,4 bis 5,8 °C bis 2100
- erwartet werden höhere Maximaltemperaturen; mehr heiße Tage und Hitzewellen über fast allen Landmassen und höhere Minimaltemperaturen; weniger kalte Tage, Frosttage und Kältewellen
- zu erwarten sind ferner intensivere Niederschlagsereignisse über vielen Gebieten und eine Zunahme von extremen Windereignissen in mittleren Breiten

Diese globalen Angaben sind für regionale Auswirkungen nur bedingt aussagekräftig. Für Baden-Württemberg wurden daher im Rahmen des Projektes KLIWA (Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft) regionale Klimaszenarien in Auftrag gegeben, deren Ergebnisse seit Herbst 2003 vorliegen, aber noch be-

wertet werden müssen. In KLIWA wird außerdem der Bereich Wasserwirtschaft behandelt. Es ist daher ein enger Informationsaustausch zwischen KLIWA und KLARA vorgesehen.

Für das Verbundprojekt KLARA wird das Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK) in einer etwa einjährigen ersten Untersuchungsphase in Zusammenarbeit mit anderen Institutionen ein Übersichtsbild zur Betroffenheit Baden-Württembergs erarbeiten, in dem die Auswirkungen einer möglichen Klimaveränderung auf verschiedene Regionen in Baden-Württemberg unter Einbeziehung von Extremereignissen und für unterschiedliche Sektoren wie

- Gesundheit und Landwirtschaft und als Spezialfall Weinbau,
  - Forstwirtschaft,
  - Tourismus und Naturschutz,
  - Schifffahrt und Wasserkraft
- analysiert und bewertet werden sollen.

Die Fragestellungen des Projekts sind selbst noch Gegenstand der Forschung und nicht mit gängigen Methoden zu bearbeiten. Bei den Untersuchungen werden neuartige Methoden der Forschung

weiterentwickelt und eingesetzt. Angesichts der vorgesehenen Bearbeitungszeit von nur etwa einem Jahr wird eine wesentliche Aufgabe darin bestehen, einen sich eventuell weiter abzeichnenden Forschungsbedarf zu identifizieren und hinsichtlich seiner Bedeutung für Baden-Württemberg zu evaluieren. Demgemäß orientiert sich das Vorgehen zunächst an den Ergebnissen des Analyse-rasters, das gemeinsam in der Projektgruppe erarbeitet wurde, und leitet daraus vordringlich zu bearbeitende Fragestellungen ab. Diese dienen als Leitlinien für das vom PIK vorgelegte, prioritäre Forschungskonzept, das im Rahmen der einjährigen Projektlaufzeit bearbeitet wird.

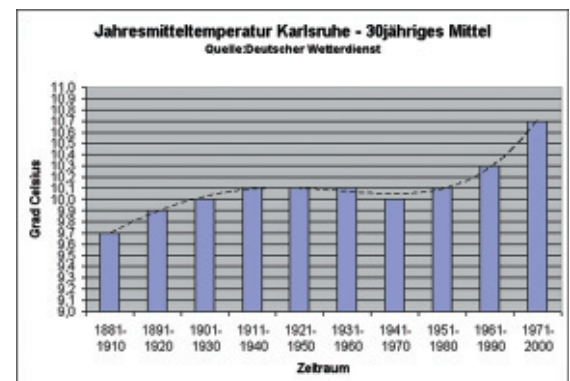
Die Ergebnisse aus dem Forschungsvorhaben werden 2005 veröffentlicht.

### KONTAKT ■■■

Werner Franke  
Landesanstalt für Umweltschutz Bad.-Württ. (LfU),  
Referat 23 Biologische  
Umweltbeobachtung  
Griesbachstraße 1  
76185 Karlsruhe  
Tel.: 0721/983-1465  
www.lfu.baden-wuerttemberg.de  
werner.franke@lfuka.lfu.bwl.de

### PROJEKT ■■■

Projekttitle:  
Klimawandel – Auswirkungen,  
Risiken, Anpassung  
(KLARA)  
Projektlaufzeit:  
01/2000 bis 12/2004



