



# Einblicke 2007

Journal zur Umweltforschung und Umwelttechnik in Baden-Württemberg



## Schwerpunkt: Klima und Energie

 Umweltforschungsprojekte und umwelttechnische Innovationen in Baden-Württemberg.  
Forschung und Entwicklung – Projektförderung 2004 bis 2007 – Kontakte.



Baden-Württemberg

UMWELTMINISTERIUM



**Projektträger**  
Forschungszentrum  
Karlsruhe (PTKA)

**LU:BW**

<b>TITEL</b>	Einblicke 2007 – Journal zur Umweltforschung und Umwelttechnik in Baden-Württemberg
<b>HERAUSGEBER</b>	Umweltministerium Baden-Württemberg (UM) Postfach 103439, 70029 Stuttgart, <a href="http://www.um.baden-wuerttemberg.de">www.um.baden-wuerttemberg.de</a> Tel. 0711/126-2780, Fax 0711/126-2880, <a href="mailto:presse@um.bwl.de">presse@um.bwl.de</a> Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg LUBW Postfach 100163, 76231 Karlsruhe, <a href="http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de">www.lubw.baden-wuerttemberg.de</a> Tel. 0721/5600-0, Fax 0721/126-1456, <a href="mailto:Poststelle@lubw.bwl.de">Poststelle@lubw.bwl.de</a> Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, <a href="http://www.fzk.de/ptka">www.fzk.de/ptka</a> Tel. 07247/82-5191, Fax: 07247/82-3929, <a href="mailto:bwp@pka.fzk.de">bwp@pka.fzk.de</a>
<b>REDAKTION</b>	Prof. Dr. Günther Turian, UM, Referat 23 Forschung, Umwelttechnik, Ökologie Dr. Reiner Wirth, UM, Referat 23 Forschung, Umwelttechnik, Ökologie Dr. Rosemarie Zimmermann, LUBW, Referat 21 Grundsatz, Forschung, Nachhaltigkeit Ruth Heesen, LUBW, Referat 21 Grundsatz, Forschung, Nachhaltigkeit Monika Schempp, LUBW, Referat 21 Grundsatz, Forschung, Nachhaltigkeit Peter Fendrich, EcoText International PartG, Stuttgart
<b>TITELBILD</b>	Kopf Solarschiff GmbH
<b>LAYOUT/LEKTORAT</b>	EcoText International – Fendrich, Weimper & Partner (PartG) Hermannstr. 5, 70178 Stuttgart, <a href="http://www.ecotext.de">www.ecotext.de</a> Tel. 0711/615562-0, Fax 0711/615562-20, <a href="mailto:redaktion@ecotext.de">redaktion@ecotext.de</a>
<b>DRUCK</b>	E&B Engelhardt und Bauer Druck- und Verlagsgesellschaft mbH Käppelestraße 10, 76131 Karlsruhe Tel. 0721/96226-100, Fax 0721/96226-101, <a href="mailto:center@ebdruck.de">center@ebdruck.de</a> Gedruckt auf Recyclingpapier
<b>BEZUG</b>	Die Broschüre ist kostenlos erhältlich bei der Verlagsauslieferung der LUBW, JVA Mannheim – Druckerei, Herzogenriedstraße 111, 68169 Mannheim, Fax 0621/398-370, <a href="mailto:bibliothek@lubw.bwl.de">bibliothek@lubw.bwl.de</a>
<b>DOWNLOAD</b>	<a href="http://www.um.baden-wuerttemberg.de/publikationen">www.um.baden-wuerttemberg.de/publikationen</a> und <a href="http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/publikationen">www.lubw.baden-wuerttemberg.de/publikationen</a>
<b>VERTEILERHINWEIS</b>	Diese Informationsschrift wird von der Landesregierung Baden-Württemberg im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Unterrichtung der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern während eines Wahlkampfes zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Das gilt für alle Wahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass diese als Parteinahme der Herausgeber zu Gunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist es jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.
<b>STAND</b>	November 2007, 1. Auflage
<b>COPYRIGHT</b>	Der Nachdruck ist – auch auszugsweise – nur mit Zustimmung des Umweltministeriums Baden-Württemberg mit Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.



<b>PROLOG</b>		<b>GESUNDHEIT</b>	
<b>Forschung und Politik Hand in Hand</b>		<b>Leuchtende Nanopartikel</b>	
Vorwort von Umweltministerin Tanja Gönner	4	Optimierte Markierungstechnik zur Festlegung von Grundwasser-Schutzgebieten	27
<b>Neue Schwerpunkte in BWPLUS</b>		<b>Aber bitte mit Filter!</b>	
Umweltforschungsprogramm neu ausgerichtet	5	Optimierung der katalytischen Emissionsverminderung bei Holzfeuerungen	28
<b>Wettbewerb um Projektförderung</b>		<b>Messtechnik für seriöse Basis</b>	
Projektträger PTKA im Auftrag des Umweltministeriums	6	Gefährliche Kohlenwasserstoffe korrekt erfassen	29
<b>Von der Forschung in die Tat</b>		<b>Miese Akustik, schlechte Klasse</b>	
LUBW forciert Austausch zwischen Wissenschaft und Praxis	6	Lärm und Leistung in der Schule hängen zusammen	30
<b>KLIMA UND ENERGIE</b>		<b>BIODIVERSITÄT</b>	
<b>Herausforderung Klimawandel</b>		<b>Biologische Vielfalt erhalten</b>	
Neues Forschungsprogramm zu den Folgen des Klimawandels	7	Deutschland ist 2008 Gastgeber der 9. Vertragsstaatenkonferenz zur Biodiversität	32
<b>Datenflut im Klima-Filter</b>		<b>Alte und neue Bodenbeläge</b>	
Der Bodensee bietet eine hervorragende Datenbasis zur Untersuchung des Klimawandels	9	Eine Grundlagenuntersuchung, ihre Umsetzung und deren Bewertung	33
<b>Die nächste Welle kommt bestimmt</b>		<b>Zuckmücken unter Stress</b>	
Wie der Hochwasserschutz um den Faktor Klimaänderung zu erweitern ist	12	Wirbellose als Indikatoren für genetische Verarmung durch Umweltgifte	36
<b>Wie Bauern für Kyoto punkten</b>		<b>Volkszählung im Boden</b>	
Stellschrauben der Landwirtschaft zur Kohlenstoff-Reduktion in der Atmosphäre	14	Bodenbiologisches Monitoring: Erfassung von Springschwänzen	38
<b>Erdwärme effizienter nutzen</b>		<b>WASSER</b>	
Die Öko-Bilanzen von Wärmepumpen können noch optimiert werden	16	<b>Kanal voll?</b>	
<b>Nur mit der Kraft der Sonne</b>		Niederschlagsreihen zur Planung von Kanalsystemen	39
Stuttgarter Forscher entwickeln ein neues Verfahren, um Häuser mit einem offenen Wärmespeicher allein mit Solarenergie zu heizen	17	<b>Strömung frühzeitig analysieren</b>	
<b>Die Zelle für die Zukunft</b>		Naturnahe Entwicklung ausgebauter Fließgewässer als Hochwasserschutz	40
Forschungsprogramm begleitet den Weg der Brennstoffzelle vom Labor in den Heizungskeller	18	<b>NACHHALTIGKEIT</b>	
<b>Holzöfen müssen sauberer werden</b>		<b>Weichen für die Zukunft stellen</b>	
Einsatz von Sensortechnik zur Überwachung von Holzfeuerungen	20	Bausteine zur nachhaltigen Kommunalentwicklung	41
<b>BETRIEBE UND UMWELT</b>		<b>FLÄCHENMANAGEMENT</b>	
<b>Umweltschutz in Unternehmen</b>		<b>Schluss mit dem Dornröschenschlaf</b>	
Förderprogramm Betriebliche Umwelttechnik	22	Lohnt sich die Revitalisierung von Stadtbrachen?	43
<b>GESUNDHEIT</b>		<b>BWPLUS-FÖRDERUNG</b>	
<b>Warndienst Wanderfalke</b>		Einblicke in aktuelle BWPLUS-Projekte	45
Falken-Eier als Bioindikator für langlebige Gifte eingesetzt	24	<b>REGISTER</b>	
<b>Verbesserte Entgiftung</b>		Personen- und Institutionen-Register zu den präsentierten Projekten	49
Modelle zur Diagnose und Therapie nach radioaktiver Belastung	26		

# Forschung und Politik Hand in Hand

## Vorwort von Umweltministerin Tanja Gönner

Liebe Leserin, lieber Leser,



Umweltministerin Tanja Gönner (CDU)

### KONTAKT

Umweltministerium Baden-Württemberg  
Pressestelle  
Kernerplatz 9, 70182 Stuttgart  
Tel.: 0711/126-2780  
Fax: 0711/126-2880  
presse@um.bwl.de  
www.um.baden-wuerttemberg.de

vor Ihnen liegt die sechste Ausgabe eines Magazins, mit dem wir Ihnen ausgewählte Vorhaben der Umweltforschung in Baden-Württemberg vorstellen. Wir haben das Heft neu gestaltet und ihm einen neuen Namen gegeben: „Einblicke – Journal zur Umweltforschung und Umwelttechnik in Baden-Württemberg“.

Von den zahlreichen aktuellen Projekten der Umweltforschung unseres Landes möchten wir Ihnen einige besonders vorstellen. Der Schwerpunkt liegt in diesem Jahr auf dem Thema Klima und Energie. Sie finden im aktuellen Heft aber auch Abhandlungen zu den Themen Flächenmanagement, Wasser, biologische Vielfalt und Gesundheit. Außerdem stellen wir Ihnen unser neues Förderprogramm „Betriebliche Umwelttechnik“ vor. Zu vielen weiteren Projekten bietet Ihnen das Magazin nähere Informationen.

Umweltforschung soll dazu beitragen, dauerhaft eine lebenswerte Umwelt zu erhalten und zu gestalten. Wir brauchen wissenschaftlich fundierte Grundlagen für umweltpolitische Entscheidungen. Für die Forschungsförderung bedeutet das, dass wir Umweltforschung nicht aus rein wissenschaftlicher Neugier fördern. Vielmehr überprüfen und verändern wir die Förderschwerpunkte immer wieder darauf, ob sie den aktuellen Notwendigkeiten entsprechen und bestehen auf eine hohe fachliche Qualität. Ich bin überzeugt: Viele umweltpolitische Herausforderungen und Probleme können wir nur bewältigen, wenn wir uns auf wissenschaftliche Erkenntnisse stützen. Umweltforschung, wie sie das Land Baden-Württemberg fördert, dient der Umwelt und einer dauerhaft zukunftsbeständigen Entwicklung.

Der neue Name „Einblicke“ ist Programm. Alle interessierten Bürgerinnen und Bürger sollen an den aktuellen Erkenntnissen der Umweltforschung teilhaben können. Das Magazin soll einen Austausch von Wissen über Fachgebiete hinweg ermöglichen, der über den Transfer von Wissen in eine Richtung hinausgeht. Gerne wollen wir mit dem Magazin auch unterhalten. Gelänge es gar, einige zu begeistern, würde mich das persönlich besonders freuen.

Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Lesen!

Tanja Gönner  
Umweltministerin  
des Landes Baden-Württemberg

# Neue Schwerpunkte in BWPLUS

## Umweltforschungsprogramm neu ausgerichtet

Baden-Württemberg wirbt in seinem Umweltforschungsprogramm BWPLUS mit den Förderschwerpunkten Lärm in der Umwelt, Thermische Energiespeicher und Flächenmanagement um neue Projekte.

**B**aden-Württemberg orientiert seine Umweltforschung weiter an den aktuellen Herausforderungen der Umweltpolitik. Es konzentriert seine Förderung im Baden-Württemberg Programm Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung (BWPLUS) ab Mitte 2007 auf die Schwerpunkte Lärm in der Umwelt, Thermische Energiespeicher und Flächenmanagement.

### Wärme- und Lärmschutz

Wer sein Haus gut dämmt, muss weniger heizen. Was aber, wenn Lastwagenbrummen und sonstige Geräusche hinterher mehr nerven als vor der aufwändigen Wärmeschutzmaßnahme? Dann liegt das daran, dass die meisten der eingesetzten Dämmstoffe und Bauteile zwar auf möglichst geringe Wärmeleitung, nicht aber gleichzeitig auf den Schutz vor Lärm getrimmt sind. Wie können Neuentwicklungen helfen, Gebäude gleichzeitig thermisch und akustisch zu sanieren? Zu

dieser und weiteren Fragen sollen Projekte des neuen Schwerpunkts Lärm in der Umwelt in BWPLUS Antworten liefern. Die Vorschläge sollen dem Gesamtziel eines flächendeckenden Schutzes vor Lärm dienen.

### Erneuerbare Wärmeenergie

Heizen und Warmwasserbereitung in Haushaltungen verursachen fast ein Drittel aller Kohlendioxidemissionen in Baden-Württemberg. Wie können gesteigerte Energieeffizienz und erhöhte Anteile erneuerbarer Wärme dazu beitragen, auch diese Emissionen drastisch zu verringern? Ideales, das heißt verlustarmes und wirtschaftliches Verknüpfen von Angebot und Nachfrage würden erneuerbarer Wärmeenergie zum Durchbruch verhelfen. Anwendbare Konzepte für Wärme- und Kältespeicher können dazu erheblich beitragen. Die Ausschreibung des neuen Schwerpunkts Thermische Energiespeicher fordert zu Projektskizzen und An-

trägen auf. Sie stellt im Mehrfamilienhausbestand nachrüstbare Speicherlösungen in den Mittelpunkt.

### Flächenmanagement

Flächenmanagement auf kommunaler und regionaler Ebene soll in Baden-Württemberg mithelfen, die wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Entwicklungsmöglichkeiten nachhaltig zu bewirtschaften. Viel methodisches Rüstzeug wurde bereits erarbeitet und teilweise auch eingesetzt: Der Flächenverbrauch schreitet indes weiter voran. Somit bleiben die Fragen: Wie wird aktives Flächenmanagement vor Ort möglich, wie kann man es fördern? Wie werden Hemmnisse überwunden und auf welche Weise lassen sich Flächen vor Ort mobilisieren? Die Ausschreibung des Schwerpunkts Flächenmanagement wirbt ab 2008 um Projektskizzen. Die Vorhaben sollen Wissen erarbeiten, das zu einer Trendwende beiträgt.

*GüntherTurian*

### KONTAKT

Prof. Dr. Günther Turian  
Ref. 23 Forschung, Umwelt-  
technik, Ökologie  
Umweltministerium  
Baden-Württemberg  
Kernerplatz 9  
70182 Stuttgart  
Tel.: 0711/126-2695  
guenther.turian@um.bwl.de  
www.um.baden-  
wuerttemberg.de

### PROJEKTE

Die vollständige Ausschreibung der neuen Schwerpunkte finden sich im Internet unter [www.bwplus.fzk.de](http://www.bwplus.fzk.de)



Flächenverbrauch:  
Erweiterung eines  
Neubaugebiets

Bild: G. Turian

# Wettbewerb um Projektförderung

## Projektträger PTKA im Auftrag des Umweltministeriums

Die Projektförderung hat sich in Baden-Württemberg als bewährtes Instrument zur Stärkung der Spitzenforschung erwiesen. Die Projektvorschläge unterliegen dabei einem Wettbewerb, bei dem die wissenschaftliche Qualität durch ausgewählte Fachgutachter bewertet wird.

Der Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe (PTKA) betreut die Projektförderung des Umweltministeriums für mehrere Fachprogramme. Mit über 260 Projekten seit 1998 ist das Programm BWPLUS (Baden-Württemberg Programm Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung) das größte und bekannteste dieser Fachprogramme. Auf Basis von themenbezogenen Ausschreibungen bewerben sich Forschungseinrichtungen und auch Unternehmen des Landes.