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

Förderkz	Projektleiter/Institution	Thema	Förderdauer
<b>Förderbereich A – Nachhaltigkeitsstrategien</b>			
BWA21010 01	<b>Kaule</b> , Giselher, Prof. Dr. Universität Stuttgart Institut für Landschaftsplanung und Ökologie Keplerstr. 11, 70174 Stuttgart	Analyse der Landschaftszerschneidung belastungsempfindlicher Räume in Baden-Württemberg	01.01.2002 – 31.08.2002
BWA21015 02	<b>Krumm</b> , Raimund, Dipl.-Volksw. Institut für Angewandte Wirtschaftsforschung Ob dem Himmelreich 1, 72074 Tübingen	Nachhaltigkeitskonforme Flächennutzungspolitik Ökonomische Steuerungsinstrumente und deren gesellschaftliche Akzeptanz	01.05.2002 – 31.10.2003
<b>Förderbereich B – Ökologische u. gesundheitliche Beeinträchtigungen durch anthropogene Umweltbelastungen</b>			
BWB20018 03	<b>Borm</b> , Paul, Dr. Gesellschaft zur Förderung der Lufthygiene und Silikoseforschung e.V. Med. Institut für Umwelthygiene Auf'm Hennekamp 50, 40225 Düsseldorf	Pulmonary Inflammation and Systematic Effects due to Ambient Particulates	01.01.2002 – 31.12.2004
BWB21002 04	<b>Hitzfeld</b> , Bettina, Dr. Universität Konstanz Fakultät für Biologie Universitätsstraße 10, 78457 Konstanz	Monitoring von Pharmaka in Bodenseezuflüssen sowie toxikologische Untersuchungen zu ihrer Bioverfügbarkeit und ihren Effekten auf das Immunsystem in Bachforellen	01.01.2002 – 31.12.2004
BWB21009 05	<b>Metzger</b> , Jörg, Prof. Dr. Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft Bandtäle 2, 70569 Stuttgart	Monitoring der Desinfektionsmittel Triclosan, Triclocarban und Hexachlorophen in Fließgewässern, Sedimenten, Klärschlamm, Zu- und Abläufen von Kläranlagen	01.01.2002 – 31.12.2002
BWB21015 06	<b>Zwirner-Baier</b> , Iris, Dr. Universität Würzburg, HNO-Klinik Josef-Schneider-Str. 11, 97080 Würzburg	Acrylnitril-Proteinaddukte als neuer Expositionsmarker fürs Passivrauchen	01.05.2002 – 30.04.2003
BWB21018 07	<b>Paur</b> , Hanns-Rudolf, Dr. Forschungszentrum Karlsruhe Institut für Technische Chemie Karlsruhe	Expositionsverfahren für einen lungenspezifischen Bioassay zur Bewertung industrieller Feinstpartikel-Emissionen	01.04.2002 – 31.03.2004
BWB21019 08	<b>Metzger</b> , Jörg, Prof. Dr. Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft Bandtäle 2, 70569 Stuttgart	Polybromierte Diphenylether und Tetrabrombisphenol A: Untersuchungen zum Abbau und Metabolismus in Nahrungsmitteln	01.05.2002 – 30.04.2004
<b>Förderbereich C – Ressourcenschutz und Strategien zur Verminderung von Umweltbelastungen</b>			
BWC21011 09	<b>Heege</b> , Thomas, Dr. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Methodik der Fernerkundung (DLR-MF) Münchener Str. 20, 82230 Wessling	Entwicklung von automatisierbaren Fernerkundungsverfahren zur effektiven Unterstützung von Planungsprozessen in der Uferzone von Seen (EFPLUS)	01.07.2002 – 30.06.2005
BWC21019 10	<b>Bernhart</b> , Hans-Helmut, Prof. Dr.-Ing. Universität Karlsruhe, Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik (IWK) Karlsruhe	Hydraulik naturnaher Fließgewässer: Empfehlungen zur naturnahen Entwicklung ausgebauter Fließgewässer in Ortslagen unter Berücksichtigung des Hochwasserschutzes	01.09.2002 – 28.02.2005
BWC21016 11	<b>Hildebrand</b> , Ernst E., Prof. Dr. Universität Freiburg Institut für Bodenkunde und Waldernährung Bertoldstr. 17, 79098 Freiburg	Die Erschließung von Bodensteinen durch näherelementaradsorbierende Gewebe – Bedeutung für Status und nachhaltige Entwicklung der Ernährungsbedingungen in Waldböden	01.07.2002 – 28.02.2005
BWC21013 12	<b>Leibundgut</b> , Christian, Prof. Dr. Universität Freiburg Institut für Hydrologie Fahnenbergplatz, 79098 Freiburg	Weiterentwicklung des Bewertungsverfahrens „Hydrologische Güte“ als Expertensystem zum operationellen Einsatz im Flussgebietsmanagement	01.06.2002 – 30.11.2004
BWC21010 13	<b>Böcker</b> , Reinhard, Prof. Dr. Universität Hohenheim Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie Schloß – Mittelbau West, 70599 Stuttgart	Entwicklung von automatisierbaren Fernerkundungsverfahren zur effektiven Unterstützung von Planungsprozessen in der Uferzone von Seen (EFPLUS)	01.07.2002 – 30.09.2005

Stand: 31. Oktober 2003



Förderkz	Projektleiter/Institution	Thema	Förderdauer
<b>Förderbereich C – Ressourcenschutz und Strategien zur Verminderung von Umweltbelastungen</b>			
BWC21014 14	<b>Ihringer</b> , Jürgen, Dr.-Ing. Universität Karlsruhe Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik (IWK) Karlsruhe	Entwicklung eines Verfahrens zur Hochwasserfrühwarnung in kleinen und mittleren Einzugsgebieten auf Grundlage von verteilten Online-Bodenfeuchtemessungen	01.07.2002 – 31.03.2003
<b>Förderbereich D – Altlasten, Abfall, Umwelttechnik</b>			
BWD21012 15	<b>Spicher</b> , Ulrich, Prof. Dr.-Ing. Universität Karlsruhe Institut für Kolbenmaschinen Kaiserstr. 12, 76050 Karlsruhe	Experimentelle Untersuchung zyklischer Schwankungen der Verbrennung im Hinblick auf Reduzierung der Motor-Rohemissionen bei Ottomotoren mit Benzin-Direkteinspritzung	01.05.2002 – 30.04.2004
BWD21013 16	<b>Jäger</b> , Johannes, Prof. Dr. Technische Universität Darmstadt WAR – Fachgebiet Abfalltechnik Petersenstr. 13, 64287 Darmstadt	Einsatz eines alternativen Abluftreinigungsverfahrens kombiniert mit dem bestehenden biologischen Abluftreinigungsverfahren in einer mechanisch-biologischen Restabfallbehandlungsanlage	01.07.2002 – 31.12.2003
BWD20007 17	<b>Ondratschek</b> , Dieter, Dipl.-Ing. Universität Stuttgart, Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart	Einsatz lacksparender, elektrostatischer Hochrotationsglocken beim Lackieren von Holz und Holzwerkstoffen (praxisgerechte Maßnahmen)	01.01.2002 – 31.03.2003
BWD21001 18	<b>Domnick</b> , Joachim, Dr.-Ing. Universität Stuttgart, Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart	Qualitätsgerechte und effektive Maßnahmen zur Luftreinhaltung in handwerklichen und industriellen Lackierereien	01.01.2002 – 30.06.2003
BWD21002 19	<b>Funk</b> , Stefan, Dipl.-Ing. (FH) Forschungsinstitut für Edelmetalle und Metallchemie, FEM Katharinenstraße 17, 73525 Schwäbisch Gmünd	Entwicklung eines Anodisationsverfahrens mittels Spritz-/Sprühtechnik als ökologisch/ökonomisch effizientes Vorbehandlungsverfahren für die Oberflächenbeschichtung von Aluminium	01.01.2002 – 30.06.2003
BWD21006 20	<b>Baumbach</b> , Günter, Prof. Dr. Universität Stuttgart, Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen Pfaffenwaldring 23, 70569 Stuttgart	Optimierung der Feuerungstechnik zur Wärmeerzeugung aus aufbereiteten Durchforstungsreststoffen	01.01.2002 – 31.12.2003
BWD21010 21	<b>Konold</b> , Werner, Prof. Dr. Universität Freiburg, Institut für Landespflege Tennenbacher Str. 4, 79108 Freiburg	Wasserhaushalt und Bodenentwicklung qualifizierter Rekultivierungsschichten	01.05.2002 – 30.04.2004
<b>Förderbereich I – Innovation</b>			
BWI22003 22	<b>Ankele</b> , Kathrin, Dipl.-Biol. Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) gGmbH Potsdamer Straße 105, 10785 Berlin	Ökologische Zielfindung im Rahmen des Umweltmanagements: Praktische Erprobung der Methode in Zusammenarbeit mit einem Verband und Einzelunternehmen	01.01.2003 – 31.12.2004
BWI22006 23	<b>Pinnekamp</b> , Johannes, Prof. Dr. Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft Bandtäle 2, 70569 Stuttgart	Systemintegration von Brennstoffzellen auf Kläranlagen – Potentialabschätzung für Baden-Württemberg	01.10.2002 – 30.06.2004
BWI22007 24	<b>Volz</b> , Karl-Reinhard, Prof. Dr. Universität Freiburg Institut für Forstpolitik Tennenbacher Str. 4, 79098 Freiburg	Konfliktanalysen als Grundlage für die Entwicklung von umweltgerechten Management-Strategien in Erholungsgebieten	01.08.2003 – 31.07.2006
BWI22010 25	<b>Schaber</b> , Karlheinz, Prof. Dr.-Ing. Universität Karlsruhe, Institut für Technische Thermodynamik und Kältetechnik Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe	Charakterisierung und Abscheidung von Ölnebeln	01.08.2003 – 31.07.2005
BWI22001 26	<b>Schmidt</b> , Mario, Prof. Fachhochschule Pforzheim Tiefenbronner Str. 65, 75175 Pforzheim	Stoffstrombezogene Leistungsverrechnung für ein nachhaltiges Unternehmens-Controlling	01.01.2003 – 31.12.2004

Förderkz	Projektleiter/Institution	Thema	Förderdauer
<b>Förderbereich R – Ressourcenschutz</b>			
BWR22014 27	<b>Wilpert</b> , Klaus von, Dr. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg Abt .Bodenkunde und Waldernährung Wonnhaldestr. 4, 79100 Freiburg	Fallstudien zur Bewertung und Entwicklung forstbetrieblicher Optionen zur Sicherung der Wassergüte in bewaldeten Einzugsgebieten	01.08.2003 – 31.08.2006
BWR22026 28	<b>Hötzl</b> , Heinz, Prof. Dr. Universität Karlsruhe Geologisches Institut Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe	Ermittlung der Grundwassergefährdung mit Hilfe künstlicher neuronaler Netze zur nachhaltigen Wasserbewirtschaftung	01.08.2003 – 31.07.2006
BWR22016 29	<b>Aldinger</b> , E., Dr. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg Wonnhaldestr. 4, 79100 Freiburg	Genetische und ökophysiologische Untersuchungen zur Überflutungstoleranz der Esche ( <i>Fraxinus excelsior</i> L.) in der Rheinaue	01.08.2003 – 31.07.2006
BWR22012 30	<b>Sures</b> , Bernd, Dr. Universität Karlsruhe, Zoologisches Institut I Kaiserstr. 12, 76128 Karlsruhe	Untersuchungen zur Toxizität der Platingruppenelemente Pt, Pd und Rh	01.10.2002 – 30.09.2004
BWR22009 31	<b>Schmeiser</b> , Heinz, Dr. Deutsches Krebsforschungszentrum C0300 Molekulare Toxikologie Heidelberg	Persistenz der DNA-Addukte des Luftschadstoffes 3-Nitrobenzantron in der Ratte	01.10.2002 – 31.08.2004
BWR22006 32	<b>Grathwohl</b> , Peter, Prof. Dr. Universität Tübingen Zentrum für Angewandte Geowissenschaften Sigwartstr. 10, 72076 Tübingen	Erfassung schädlicher Bodenveränderungen durch die atmosphärische Deposition von persistenten organischen Verbindungen (POP)	01.10.2002 – 30.09.2005
BWR22001 33	<b>Grathwohl</b> , Peter, Prof. Dr. Universität Tübingen Zentrum für Angewandte Geowissenschaften Sigwartstr. 10, 72076 Tübingen	Herkunft und Bilanzierung des Eintrags des Benzinzusatzes Methyl-tert-butylether (MTBE) und seinen Abbauprodukten in Grundwasser mittels multikompartimenteller Modellierung	01.01.2003 – 31.12.2004
BWR22018 34	<b>Oetken</b> , Matthias, Dr. Universität Frankfurt, Zoologisches Institut, Siesmayerstraße 70, 60054 Frankfurt/M.	Genetische Verarmung als Folge von Schadstoffstress bei Wirbellosen – ein Beitrag zur Biodiversitätsforschung	01.08.2003 – 30.08.2005
<b>Förderbereich T – Umwelttechnik</b>			
BWT22003 35	<b>Ondratschek</b> , Dieter, Dipl.-Ing. Universität Stuttgart, Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb, Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart	Hocheffiziente Verfahren zur Pulverlackbeschichtung von Holzwerkstoffen	01.10.2002 – 30.09.2004
BWT22004 36	<b>Bieberstein</b> , Andreas, Dr. Universität Karlsruhe, Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik, Richard-Willstätter-Allee, 76131 Karlsruhe	Überströmbare Dämme – landschaftsverträgliche Ausführungsvarianten für den dezentralen Hochwasserschutz in Baden-Württemberg	01.10.2002 – 31.12.2003
BWT22005 37	<b>Westrich</b> , Bernd, Prof. Dr. Universität Stuttgart, Institut für Geotechnik, Pfaffenwaldring 35, 70569 Stuttgart	Neue naturnahe Bauweisen für überströmbare Dämme an dezentralen Hochwasserrückhaltebecken, Teil II	01.11.2002 – 31.12.2003
BWT22007 38	<b>Trösch</b> , Walter, Prof. Dr. Fraunhofer Gesellschaft, Institut für Grenzflächen und Bioverfahrenstechnik, Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart	Begleitforschung zur zweistufigen Klärschlammvergärung mit Mikrofiltration und Ammoniumgewinnung	01.08.2003 – 31.07.2005
<b>Förderbereich W – Umwelt und Wohnen</b>			
BWW22010 39	<b>Riechelmann</b> , Herbert, PD Dr. Universitätsklinikum Ulm HNO-Klinik 89070 Ulm	Zytokinexpressionsmuster und Genexpressionsanalyse der humanen Nasenschleimhaut nach Exposition mit Innenraumstäuben	01.10.2002 – 30.09.2004