Die Aufgabe des Projektträgers besteht darin, den gesamten Prozess von der Wettbewerbsausschreibung über die Projektauswahl bis hin zur Projektbe-

treuung zu begleiten. Um die Verbreitung der Ergebnisse zu unterstützen, hat der Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe im Jahr 2007 das traditionelle Statuskolloquium mit rund 200 Teilnehmern als Forum für Projektnehmer und ein interessiertes Fachpublikum organisiert. Die Gutachter haben die Güte der Projektergebnisse und die Bedeutung der Kolloquien für den Forschungstransfer hervorgehoben.

### Hoher Bekanntheitsgrad

Die Umweltforschung in Baden-Württemberg hat dadurch einen Bekanntheitsgrad in der Forschungslandschaft erreicht, der weit über die Gren-

zen des Landes hinausreicht. Der Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe arbeitet im Auftrag verschiedener forschungsfördernder Ministerien und Einrichtungen und ist Mitgestalter für wissenschaftliche Forschung, technische Entwicklung und die Verbreitung von Forschungsergebnissen. Mit unseren Fachkompetenzen in den Themen Produktion, Umwelt, Energie, Wassertechnologie und Entsorgung unterstützen wir unsere Auftraggeber bei der programmgebundenen Projektförderung, beraten Antragsteller und wirken als Moderator an der Schnittstelle zwischen umweltpolitischen Fragestellungen und wissenschaftlicher Forschung mit.

*Robert Ruprecht*

### KONTAKT

Dr. Robert Ruprecht  
Dr. Joachim Fuchs  
Dr. Stefan Wigger  
Forschungszentrum  
Karlsruhe GmbH  
Projektträger Forschungs-  
zentrum Karlsruhe  
Hermann-von-Helm-  
holtz-Platz 1  
76344 Eggenstein-  
Leopoldshafen  
Tel.: 07247-82-5294  
joachim.fuchs@ptka.fzk.de  
www.fzk.de/ptka

# Von der Forschung in die Tat

## LUBW forciert Austausch zwischen Wissenschaft und Praxis

Ein Forschungsprojekt endet nicht mit dem Abschlussbericht. Die Ergebnisse sind Grundlage für Praxisanwendungen und Ausgangspunkt für weitere Forschung.

Die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) betreut den Forschungstransfer, eine Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Praxis. Der wirksame Transfer von konkreten Forschungsergebnissen ist ein wesentliches Qualitätsmerkmal der Umweltforschung Baden-Württemberg. Er richtet sich an die Zielgruppen Industrie, Ingenieurbüros und Verwaltungen. Auf die Ergebnisse aus Projekten soll aufmerksam gemacht werden, damit eine effiziente Umsetzung erfolgen kann.

Der Dialog mit der Praxis dient aber auch zur Klärung des Forschungsbedarfs und der Konzeption anwendungsorientierter Projekte und ist somit Grundlage für die Festlegung neuer Schwerpunktthemen.

### Präsentation der Ergebnisse

Über die Ergebnisse der Umweltforschung informieren das Forschungsfachinformationssystem ([www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de/fofaweb/](http://www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de/fofaweb/)) und ein jährlich erscheinendes Journal zur aktuellen Umweltforschung ([www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/)

16395/). Beide enthalten Kurzfassungen, die einen schnellen Einblick in die laufenden und abgeschlossenen Arbeiten ermöglichen. Die ausführlichen Forschungsberichte können im FofaWeb heruntergeladen werden. Aus anderen Forschungsergebnissen erstellt die LUBW Arbeitsmaterialien und Praxisleitfäden mit Tipps, Beispielen und Hintergrundinformationen. Diese können Ingenieurbüros und andere Interessenten über den Bestell-Shop der LUBW beziehen ([www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/6638/](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/6638/)).

*Rosemarie Zimmermann*

### KONTAKT

Dr. Rosemarie Zimmermann  
Ruth Heesen  
LUBW  
Griesbachstraße 1-3  
76185 Karlsruhe  
Tel.: 0721/5600-1542  
0721/5600-1431  
rosemarie.zimmermann@  
lubw.bwl.de  
ruth.heesen@lubw.bwl.de  
www.lubw.baden-  
wuerttemberg.de

# Herausforderung Klimawandel

## Neues Forschungsprogramm zu den Folgen des Klimawandels

Unvorbereitet sind die Forscher im Land angesichts zunehmender Klimarisiken keineswegs. So baut das 2006 gestartete Forschungsprogramm „Herausforderung Klimawandel“ auf früheren Studien und natürlich auf KLARA auf. Dahinter verbirgt sich das 2005 abgeschlossene Verbundprojekt Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung. Im Abschluss-Symposium wurde der Forschung ein ganzes Bündel an „Hausaufgaben“ aufgegeben.

**W**ird es zukünftig seltener regnen – aber dafür heftiger? An Abschätzungen für die Zeit nach 2020 arbeitet das Institut für Meteorologie und Klimaforschung der Universität Karlsruhe. Simulationen sollen zu möglichst kleinräumigen und konkreten Aussagen führen. Zum Einsatz kommen Ergebnisse der regionalen Klimamodelle REMO (Regional Climate Modelling) und dem vom Deutschen Wetterdienst entwickelten noch kleinräumigeren CLM (Climate Local Model). Um die Qualität der Prognosen zu überprüfen, werden die Modelle rückwirkend auf die extremen Niederschläge der letzten gut zwanzig Jahre angewandt. Außerdem werden ausgewählte Starkniederschlagsereignisse im Sommer und Winter mit dem CLM-Modell kleinräumig simuliert und ausgewertet. Die an der Vergangenheit getesteten Simulationen erlauben Aussagen zu Trends und Verteilungen künftiger Niederschläge. Dabei werden Zeiträume von 2020 bis 2040 sowie noch spätere ins Auge gefasst. Über rein statistische

Aussagen hinaus sollen einzelne Wetterabläufe beschrieben werden – fast wie bei der Wettervorhersage ...

### Blick zurück – Blick nach vorn

Vom Wetter zu den Folgen: Sturmschäden in den Wäldern sind bislang die ökonomisch und ökologisch folgenreichsten Begleiterscheinungen des Klimawandels. Stürme und Orkane werden in Zukunft häufiger auch über Baden-Württemberg hinwegfegen. Im Rahmen des Verbundprojekts „Rester“ sollen Strategien zur Reduzierung des Sturmschaden-Risikos für Wälder entwickelt werden. Koordiniert wird das Projekt vom Institut für Meteorologie der Universität Freiburg, außerdem sind das Institut für Meteorologie und Klimaforschung und das Institut für Hydromechanik, beide Universität Karlsruhe, beteiligt. Auch hier werden aus der retrospektiven Analyse Strategien für die Zukunft abgeleitet. Dokumentationen vergangener Sturmschäden liegen vor, etwa das Sturmschadenshandbuch der Forstlichen Versuchs- und

Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA). Daraus wird nicht nur das Ausmaß der Schäden deutlich, sondern auch die Notwendigkeit einer gezielten Planung der Folgearbeiten. Häufig ergibt sich jedoch ein Zielkonflikt mit der bisherigen Waldbewirtschaftung, die weitgehend an einer maximalen Wertschöpfung orientiert ist. Wohl aus diesem Grund wurden die entwickelten Konzepte nur selten in die Praxis umgesetzt. Um vom reinen „Aufräumen“ zu einem vorbeugenden Krisenmanagement zu gelangen, berücksichtigt „Rester“ nicht nur bisherige Erfahrungen, sondern auch Ergebnisse aus Untersuchungen zur Kausalkette von Sturmschäden in Wäldern.