Stand: 31. Oktober 2003





Förderkz	Projektleiter/Institution	Thema	Förderdauer
<b>Förderbereich W – Umwelt und Wohnen</b>			
BWW22002 40	<b>Eisele</b> , Gerhard, Dr. Ingenieurgesellschaft für Umwelttechnik und Bauwesen Dr. Eisele GmbH Schütte 12-16, 72108 Rottenburg a. N.	Absicherbarkeit von (Rest-)Risiken beim Flächenrecycling	01.10.2002 – 30.09.2004
BWW22008 41	<b>Flaig</b> , Holger, Dr. Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg Industriestr. 5, 70565 Stuttgart	Bewertung von Forschungsvorhaben im Rahmen des BWPLUS-Schwerpunktthemas „Boden- und Flächenressourcenmanagement“, Teil A	01.07.2002 – 28.02.2003
BWW22009 42	<b>Spatz</b> , Peter, Dipl.-Geol. solum, büro für boden+geologie Basler Str. 19, 79100 Freiburg	Bewertung von Forschungsvorhaben im Rahmen des BWPLUS-Schwerpunktthemas „Boden- und Flächenressourcenmanagement“, Teil B	01.07.2002 – 28.02.2003
<b>Förderbereich Z – Zukunftsoffensive Baden-Württemberg</b>			
ZO3K23001 43	<b>Eicker</b> , Ursula, Prof. Dr. Fachhochschule Stuttgart, Joseph-von-Egle- Institut für angewandte Forschung, Schellingstr. 24, 70013 Stuttgart	Optimierung von Fassaden zur Vermeidung sommerlicher Überhitzung	01.08.2003 – 31.07.2005
ZO3K23005 44	<b>Lammel</b> , Gerhard, Dr. Max-Planck-Institut für Meteorologie Bundesstr. 55, 20146 Hamburg	Aerosole aus der Nutztierhaltung	01.01.2004 – 30.06.2005
ZO3W23002 45	<b>Volland</b> , Gerhard, Dr. Universität Stuttgart, Otto-Graf-Institut Pfaffenwaldring 4, 70569 Stuttgart	Dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (PCB) und polychlorierte Dioxine/Furane (PCDD/F) im Innen- raum – Modelluntersuchungen ...	01.12.2003 – 31.12.2004
ZO3W23004 46	<b>Leistner</b> , Philip, Dr.-Ing Fraunhofer-Gesellschaft, Institut für Bauphy- sik, Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart	Lärm in der schulischen Umwelt und kognitive Lei- stungen bei Grundschulkindern – Teil A: Umwelt- und bauakustische Untersuchungen	01.10.2003 – 30.09.2005
ZO3W23005 47	<b>Hellbrück</b> , Jürgen, Prof. Dr. Kath. Univ. Eichstätt-Ingolstadt, Interdiszipli- näres Zentrum für Gesundheitswissenschaft- ten (IZG), Ostenstr. 26-28, 85072 Eichstätt	Lärm in der schulischen Umwelt und kognitive Lei- stungen bei Grundschulkindern – Teilprojekt B: Kognitionspsychologische Untersuchungen	01.10.2003 – 30.09.2005
ZO3W23001 48	<b>Hartung</b> , Thomas, Dr. med. Universität Konstanz, Fakultät für Biologie Universitätsstraße 10, 78457 Konstanz	Charakterisierung luftgetragener Toxine und Entwick- lung von Standard-/Referenzmaterialien zum Aufbau eines auf humanem Vollblut basierenden IPT-Bioindi- kators zur Erfassung luftgetragener Kontaminationen	01.09.2003 – 31.08.2006
ZO3W23003 49	<b>Walz</b> , Rainer, Dr. Fraunhofer-Gesellschaft, Institut für System- technik und Innovationsforschung Breslauer Str. 48, 76139 Karlsruhe	Handelbare Flächenausweiskontingente zur Begrenzung des Flächenverbrauchs – Ansätze für Baden-Württemberg	01.09.2003 – 31.05.2005
ZO3K23006 50	<b>Schleich</b> , Joachim, Dr. Fraunhofer-Gesellschaft, Institut für System- technik und Innovationsforschung Breslauer Str. 48, 76139 Karlsruhe	Klimaschutz in Baden-Württemberg: Chancen und Möglichkeiten nationaler Projekte	01.09.2003 – 31.08.2004
ZO3K23003 51	<b>Böhnisch</b> , Helmut, Dipl.-Ing. Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff- Forschung Bad.-Württ. (ZSW) Industriestr. 6, 70565 Stuttgart	Nahwärmeversorgung und erneuerbare Energien im Gebäudebestand – Anschlag von Pilotprojekten in Baden-Württemberg; Hemmnisanalyse und Unter- suchung der Einsatzbereiche	01.09.2003 – 28.02.2006
ZO3K23002 52	<b>Hertle</b> , H., Dipl.-Ing. Institut für Energie- und Umweltforschung e.V. (IFEU), Wilckensstr. 3, 69120 Heidelberg	Evaluation und Begleitung der Umsetzung der Energieeinsparverordnung 2002 in Baden- Württemberg	01.09.2003 – 31.08.2005
ZO3K23004 53	<b>Hartebrodt</b> , Christoph, Dr. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Bad.-Württ., Insitut für Forstökonomie Wonnhaldestr. 4, 79100 Freiburg	Untersuchungen zur Rolle des Waldes und der Forstwirtschaft im Kohlenstoffhaushalt des Landes Baden-Württemberg	01.08.2003 – 30.04.2006

## Personen- und Institutionen-Register zu den präsentierten Projekten

■ ■ ■ ■ ■ Dr. phil. nat. Erich **Alles**  
 Projekt: Konsolidierung ehemals versauerter Bachoberläufe dokumentiert anhand der Veränderung der Kiesel-Algen-Zönose  
 Laufzeit: 01.03.2001 bis 31.07.2002  
 Institution: **Freiberuflicher Diatomologe und Internet-Anwendungsentwickler**  
 Adresse: Butzbacher Str. 19, 60389 Frankfurt  
 Telefon: 069/452023  
 Internet: www.kieselalgen.com  
 E-Mail: dr.alles@web.de

■ ■ ■ ■ ■ Prof. Dr. Jürgen **Angerer**, Tobias **Weiß**  
 Projekt: Belastung der Allgemeinbevölkerung mit aromatischen Aminoverbindungen – der Einfluss von Ernährung und Bekleidung  
 Laufzeit: 01.01.2001 bis 31.12.2002  
 Institution: **Universität Erlangen/Nürnberg**, Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin  
 Adresse: Schillerstr. 25, 91054 Erlangen  
 Telefon: 09131/85-26123  
 Telefax: 09131/85-26126  
 Internet: www.arbeitsmedizin.uni-erlangen.de  
 E-Mail: Tobias.Weiss@rzmail.uni-erlangen.de

■ ■ ■ ■ ■ Dr.-Ing. Gerd **Baldauf** (Leitung), Christiane **Claus** (Ansprechpartnerin)  
 Projekt: Innenentwicklung PUR  
 Laufzeit: 01.06.2002 bis 31.10.2003  
 Institution: **Freier Architekt BDA** und Stadtplaner  
 Adresse: Schreiberstr. 27, 70199 Stuttgart  
 Telefon: 0711/96787-24  
 Telefax: 0711/96787-22  
 Internet: http://oesge-bw.de  
 E-Mail: c.claus@gerdbaldauf.de

■ ■ ■ ■ ■ PD Dr. habil. Baldur **Barczewski**  
 Projekt: Boden- und Flächenressourcen-Management in Ballungsräumen: Innovative Erkundungsmethoden von Schadstoffbelastungen ...  
 Laufzeit: 01.07.1999 bis 30.06.2002  
 Institution: **Universität Stuttgart**, Institut für Wasserbau, VEGAS – Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und Altlastensanierung  
 Adresse: Pfaffenwaldring 61, 70550 Stuttgart  
 Telefon: 0711/685-4739  
 Telefax: 0711/685-4631  
 Internet: www.iws.uni-stuttgart.de  
 E-Mail: Baldur.Barczewski@iws.uni-stuttgart.de

■ ■ ■ ■ ■ PD Dr. habil. Baldur **Barczewski**  
 Projekt: Pilotversuch zur energiesparenden, ökonomischen Reinigung kontaminierten Grundwassers im innerstädtischen Bereich mit einem Dichtwand-Heber-Reaktor am „Öl-Epple“-Areal in Stuttgart  
 Laufzeit: 01.11.2000 bis 31.01.2003  
 Institution: **Universität Stuttgart**, Institut für Wasserbau, VEGAS  
 Adresse: Pfaffenwaldring 61, 70550 Stuttgart  
 Telefon: 0711/685-4717  
 Telefax: 0711/685-7020  
 Internet: www.iws.uni-stuttgart.de  
 E-Mail: Baldur.Barczewski@iws.uni-stuttgart.de

■ ■ ■ ■ ■ Dr. Regina Annette **Betz**  
 Projekt: Flexible Instrumente im Klimaschutz  
 Laufzeit: 01.07.2000 bis 31.08.2001 (1. Teil) 03.07.2002 bis 31.5.2003 (2. Teil)  
 Institution: **Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung**  
 Adresse: Breslauer Str. 48, 76139 Karlsruhe

Telefon: 0721/6809-249  
 Telefax: 0721/6809-135  
 Internet: www.isi.fraunhofer.de  
 E-Mail: r.betz@isi.fraunhofer.de

■ ■ ■ ■ ■ Dr.-Ing. Andreas **Bieberstein**  
 Projekt: Überströmbare Dämme – Landschaftsverträgliche Ausführungsvarianten für den dezentralen Hochwasserschutz in Baden-Württemberg  
 Laufzeit: 01.10.2002 bis 31.12.2003  
 Institution: **Universität Karlsruhe**, Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik  
 Adresse: Postfach 6980, 76128 Karlsruhe  
 Telefon: 0721/608-2222 und -2223  
 Telefax: 0721/696096  
 Internet: www.iws.uni-stuttgart.de  
 E-Mail: andreas.bieberstein@ibf.uni-karlsruhe.de

■ ■ ■ ■ ■ Dr. Silvia **Diabaté**  
 Projekt: Gesundheitseffekte durch inhalierbare Feinstäube aus technischen Verbrennungsanlagen: In-vitro-Untersuchungen zur Wirkung feiner und ultrafeiner Partikel auf kultivierte Lungenzellen  
 Laufzeit: 01.11.2000 bis 31.12.2002  
 Institution: **Forschungszentrum Karlsruhe**, Institut für Toxikologie und Genetik  
 Adresse: Postfach 3640, 76021 Karlsruhe  
 Telefon: 07247/82-2692 oder -6457  
 Telefax: 07247/82-3557  
 Internet: http://itgmvl.fzk.de/itg/itg\_home.html  
 E-Mail: silvia.diabate@itg.fzk.de

■ ■ ■ ■ ■ Dr. Peter **Dreher**  
 Projekt: Schadstoffe in klärschlammgedüngten Ackerböden Baden-Württembergs  
 Laufzeit: 01.01.2002 bis 31.03.2003  
 Institution: **Landesanstalt für Umweltschutz** Baden-Württemberg, Abteilung 2 Ökologie, Boden- und Naturschutz  
 Adresse: Griesbachstraße 1, 76185 Karlsruhe  
 Telefon: 0721/983-1557  
 Internet: www.lfu.bwl.de/index.php  
 E-Mail: peter.dreher@lfuka.lfu.bwl.de