### Kiwis, Feigen, Ambrosia

Feigen- statt Zwetschgenbäume? Kiwis statt Stachelbeeren? Darüber machen sich Kleingärtner Gedanken, damit befasst sich – allerdings etwas tiefergehender – auch die Forschung im Land. Das Vorhaben „Klimawandel und Biotope“ untersucht die Auswirkungen des

### KONTAKT

Werner Franke  
LUBW  
Griesbachstraße 1-3  
76185 Karlsruhe  
Tel.: 0721/5600-1423  
werner.franke@lubw.bwl.de  
www.lubw.baden-wuerttemberg.de

### PROJEKT

Projekttitel:  
Forschungsprogramm „Herausforderung Klimawandel“  
Projektlaufzeit:  
2006 bis 2009



Links: Niedrigwasser am Oberrhein  
Rechts: Weniger spektakuläre Folgen des Klimawandels sind Veränderungen in der Vegetation. Im Bild die Allergien auslösende Ambrosia-Pflanze

Bilder: LUBW



Extreme Wetterlagen mit den entsprechenden Folgen werden nach einhelliger Meinung der Klimaexperten zunehmen.

Bild: S. Fischer (Pixelio)

Klimawandels auf Standorteigenschaften und Vegetation unterschiedlicher Biotoptypen in Baden-Württemberg. Auch hier wird der Ist-Zustand mit Prognosedaten verknüpft. Eingangsparameter sind Boden- und Vegetationsdaten sowie Klimawerte der letzten 30 Jahre. Die realen Klimadaten werden entsprechend der Prognosen verändert und zur Berechnung von möglichen Folgen auf den Wasser- und Nährstoffhaushalt der Biotope angewandt. Daraus kann wiederum die zukünftige Vegetationsentwicklung abgeleitet werden. All dies wird am Beispiel von Bio-

topen mit unterschiedlicher Feuchteausprägung in verschiedenen Regionen Baden-Württembergs durchgeführt. Zeitlich und räumlich hoch auflösende Wasserhaushaltsmodelle sollen die Veränderungen zudem quantitativ erfassen.

Schon im Frühjahr 2007 wurde die Bevölkerung im Land von Umweltministerin Tanja Gönner und Sozialministerin Monika Stolz vor den allergenen Gefahren der ursprünglich aus Nordamerika eingeschleppten Ambrosia-Pflanze gewarnt. „Durch den Klimawandel findet die Pflanze günstigere Bedingungen vor

und kann sich weiter ausbreiten. Deshalb sind wirksame Abwehrmaßnahmen erforderlich“, so die beiden Ministerinnen. Auch die Forschung befasst sich mit den unliebsamen Einwanderern. Koordiniert vom Landesgesundheitsamt (LGA), untersucht das Projekt „Ambrosia“ am Beispiel dieser Pflanze die Allergien auslösenden Wirkungen auf die Bevölkerung und die Folgen ihrer weiteren Ausbreitung. Beteiligt sind neben dem LGA die Projektgruppe Biodiversität und Landschaftsökologie im hessischen Friedberg, das Zentrum Allergie und Umwelt an der TU München und der Deutsche Wetterdienst mit seiner Abteilung Medizinmeteorologie in Freiburg.

Als Folge der globalen Erwärmung ist auch mit einer Ausbreitung oder Einschleppung von mediterranen Infektionserregern zu rechnen. An der Universität Hohenheim werden Untersuchungen zur Epidemiologie von Q-Fieber, Mittelmeerfleckfieber, Leishmaniosen und Sandmückenfieber durchgeführt. Um die gegenwärtige und zukünftige Gefährdung der Menschen im Land abschätzen zu können, wird zunächst der Status quo über die Bestimmung der Befallsrate der Krankheitsüberträger mit diesen Erregern erfasst.

### Klimawandel konkret

Welches ist die „wahrscheinlichste Entwicklung“ des zukünftigen Klimas in Baden-Württemberg und mit welchen Unsicherheiten sind die Prognosen behaftet? Diese Frage will das Institut für Meteorologie und Klimaforschung der Universität Karlsruhe zusammen mit dem Meteorologischen Institut der Universität Bonn und der CEC GmbH in Potsdam hinsichtlich der Klimaentwicklung 2010 bis 2030 beantworten. Hierzu werden verschiedene statistische Methoden, Modelle und Datenquellen eingesetzt. Denn alle Prognosen sind nur so gut wie die zu Grunde liegenden Methoden. Und mit Kaffeesatz-Leserei hat das alles gar nichts zu tun.

Werner Franke



Auf dem „Lotharpfad“ im Hochschwarzwald können Sturmschäden und ihre Folgen besichtigt werden.

Bild: Sprisi (Pixelio)



# Datenflut im Klima-Filter

Der Bodensee ist ein beliebtes Forschungsfeld zur Untersuchung des Klimawandels – nicht zuletzt wegen der hervorragenden Datenbasis

Der Bodensee ist nicht nur für Touristen ein lohnendes Ziel. Auch die Umweltforschung findet hier beste Voraussetzungen – mit einer dank jahrzehntelanger Studien hervorragenden Datenbasis.

Bild: Tourismus-Marketing GmbH Baden-Württemberg

**V**om Bodensee zum Gardasee? Mediterrane Verhältnisse herrschen heute am Schwäbischen Meer schon an vielen Tagen im Jahr. Doch spektakuläre Aussagen zum Klimawandel bringen zwar Aufmerksamkeit, stehen aber oft auf tönernen Füßen. Für die Seenforscher ist der Klimawandel viel mehr als nur ein schlagzeilentragendes Phänomen mit Auswirkungen auf den Tourismus oder das Lebensgefühl der Bodensee-Anrainer. Vielmehr untersuchen sie im Rahmen des Kooperationsvorhabens „Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“ (KLIWA), wie sich die veränderten Witterungs- und Klimaverhältnisse auf die Qualität des Wassers und der Ökosysteme auswirken.

Um die komplexen Folgen meteorologischer Einflüsse einschätzen zu können, greifen die Experten auf die seit vielen Jahren gesammelten Daten zurück. Lange Zeitreihen gibt es etwa von Daten zu Wasserinhaltsstoffen, zum Fischbestand, zu den Zuflüssen oder den Witterungsverläufen – um nur einige Beispiele zu nennen. Eines der beiden hier vorgestellten KLIWA-Projekte geht der Frage nach, welche aus diesen Langzeitdaten ablesbaren Veränderungen auf den Klimawandel zurückzuführen sind und welche möglicherweise ganz andere Ursachen haben. Dieses vom Institut für Seenforschung (ISF) der LUBW durchgeführte Teilprojekt trägt den schwer ver-

daulichen Titel „Kovarianzanalysen physikalischer, chemischer und biologischer Langzeitdaten des Bodensees mit hydrometeorologischen Parametern“. Kurz: Die vorhandene Datenbasis soll auf ihre Klimafolgen-Relevanz abgeklopft werden. Ein zweites Projekt hat speziell das Zirkulationsverhalten des Bodensees unter die Lupe genommen.

## Der menschliche Faktor

Die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge sind komplex, beeinflussen sich gegenseitig und sind keinesfalls nur durch den Klimawandel hervorgerufen. Viel stärker hat der Mensch in den letzten Jahrhunderten ins Gefüge der Ökosysteme im Bodensee und drumherum eingegriffen. „Viele der analysierten Zeitreihen weisen markante Veränderungen auf – und die meisten sind auf Einflüsse des Menschen zurückzuführen“, bilanziert Bernd Wahl, der für das Institut für Küstenforschung des Forschungszentrums GKSS der Helmholtz-Gemeinschaft am Projekt beteiligt war. Ob bauliche Veränderungen, der Nährstoffeintrag aus Siedlungsabwässern und der Landwirtschaft seit Mitte des 20. Jahrhunderts oder der Wandel in der Fischereiwirtschaft: Diese zum Teil massiven Eingriffe des Menschen sind sehr dominant, überdecken andere Signale und drängen hydrometeorologische Veränderungen damit in den Hintergrund. So gilt es, mittels statistischer Verfahren und

wissenschaftlicher Analysen aus der Vielzahl von Parametern die Signale sich ändernder meteorologischer Bedingungen herauszufiltern.