■ ■ ■ ■ ■ Werner **Franke**  
 Projekt: KLARA – Verbundvorhaben Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung  
 Laufzeit: 01/2000 bis 12/2004  
 Institution: **Landesanstalt für Umweltschutz** Baden-Württemberg, Referat 23 Biologische Umweltbeobachtung  
 Adresse: Griesbachstraße 1, 76185 Karlsruhe  
 Telefon: 0721/983-1465  
 Internet: www.lfu.baden-wuerttemberg.de  
 E-Mail: werner.franke@lfuka.lfu.bwl.de

■ ■ ■ ■ ■ Prof. Dr.-Ing. Rainer **Friedrich** (Leitung), Dipl.-Ing. Thomas **Pregger** (Ansprechpartner)  
 Projekt: Ermittlung der Feinstaubemissionen in Baden-Württemberg und Betrachtung möglicher Minderungsmaßnahmen  
 Laufzeit: 01.11.2000 bis 31.01.2003  
 Institution: **Universität Stuttgart**, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Abteilung Technikfolgenabschätzung und Umweltanalysen  
 Adresse: Heßbrühlstraße 49a, 70565 Stuttgart  
 Telefon: 0711/780 6127  
 Telefax: 0711/780 3953  
 Internet: www.ier.uni-stuttgart.de  
 E-Mail: tp@ier.uni-stuttgart.de

■ ■ ■ ■ ■ Dipl.-Ing. agr. Ellen **Frings**  
 Projekt: Vom Umwelt- zum Nachhaltigkeitsbericht – Anforderungen und Kriterien  
 Laufzeit: 01.11.2000 bis 31.12.2003  
 Institution: **Institut für Energie- und Umweltforschung** (IFEU), Heidelberg  
 Adresse: Wilkenstr. 3, 69120 Heidelberg  
 Telefon: 06221/4767-56  
 Telefax: 06221/4767-19  
 Internet: www.ifeu.de  
 E-Mail: ellen.frings@ifeu.de

■ ■ ■ ■ ■ Dr. Harald **Gebhardt**  
 Projekt: Pilotvorhaben zur integrierenden Ökologischen Umweltbeobachtung – Modellentwicklung für eine medienübergreifende Interpretation von Messdaten (MUB)  
 Laufzeit: 01.09.1999 bis 31.12.2002  
 Institution: **Landesanstalt für Umweltschutz** Baden-Württemberg  
 Adresse: Griesbachstraße 1, 76185 Karlsruhe  
 Telefon: 0721/983-1222  
 Internet: www.lfu.baden-wuerttemberg.de  
 E-Mail: harald.gebhardt@lfuka.lfu.bwl.de

■ ■ ■ ■ ■ Werner **Geiger**, Rainer **Weidemann**  
 Projekt: Fofaweb – das Forschungs-Fachinformationssystem  
 Institution: **Forschungszentrum Karlsruhe** GmbH (IAI)  
 Adresse: Postfach 3640, 76021 Karlsruhe  
 Telefon: 07247/82-5724 u. 07247/82-5740  
 Telefax: 07247/82-5786  
 Internet: www.fzk.de  
 E-Mail: werner.geiger@iai.fzk.de  
 rainer.weidemann@iai.fzk.de

■ ■ ■ ■ ■ Prof. Dr. Andrea **Hartwig**  
 Projekt: Spezies der Kfz-emittierten Platingruppenelemente und ihre toxische Wirkung (Teil B)  
 Laufzeit: 01.06.2001 bis 31.12.2003  
 Institution: **Universität Karlsruhe**, Institut für Lebensmittelchemie und Toxikologie  
 Adresse: Postfach 6980, 76128 Karlsruhe  
 Telefon: 0721/608-2936  
 Telefax: 0721/608-7254  
 Internet: www.lmc.uni-karlsruhe.de  
 E-Mail: Andrea.Hartwig@chemie.uni-karlsruhe.de

■ ■ ■ ■ ■ Dr.-Ing. Jürgen **Ihringer** (Leitung), Wolfram **Schädel** (Ansprechpartner)  
 Projekt: Entwicklung eines Verfahrens zur Hochwasserfrühwarnung in kleinen und mittleren Einzugsgebieten auf der Grundlage von verteilten Online-Bodenfeuchtemessungen  
 Laufzeit: 01.07.2002 bis 31.03.2003  
 Institution: **Universität Karlsruhe**, Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik (IWK)  
 Adresse: Postfach 6980, 76128 Karlsruhe  
 Telefon: 0721/608-3248  
 Telefax: 0721/661329  
 Internet: www.iwk.uni-karlsruhe.de/iwk/schaedel@iwk.uka.de

■ ■ ■ ■ ■ Dr. Wolfgang **Kohler**  
 Projekt: Ergänzung geltender Handlungsempfehlungen zur Erkundung im Hinblick auf eine effektive Nutzung natürlicher Abba- und Rückhalteprozesse bei der Altlastenbearbeitung in Bad.-Württ.



Laufzeit: 01.04.2001 bis 30.11.2002  
 Institution: **Landesanstalt für Umweltschutz**  
 Bad.-Württ., Abt. 4 Wasser und Altlasten  
 Adresse: Griesbachstraße 1, 76185 Karlsruhe  
 Telefon: 0721/983-1438  
 Internet: www.lfu.baden-wuerttemberg.de  
 E-Mail: wolfgang.kohler@lfuka.lfu.bwl.de  
 Autoren: Prof. Dr. Georg **Teutsch**, Dr. Hermann  
**Rügner**  
 Institution: **Universität Tübingen**, Zentrum für  
 Angewandte Geowissenschaften (ZAG)  
 Adresse: Sigwartstraße 10, 72074 Tübingen  
 Telefon: 07071/297-6468 oder 07071/297-5041  
 Telefax: 07071/5059  
 Internet: http://homepages.uni-tuebingen.de/  
 hermann.ruegner  
 E-Mail: georg.teutsch@uni-tuebingen.de  
 hermann.ruegner@uni-tuebingen.de