## Wasserstandsmeldungen

Unter den tatsächlich auf klimatische Einflüsse zurückgehenden Parametern steht – zumindest bei extremen Witterungsbedingungen – immer wieder der Wasserstand des Bodensees im Blickpunkt der Öffentlichkeit. „Historische Tiefstände“ im Sommer 2003 oder im Winter 2005/2006 alarmieren auch den Laien, der mit hydrometeorologischen Parametern ansonsten wenig am Hut hat. Auch die ISF-Wissenschaftler nehmen solche Extreme wahr, beziehen sich in ihren Interpretationen aber stärker auf die langjährige Tendenz hin zu niedrigeren Wasserständen. Und diese Tendenz lässt sich mit Hilfe eines Wasserhaushaltsmodells recht plausibel mit veränderten meteorologischen Verhältnissen in Zusammenhang bringen. Solche Modelle berücksichtigen das gesamte Einzugsgebiet des Sees von den Alpen bis nach Oberschwaben. Dass veränderte Wasserstände vor allem in der Uferzone wiederum Konsequenzen auf Erosion und Sedimentation sowie auf Flora und Fauna haben, ist unumstritten. Ufernahe Feuchtgebiete könnten trocken fallen, die am Bodensee traditionell umfangreichen Maßnahmen

## KONTAKT

Dr. Thomas Wolf  
LUBW – Institut für Seenforschung (ISF)  
Argenweg 50/1  
88085 Langenargen  
Tel.: 07543/304-215  
thomas.wolf@lubw.bwl.de  
www.lubw.baden-wuerttemberg.de

Dipl.-Phys. Bernd Wahl  
GKSS-Forschungszentrum  
Geesthacht GmbH  
Institut für Küstenforschung  
Max-Planck-Straße 1  
21502 Geesthacht  
z. Zt. zur LUBW abgeordnet  
bernd.wahl@lubw.bwl.de  
www.gkss.de

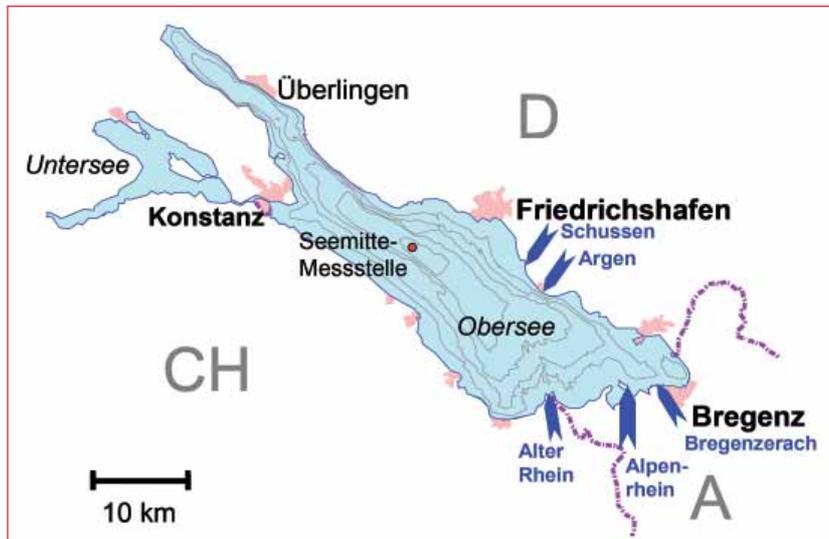
## PROJEKT

Projekttitel 1:  
Kovarianzanalysen physikalischer, chemischer und biologischer Langzeitdaten des Bodensees mit hydrometeorologischen Parametern

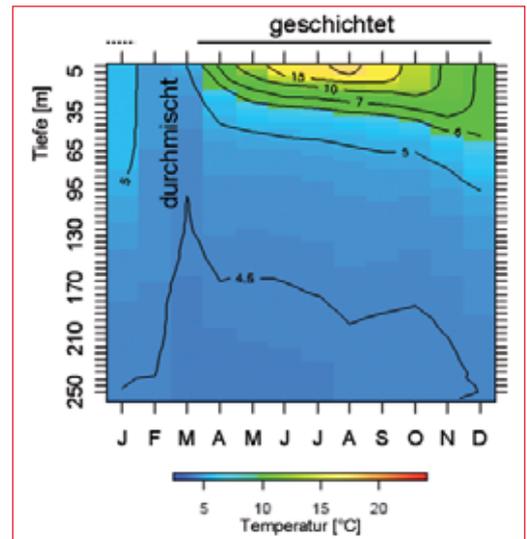
Projektlaufzeit:  
1/2004 bis 6/2006

Projekttitel 2:  
Auswirkungen von Klimaveränderungen auf das Zirkulationsverhalten des Bodensee-Obersees (außerhalb des KLIWA-Programms vom ISF zusätzlich durchgeführt)

Projektlaufzeit:  
2003 bis 2007



Graphik: ISF



Der Bodensee mit den fünf Hauptzuflüssen in den Obersee sowie einer der regelmäßig Proben genommen werden.

Temperaturschichtung des Bodensees im Jahresverlauf (Durchschnitt 1961 bis 2004). Wichtig für die Wasserqualität ist die Unterbrechung der Schichtung im Februar/März.

zum Artenschutz wären gefährdet. „Allerdings liegen uns umfangreiche Messreihen nur aus dem Freiwasserbereich vor. Aussagen über die flachen Seebereiche oder auch über die Zuflüsse sind nur bedingt möglich“, schränkt Dr. Heinz-Gerd Schröder, Leiter des Instituts für Seenforschung, ein. Immerhin zeigen hier die Projektergebnisse auch, wo und in welchen Disziplinen noch Forschungsbedarf besteht. Schröder und seine Mitarbeiter empfehlen als Quintessenz aus der Untersuchung, ein an die konkreten Fragestellungen der Klimaforschung angepasstes Messprogramm zu konzipieren. Das bisher durchgeführte Monitoring ist mehr auf die stoffliche Gewässerbelastung ausgelegt und kann aus diesem Grund Fragen zum Klimawandel nur eingeschränkt beantworten.

### Die Erwärmung des Sees

Nicht unerwartet hat sich neben der Luft auch der See in den letzten Jahr-

zehnten tendenziell erwärmt. So ist die obere Wasserschicht in den untersuchten 44 Jahren im Mittel um etwa 1,3 Grad wärmer geworden. Diese Erwärmung erfolgte jedoch eher stufenartig mit merklich wärmeren Temperaturen seit etwa Ende der achtziger Jahre. Auch im Tiefenwasser findet man einen signifikanten, wenngleich schwächeren Temperaturanstieg.

Da die Temperatur bestimmt, wie schwer das Wasser ist, machen sich diese Veränderungen in den Austausch- und Durchmischungsprozessen des Sees bemerkbar. Und tatsächlich zeigen die langjährigen Zeitreihen, dass in den beiden letzten Jahrzehnten die Tiefenwassererneuerung im Winter häufiger unzureichend war. Außerdem setzt die Temperaturschichtung im Frühjahr, die für das Wachstum des Phytoplanktons von Bedeutung ist, tendenziell früher ein. In den Nahrungsketten des Ökosystems Bodensee dürfte sich diese Entwicklung nach Ansicht der Wissen-

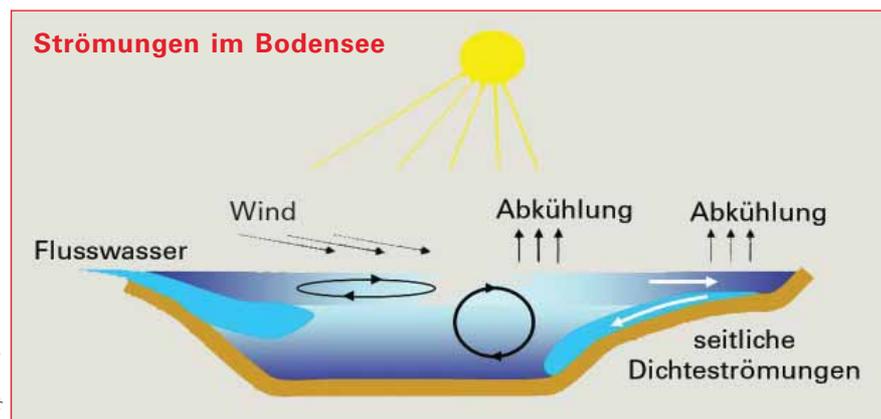
schaftler auch auf das Zooplankton und die Fische auswirken.