■■■■■■ Dr.-Ing. Hans-Peter **Koschitzky**, (Lei-  
 tung), Dr.-Ing. Angela Winkler, Dipl.-Ing.  
 Tilman Theurer, Dipl.-Ing. Uwe Hiester  
 Projekt: THERIS – Technologieentwicklung zur  
 thermischen In-situ-Sanierung gering  
 durchlässiger Böden  
 Laufzeit: 01.08.2001 bis 30.09.2003  
 Institution: **Universität Stuttgart**, Institut für  
 Wasserbau, VEGAS  
 Adresse: Pfaffenwaldring 61, 70550 Stuttgart  
 Telefon: 0711/685-4716 / 4717  
 Telefax: 0711/685-7020  
 Internet: www.vegasinfo.de  
 E-Mail: hans-peter.koschitzky@iws.uni-  
 stuttgart.de

■■■■■■ Dipl.-Ing. Nils **Krieger**  
 Projekt: Nachhaltiges Bauflächenmanagement  
 Stuttgart NBS  
 Institution: **Landeshauptstadt Stuttgart**, Amt für  
 Stadtplanung und Stadterneuerung  
 Laufzeit: 01.03.2001-28.02.2003  
 Adresse: Eberhardtstr. 10, 70173 Stuttgart  
 Telefon: 0711/216-6291  
 Telefax: 0711/216-3171  
 Internet: www.stuttgart.de  
 E-Mail: nils.krieger@stuttgart.de oder  
 U610101@stuttgart.de

■■■■■■ Dipl.-Ing. Kerstin **Langer** (Leitung, An-  
 sprechpartnerin)  
 Projekt: Win-Win-Lösungen im Flächenman-  
 agement – kooperatives Flächenman-  
 agement zwischen Wirtschaft, Verwal-  
 tung und Bürgerschaft: Problem-Typo-  
 logien, Einigungspotenziale und Ak-  
 teurskonstellationen in Baden-Würt-  
 temberg  
 Laufzeit: 01.06.2001 bis 30.11.2002  
 Institution: **KOMMA.PLAN**  
 Adresse: Georg-Kerschensteiner-Str. 28, 81829  
 München  
 Telefon: 089/909 36818  
 Telefax: 089/909 36817  
 Internet: www.komma-plan.de  
 E-Mail: langer@komma-plan.de

■■■■■■ Dr. Ulrich **Maurer**  
 Projekt: Verminderung der Emission schwer ab-  
 baubarer Komplexbildner in Bad.-Württ.  
 Laufzeit: 01.01.2001 bis 01.07.2003  
 Institution: **Ministerium für Umwelt und Ver-  
 kehr** Baden-Württemberg, Abteilung 4  
 Industrie und Gewerbe  
 Adresse: Kernerplatz 9, 70182 Stuttgart  
 Telefon: 0711/126-2633  
 Internet: www.uvm.baden-wuerttemberg.de  
 E-Mail: ulrich.maurer@uvm.bwl.de

■■■■■■ Dipl.-Ing. Dieter **Ondratschek** (Lei-  
 tung), Dipl.-Ing. (FH) Ralph **Hruschka**  
 (Ansprechpartner)  
 Projekt: Einsatz lacksparender, elektrostatischer  
 Hochrotationsglocken beim Lackieren  
 von Holz- und Holzwerkstoffen (praxis-  
 gerechte Maßnahmen)  
 Laufzeit: 01.01.2002 bis 31.03.2003  
 Institution: **Universität Stuttgart**, Institut für In-  
 dustrielle Fertigung und Fabrikbetrieb  
 Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart  
 Adresse: 0711/970-1878  
 Telefon: 0711/970-1035  
 Telefax: www.ipa.fhg.de  
 Internet: rah@ipa.fhg.de  
 E-Mail:

■■■■■■ Prof. Dr. Bettina **Oppermann**  
 Projekt: Win-Win-Lösungen im Flächenman-  
 agement – kooperatives Flächenman-  
 agement zwischen Wirtschaft, Verwal-  
 tung und Bürgerschaft. Problem-Typo-  
 logien, Einigungspotenziale und Ak-  
 teurskonstellationen in Baden-Würt-  
 temberg  
 Laufzeit: 01.06.2001 bis 30.11.2002  
 Institution: **Universität Hannover**, Institut für Freiraum-  
 entwicklung und planungsbezogene  
 Soziologie  
 Adresse: Herrenhäuserstr. 2a, 30419 Hannover  
 Telefon: 0511/762 5529  
 Telefax: 0511/762 5159  
 Internet: www.laum.uni-hannover.de/ifps  
 E-Mail: bettina.oppermann@ifps.uni-hanno-  
 ver.de

■■■■■■ Dr. Hanns-Rudolf **Paur**, Dipl.-Ing. (BA)  
 Sonja **Mülhopt**  
 Projekt: Expositionsverfahren für ein lungenspe-  
 zifisches Bioassay zur Bewertung indu-  
 strieller Feinstpartikel-Emissionen  
 Laufzeit: 01.04.2002 bis 31.03.2004  
 Institution: **Forschungszentrum Karlsruhe, In-  
 stitut für Technische Chemie**, Bereich  
 Thermische Abfallbehandlung  
 Adresse: Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344  
 Eggenstein-Leopoldshafen  
 Telefon: 07247/823807  
 Telefax: 07247/824332  
 Internet: http://hikwww2.fzk.de/itc/itc-tab  
 E-Mail: Sonja.Muelhopt@itc-tab.fzk.de

■■■■■■ Dr. Guido **Reinhardt**  
 Projekt: Analyse von Maßnahmen zur Reduktion  
 der Feinstaubbelastung durch die Land-  
 wirtschaft in Baden-Württemberg  
 Laufzeit: 01.07.2001 bis 30.06.2003  
 Institution: **Institut für Energie- und Umweltfor-  
 schung (IFEU)**, Heidelberg  
 Adresse: Wilckenstr. 3, 69120 Heidelberg  
 Telefon: 06221/4767-31  
 Telefax: 06221/4767-19  
 Internet: www.ifeu.de  
 E-Mail: guido.reinhardt@ifeu.de