### Launen der Witterung oder Klimawandel?

Die ernst zu nehmenden Folgen solcher „schleichenden“, klimabedingten Veränderungen erläutert ISF-Leiter Schröder: „Wenn zum Beispiel im Frühjahr die Wärmeschichtung des Seewassers früher einsetzt, hat das Konsequenzen auf den vertikalen Stofftransport. In der Tiefe fehlt dann möglicherweise der Sauerstoff, in den oberen Schichten fehlen die Nähr- und Mineralstoffe für das Plankton.“

Die Monate Januar bis April sind für diese Durchmischung von oben nach unten entscheidend. In dieser Zeit erfolgt im bis zu 254 Meter tiefen Obersee die großräumige vertikale Durchmischung des Wasserkörpers. Dann ließen sich auch die im Sommer entstehenden Sauerstoffdefizite des Tiefenwassers wieder ausgleichen.

Schema zur vertikalen Durchmischung: Entscheidenden Einfluss auf die Erneuerung des Tiefenwassers hat die winterliche Auskühlung.



Graphik: ISF

### Daten zum Bodensee (Obersee)

Maximale Tiefe:	254 m
Mittlere Tiefe:	101 m
Volumen:	48 km <sup>3</sup>
Oberfläche:	473 km <sup>2</sup>
Einzugsgebiet:	10.932 km <sup>2</sup>
Mittelwasserstand:	395 m ü. NN

Theoretische Austauschzeit: 4,3 Jahre

Quelle: Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB)



Bild: ISF

Die „Kormoran“, das Forschungsschiff des Instituts für Seenforschung, vor Ort an der „Messstelle Seemitte“. Die 2,4 Millionen Euro teure Sonderanfertigung ist seit vier Jahren für das ISF im Einsatz.

Seit 1961 lässt die Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) zahlreiche Daten erheben. Die Forscher vom ISF und von kooperierenden Instituten haben nun die seit 45 Jahren dokumentierten „Momentaufnahmen“ zur Witterung und zur vertikalen Durchmischung analysiert. Dabei haben sie festgestellt, dass die Launen der Witterung einen großen Einfluss auf die Zirkulation haben und demgemäß erhebliche jährliche Schwankungen auftreten. Es ergeben sich zum Teil sehr überraschende Gesetzmäßigkeiten, die mit den Auswirkungen einer möglichen Klimaveränderung zusammenhängen könnten. Was also von 1961 bis 2006 als „wechselnde Witterung“ dargestellt werden kann, lässt sich – in längeren Zeiträumen gedacht – auf den Klimawandel übertragen.

### Die Mischung macht's

Die Wissenschaftler haben festgestellt, dass sowohl sehr kaltes Tiefenwasser nahe 4 °C als auch zu warme Winter die Durchmischung hemmen. Im ersten Fall lässt sich das zu kalte Tiefenwasser mit seiner hohen Dichte nur sehr schwer aus dem Seebecken ver-

drängen. Im zweiten Fall stabilisiert das zu warme und damit zu leichte Oberflächenwasser die Schichtung und behindert den vertikalen Wasseraustausch.

Optimal ist die Ausbildung kalter, schwerer Wassermassen an der Oberfläche in Kombination mit wärmerem Tiefenwasser: Bei diesen Verhältnissen, also zum Beispiel wenn nach einem wärmeren Winter ein klirrend kalter folgt, kann das Oberflächenwasser absinken und damit auch den in den Tiefen benötigten Sauerstoff mitnehmen. Damit lässt sich hinsichtlich möglicher Klimaänderungen festhalten: Sowohl eine Häufung sehr milder als auch eine Häufung sehr kalter Winter sind schlecht für den Bodensee.

Stürme dagegen nehmen erst in extremer Häufung – etwa im „Sturmwinter“ 1993/1994 – Einfluss auf die Zirkulation des Seewassers. Sie können die geschilderten Mischungs-Mechanismen bestenfalls beeinflussen, nicht jedoch auslösen. Auch das in den Obersee einströmende Wasser der größeren Zuflüsse ist für die Sauerstoffversorgung des Tiefenwassers von geringer Bedeutung. Die im Zuge des Klimawandels prophezeite Zunahme

der Niederschläge im Winter wird sich auf die Erneuerung des Tiefenwassers also kaum auswirken. Dagegen gewinnen seit etwa den neunziger Jahren kalte seitliche „Dichteströmungen“ an Bedeutung (siehe Graphik S. 10).

### Ansatz zum Gegensteuern

Unweigerlich stellt sich nach der Analyse solcher fast schon „globaler“ Zusammenhänge die Frage, ob wir den Witterungs- und Klimaverhältnissen im Bodensee hilflos gegenüberstehen. Die Wissenschaftler des ISF sehen einen Ansatz zum Gegensteuern darin, die Konzentrationen von Nährstoffen wie Phosphat im See gering zu halten. Damit ein mögliches klimabedingtes Sauerstoffdefizit nicht auch noch durch verstärktes Algenwachstum verschlimmert wird.

„Im einstelligen Mikrogrammbereich pro Liter“ sollen laut der Studie die Phosphorkonzentrationen in der Tiefe gehalten werden. Das heißt: Auch wenn der Mensch die Klimaveränderung (kurzfristig) nicht rückgängig machen kann – auf flankierende Faktoren kann er durchaus Einfluss nehmen, um die Folgen des Klimawandels zu mildern.

Stefan Kriz

### LITERATUR

Die beiden Projekte sind in Heft 11 der KLIWA-Berichte ausführlich dokumentiert. In dieser Reihe werden seit 2001 regelmäßig Ergebnisse aus den KLIWA-Forschungsprojekten veröffentlicht. Weitere Informationen unter [www.kliwa.de](http://www.kliwa.de).

Arbeitskreis KLIWA (Hrsg.): Zum Einfluss des Klimas auf den Bodensee. KLIWA-Berichte, Heft 11. Karlsruhe: LUBW, Mai 2007, 110 S.

# Die nächste Welle kommt bestimmt

## Wie der Hochwasserschutz um den Faktor Klimaänderung zu erweitern ist

Der Klimawandel kurbelt den globalen Wasserkreislauf an. Die Folge: mehr und schlimmere Hochwassersituationen. Wie man sich heute schon darauf einstellen kann und wo dies besonders dringlich ist, zeigt eine Studie, die die LUBW zusammen mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt und dem Deutschen Wetterdienst durchgeführt hat.

### KONTAKT

Vassilios Kolokotronis  
Wolfgang Hennegriff  
LUBW  
Benzstraße 5  
76185 Karlsruhe  
Tel.: 0721/5600-1361  
vassilios.kolokotronis@  
lubw.bwl.de  
www.lubw.baden-  
wuerttemberg.de

### PROJEKT

Projekttitle:  
Veränderungen des Wasser-  
haushalts in Baden-Würt-  
temberg in Folge der  
Klimaänderung

Projektlaufzeit:  
seit 1999 – unbefristet  
Aktuelle Bearbeitungs-  
phase bis 12/2009

**B**ereits Ende 1998 vereinbarten die Länder Baden-Württemberg und Bayern mit dem Deutschen Wetterdienst eine längerfristige Forschungs-Zusammenarbeit, um künftigen Veränderungen des Wasserhaushalts als Folge von Klimaveränderungen auf die Spur zu kommen. So entstand KLIWA, das Kooperationsvorhaben „Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“. Heute sind die unter dem KLIWA-Siegel durchgeführten Arbeiten vom reinen Forschungsprojekt zu einer Daueraufgabe der anwendungsorientierten Wissenschaft im Land geworden.