■■■■■■ Dr. Klaus **Rennings**  
 Projekt: Innovationswirkungen des EG-Umwelt-  
 Auditsystems in Baden-Württemberg –  
 Eine Analyse auf Basis einer Breitenbefragung  
 und Fallstudien  
 Laufzeit: 01.10.2000 bis 31.12.2002  
 Institution: **Zentrum für Europäische Wirt-  
 schaftsforschung GmbH (ZEW)**  
 Adresse: Postfach 10 34 43, 68034 Mannheim  
 Telefon: 0621/123-5207  
 Telefax: 0621/123-5226  
 Internet: www.zew.de/  
 E-Mail: rennings@zew.de

■■■■■■ Dr. David **J. Russell**  
 Projekt: Feststellung und Modellierung der kurz-  
 fristigen Jahresdynamik und kleinräu-  
 migen Variabilität von endogäischen Insek-  
 ten für Monitoringerhebungen auf Boden-  
 -Dauerbeobachtungsflächen in Bad.-  
 Württ. – Erhöhung der Aussagekraft des  
 Monitoringprogramms in Auenhabitaten  
 Laufzeit: 01.07.2001 bis 31.03.2004  
 Institution: **Staatliches Museum für Naturkun-  
 de Görlitz**  
 Adresse: Postfach 300 154, 02806 Görlitz  
 Telefon: 03581/4760-502  
 Telefax: 0358/4760-101  
 Internet: http://naturkundemuseum-goerlitz.de  
 E-Mail: David.Russell@smng.smwk.sachsen.de

■■■■■■ Prof. Dr. Winfried **Schröder**  
 Projekt: Pilotvorhaben zur integrierenden öko-  
 logischen Umweltbeobachtung – Mo-  
 dellentwicklung für eine medienüber-  
 greifende Interpretation von Messdaten  
 Laufzeit: 01.09.1999 bis 31.12.2002  
 Institution: **Institut der Umweltwissenschaften  
 der Hochschule Vechta**  
 Adresse: Postfach 1553, 49364 Vechta  
 Telefon: 04441/15-559  
 Internet: www.iuw.uni-vechta.de  
 E-Mail: wschroeder@iuw.uni-vechta.de

■■■■■■ Prof. Dr. Doris **Stüben** (Leitung), PD Dr.  
 J.-Detlef **Eckhardt** (Ansprechpartner)  
 Projekt: Spezies der Kfz-emittierten Platingrup-  
 penelemente und ihre toxische Wirkung  
 (Teil A)  
 Laufzeit: 01.09.2000 bis 31.12.2003  
 Institution: **Universität Karlsruhe**, Institut für Mi-  
 neralogie und Geochemie  
 Adresse: Kaiserstraße 12, 76128 Karlsruhe  
 Telefon: 0721/608-3323  
 Telefax: 0721/608-7247  
 Internet: www.rz.uni-karlsruhe.de/~img/  
 doris.stueben@img.uka.de  
 E-Mail: detlef.eckhardt@img.uka.de

■■■■■■ Prof. Dr.-Ing. habil. Bernhard **Westrich**  
 Projekt: Neue naturnahe Bauweise für über-  
 strömbare Dämme an dezentralen Hoch-  
 wasserrückhaltebecken zur Erprobung  
 von Erkundungsmethoden zur Beurtei-  
 lung der Sicherheit von Absperrdämmen  
 Laufzeit: 01.11.2000-31.10.2002  
 Institution: **Universität Stuttgart**, Institut für  
 Wasserbau (IWS)  
 Adresse: Pfaffenwaldring 61, 70550 Stuttgart  
 Telefon: 0711/685-4679 oder -4680  
 Telefax: 0711/685-4681  
 Internet: www.iws.uni-stuttgart.de  
 E-Mail: westrich@iws.uni-stuttgart.de

■■■■■■ Dr. Jürgen **Zipperle**, Dr. Karin **Deventer**  
 Projekt: Wirkungsbezogene Sedimentuntersu-  
 chungen zur Ableitung von Qualitäts-  
 merkmalen und Handlungsempfehlun-  
 gen, Teilprojekt I: Entwicklung und Er-  
 probung einer Strategie zur Beurteilung  
 der Sedimentbeschaffenheit auf der Ba-  
 sis von Wirktests.  
 Laufzeit: 01.03.1999 bis 30.06.2003  
 Institution: **Landesanstalt für Umweltschutz**  
 Baden-Württemberg, Referat 23 Biolo-  
 gische Umweltbeobachtung  
 Adresse: Griesbachstraße 1, 76185 Karlsruhe  
 Telefon: 0721/983-1635 u. 0721/983-1592  
 Internet: www.lfu.baden-wuerttemberg.de  
 E-Mail: juergen.zipperle@lfuka.lfu.bwl.de  
 karin.deventer@lfuka.lfu.bwl.de

■■■■■ **Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (UVM)**

Referat 22, Ökologie, Forschung, Klimaschutz  
Postfach 103439  
70029 Stuttgart  
[www.uvm.baden-wuerttemberg.de](http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de)  
Dr. Günther Turian  
Tel.: 0722-126-2672, Fax: 0722-126-2867  
[Guenther.Turian@uvm.bwl.de](mailto:Guenther.Turian@uvm.bwl.de)

■■■■■ **Forschungszentrum Karlsruhe GmbH**

Projekträger  
Hermann-von-Helmholz-Platz 1  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen  
[www.fzk.de/bwp](http://www.fzk.de/bwp)  
Sekretariat:  
Tel.: 07247-825191, Fax: 07247-823929  
[bwplus@bw-plus.fzk.de](mailto:bwplus@bw-plus.fzk.de)  
Projektleitung:  
Dr. Frank Horsch  
Tel.: 07247-825190  
[frank.horsch@bw-plus.fzk.de](mailto:frank.horsch@bw-plus.fzk.de)



■■■■■ **Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU)**

Referat 21, Konzeptentwicklung, Forschungstransfer  
Griesbachstr. 1  
76185 Karlsruhe  
[www.lfu.baden-wuerttemberg.de](http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de)  
Dr. Rosemarie Umlauff-Zimmermann  
Tel.: 0721-983-1542, Fax: 0721-983-1414  
[Rosemarie.Umlauff-Zimmermann@lfuka.lfu.bwl.de](mailto:Rosemarie.Umlauff-Zimmermann@lfuka.lfu.bwl.de)