Anwendungsorientiert sind auch die Empfehlungen, die die Projektverantwortlichen den Planern und Entschei-

dungsträgern vor Ort ins Stammbuch schreiben. So kann man einen Hochwasserdamm durchaus nach den derzeit gültigen Vorgaben bauen. Vorausschauender wäre es jedoch, die durch den Klimawandel zukünftig zu erwartenden höheren Pegelstände bereits heute vorsorglich zu berücksichtigen – etwa in Form eines frei gehaltenen Geländestreifens, der die spätere Erhöhung des Damms ohne bauliche Probleme zulässt. Bei Bauwerken sollte man die Statik so ausgelegt werden, dass die Nachrüstung erleichtert wird. Ist es wie bei Brücken abzusehen, dass eine nachträgliche Anpassung sehr aufwändig oder gar unmöglich würde, sollte heute schon der „Faktor Zukunft“ eingeplant werden.

Woher jedoch sollen die Planer wissen, welche Größenordnung dieser „Faktor Zukunft“ hat – sprich: welche Hochwasser-Toleranz in welcher Region zusätzlich berücksichtigt werden soll? Diese Frage zu klären, ist der eigentliche Gegenstand der Studie zu den Veränderungen des Abflussverhaltens. Ein weiteres Problem, das in der vorgeschlagenen Anpassungsstrategie zu berücksichtigen ist: Die Aussagen, die aus der Modellkette Globalmodell – regionale Klimamodelle – Wasserhaushaltsmodelle abgeleitet werden können, sind nach wie vor mit Unsicherheiten behaftet.

### Der hundertjährige Kalender

Im Rahmen der KLIWA-Studien hat sich eine große, systematische Klima-



Bild: LUBW

Häufiger und höher: Fließgewässer – und ihre Anrainer – bekommen die unmittelbaren Folgen des Klimawandels zu spüren. Im Bild die überschwemmte Donau und Schwarzwald bei Riedlingen.

Datenbasis für Baden-Württemberg und Bayern angesammelt. Mit ihr wurde das Langzeitverhalten von Hochwasserabflüssen, mittleren Abflüssen, Gebiets- und Starkniederschlägen, von Temperatur, Verdunstung und Schneedeckendauer für lange Zeitreihen im 20. Jahrhundert untersucht. Zahlreiche Tendenzen können daraus abgeleitet werden, zum Beispiel:

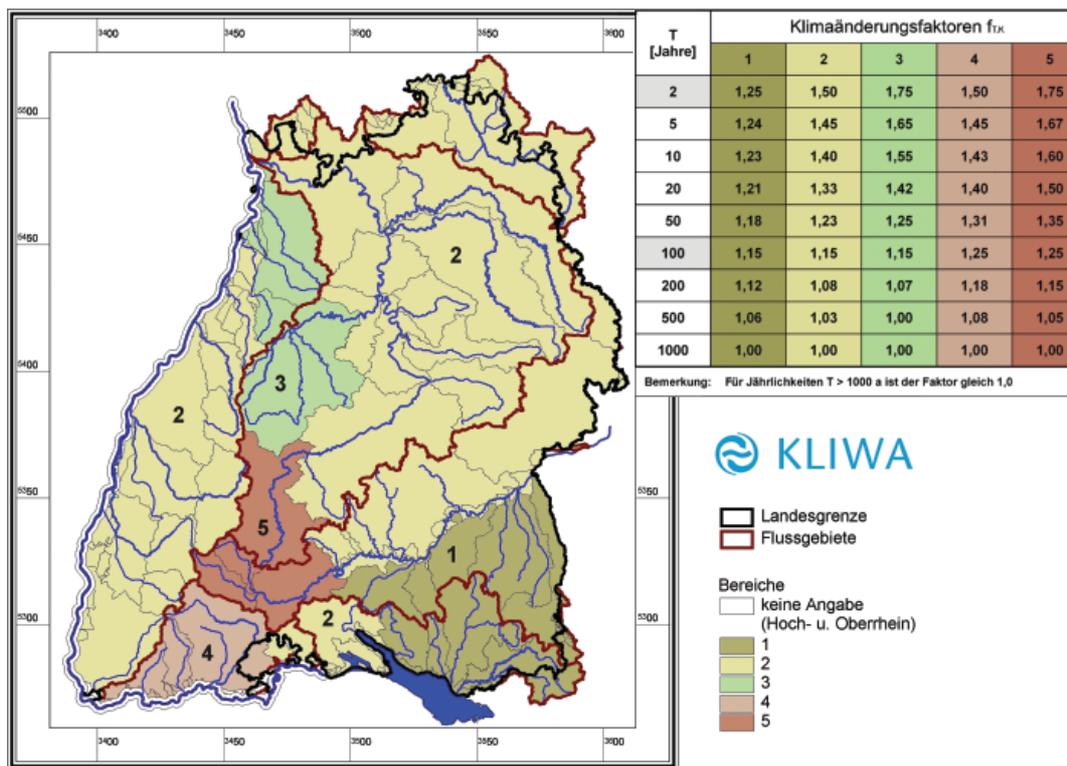
- Die Jahresmitteltemperatur hat zwischen 0,5 und 1,2 Grad zugenommen, überdurchschnittlich stark in den Monaten August und Dezember.
- In den unteren Höhenlagen ist der Rückgang der Schneetage besonders ausgeprägt.
- Im Westen von Baden-Württemberg ist der Temperaturanstieg stärker als in anderen Landesteilen.
- Die Winter – da täuscht die subjektive Wahrnehmung nicht – sind milder und schneeärmer geworden.
- Das Winterhalbjahr wird außer im Alpenvorland feuchter, das Sommerhalbjahr insbesondere in Nordwürttemberg und Unterfranken trockener.
- Im Winter nehmen die Starkniederschläge deutlich zu, insbesondere in Schwarzwald, Odenwald, Spessart und Rhön.
- In den letzten dreißig bis vierzig Jahren sind Hochwasserereignisse häufiger aufgetreten.

**Die weiteren Aussichten ...**

Wollte man die festgestellten Trends einfach linear in die Zukunft fortschreiben, machte man es sich zu leicht. Dazu sind Klimaprozesse zu komplex und zu wenig berechenbar. Stattdessen haben die im Rahmen von KLIWA eingebundenen Wissenschaftler drei Verfahren zur Entwicklung regionaler Klimaszenarien für den Zeitraum 2021 bis 2050 erstellt und verglichen. Den weiteren Auswertungen wurde das Verfahren der Firma Meteo-Research zu Grunde gelegt. Dem zufolge

lautet die „Wettervorhersage“ im Zeitraffer für 2021 bis 2050: Die Erwärmung geht weiter – insbesondere im Winter. Auch die Niederschläge werden im Winter weiter zunehmen, ebenso die Dauer und Häufigkeit der regenreichen Westwetterlagen, die für die winterlichen Hochwasser bedeutsam sind.

den Lastfall Klimaänderung schon bei der Planung berücksichtigt. Nachträgliche Anpassungen müssen hingegen meist zu einem sehr hohen Preis erkaufte werden. Deshalb empfehlen die Experten, bei jeder neuen Planung den Lastfall Klimaänderung mit aufzunehmen und über Sofortmaßnahmen, Nachrüstmöglichkeiten und Kosten zu befinden.



Mit den Daten der regionalen Klimaszenarien wurden im nächsten Schritt die Wasserhaushaltsmodelle „gefüttert“. Diese liegen für Baden-Württemberg im 1-Kilometer-Raster flächendeckend vor. Das wenig überraschende Ergebnis: Die mittleren Hochwasser, aber auch die extremen Abflüsse nehmen deutlich zu.

**Experten-Ratschläge**

Trotz bleibender Unsicherheiten geben diese Auswertungen Anlass, bei der Hochwasserschutz-Planung einen zusätzlichen „Lastfall Klimaänderung“ einzuführen. Zudem wiesen die Forscher anhand von Praxisbeispielen nach, dass die Berücksichtigung dieses Klimafaktors bei technischen Hochwasserschutzmaßnahmen mit relativ moderaten Kosten möglich ist – aber nur, wenn man

Außerdem sollten die Bemessungswerte, die derzeit für Schutzmaßnahmen gelten, durch einen Zuschlag erhöht werden. Diesen „Klimaänderungsfaktor“ kann man dann gemäß den regionalen Klimaszenarien räumlich differenzieren. Die abgebildete Karte zeigt die verschiedenen Zonen. Planer können ihre Modellberechnungen mit Hilfe dieser regionalisierten Werte um die entsprechenden Faktoren erhöhen. Diese Vorgehensweise ist mittlerweile in einen Leitfaden des Landes zum technischen Hochwasserschutz aufgenommen worden. Der Klimawandel hat also bereits zu konkreten Maßnahmen geführt. Weitere Informationen zum Kooperationsvorhaben KLIWA kann man unter [www.kliwa.de](http://www.kliwa.de) abrufen.

Bereiche in Baden-Württemberg mit einheitlichen Klimaänderungsfaktoren

Graphik: LUBW

Stefan Kriz

# Wie Bauern für Kyoto punkten

## Stellschrauben der Landwirtschaft zur Kohlendioxidreduktion in der Atmosphäre

Böden binden weltweit dreimal mehr Kohlenstoff als die Atmosphäre. Die Menge an Kohlenstoff im Boden ist aber nicht fix, sondern kann durch die Landnutzung beeinflusst werden. Doch was bringt es tatsächlich für den Klimaschutz, wenn Bauern auf den Pflug verzichten, Ackerflächen zu Grünland werden oder trocken gelegte Moore renaturiert werden?

Immer grün und nie gepflügt: Unter Grünland lässt sich viel Kohlenstoff speichern.

Bild: [oekolandbau.de](http://oekolandbau.de) (BLE, Th. Stephan)

### KONTAKT

Dr. Norbert Billen  
Institut für Bodenkunde  
und Standortslehre  
Uni Hohenheim (310)  
70593 Stuttgart  
[billen@uni-hohenheim.de](mailto:billen@uni-hohenheim.de)

Dr. Elisabeth Angenendt  
Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre  
Uni Hohenheim (410)  
70593 Stuttgart  
Tel.: 0711/4592-22569  
[angenendt@uni-hohenheim.de](mailto:angenendt@uni-hohenheim.de)

### PROJEKT

Projekttitel:  
Bewertung von Strategien  
zur Vermeidung von CO<sub>2</sub>-  
Emissionen aus der land-  
wirtschaftlichen Nutzung in  
Baden-Württemberg

Projektlaufzeit:  
8/2004 bis 12/2006

**W**ie viel Kohlenstoff können unsere Böden speichern? Norbert Billen, Elisabeth Angenendt und ihre Kollegen von der Universität Hohenheim prüften und bilanzierten Erfolg versprechende Maßnahmen zur Verminderung von CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Landwirtschaft. Darüber hinaus prognostizierten sie das Potenzial der Böden als Quelle oder Senke für klimarelevante Gase. Dabei vertrauten sie nicht allein auf Faustzahlen, sondern führten an 13 Orten in Baden-Württemberg Versuche durch. Zunächst war zu klären, wieviel Kohlenstoff der Boden speichern kann, wenn er mit dem Pflug gelockert und gewendet wird. Tatsächlich wird nach dem Pflügen immer wieder ein Teil des im Humus gespeicherten Kohlenstoffs durch Mikroorganismen abgebaut. Schließlich kommt mit dem Pflügen eine gehörige Menge an Luftsauerstoff in die Erde, also die Lebensgrundlage Nummer Eins

für viele Kleinstlebewesen. Schneidet der Pflug in den Boden und hebt die Scholle an, führt das zum Lockern des Bodens. Es entstehen also Zwischenräume, in die Luft eindringt. Das bringt den Energiestoffwechsel von Bakterien und Pilzen in Schwung. Dabei „verbrennen“ sie den im Boden gespeicherten Kohlenstoff mit Sauerstoff, und es wird Humus abgebaut.

Verzichtet der Landwirt also auf Lockern und Wenden, sät er etwa ohne vorangegangene Bodenbearbeitung direkt in Säschlitze, dann kommt es bei der „Direktsaat“ kaum zur Kohlendioxidfreisetzung aus dem Humus. Es entfällt zwar die mechanische Unkrautbekämpfung durch den Pflug, doch Pflugverzicht schafft neben viel Humus auch eine gute Bodenstruktur und reduziert den Treibstoffverbrauch.

Es geht aber noch besser: Die möglichst ununterbrochene Vegetationsbedeckung verbessert die Kohlenstoffbilanz

der Böden zusätzlich. Zwischenfrüchte wie die blaublühende Phacelia und insbesondere die Umwandlung von Acker- in Grünland stehen auf der Positivliste der Klimaschützer.

Noch weit mehr Kohlenstoff speichern langfristig die Moore, bei denen durch ständigen Wasserüberstau Sauerstoffmangel entsteht und sich der kohlenstoffhaltige Torf fortlaufend anreichert. Die Wiedervernässung von Mooren verspricht also einen positiven Klimaeffekt. Die Moorentwässerung führt dagegen zu einer starken Freisetzung von Kohlendioxid binnen kürzester Zeit.

### Probieren geht über Studieren

Das alles ist für Billen und Angenendt nicht neu. Doch um das CO<sub>2</sub>-Reduktionspotenzial in Baden-Württemberg durch pfluglosen Ackerbau und durch Umwandeln von Acker- in Grünland abzuschätzen, mussten sie Flächen finden, auf denen sie mehrjähriges Pflügen,



Bild: Kverneland Group

Energiesparend und humusschonend: Reduzierte Bodenbearbeitung ohne tief wendenden Pflug leistet einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz.



Bild: [oekolandbau.de](http://oekolandbau.de) (BLE, Th. Stephan)

Nicht nur als Bienenweide von Nutzen: Phacelia als Nachfolgekultur von Getreide speichert Kohlenstoff.



Schwenninger Moos. Die Renaturierung von Mooren hilft Kohlendioxid zu binden.

Bild: T. Schätzler (Pixelio)

mehrfährig reduzierte Bodenbearbeitung und Dauergrünland vergleichen konnten. Die gefundenen Standorte reichten von Weikersheim in Tauberfranken bis Biberach in Oberschwaben. Heraus kam, dass die reduzierte Bodenbearbeitung, bei der außer Pflügen alles erlaubt ist, einen deutlichen Effekt erbringt: In zehn Jahren werden dabei 434 Gramm Kohlenstoff pro Quadratmeter Oberboden gespeichert. Nach zehn Jahren Direktsaat werden durchschnittlich etwa 900 Gramm Kohlenstoff in einem Quadratmeter Boden angereichert, was etwa 3.300 Gramm Kohlendioxid entspricht.

Insgesamt betrachtet, würden sich in Baden-Württemberg durch pfluglosen Ackerbau bei fast zehn Milliarden Quadratmetern Ackerfläche doch fast neun Millionen zusätzliche Tonnen Kohlenstoff (entsprechend rund 32 Millionen Tonnen Kohlendioxid) im Boden speichern lassen. Mehr klimawirksamer Kohlenstoff lässt sich aus der Atmosphäre entfernen, wenn man Ackerbau durch Grünlandwirtschaft ersetzt: Die Menge, die man nach zehn Jahren pfluglosen Ackerbaus erreichen kann, findet sich nach der Umwandlung in Grünland im Durchschnitt schon nach drei Jahren im Boden.

Eine ähnliche Verbesserung im Vergleich zum Istzustand könnte das Langenauer Ried erbringen, wenn alle Entwässerungsgräben wieder zugeschüttet und die Drainagen entfernt würden und sich mit der Vernässung die natürliche Moorlandschaft regenerieren könnte.

### Kaum zusätzliche Kosten für Landwirte

Spätestens an dieser Stelle tritt die Frage auf: Was kosten die Maßnahmen? Berechnungen verschiedener Strategien bei unveränderter Agrarförderpraxis ergaben, dass dem Landwirt unterm Strich kaum zusätzliche Kosten entstehen. Der Einkommensverlust beträgt etwa ein Prozent bei vollständigem Verzicht auf den Pflug und bei zusätzlichen kohlenstoffanreichernden Maßnahmen wie dem Anbau von Zwischenfrüchten. Die Treibhausgasemissionen durch die Landbewirtschaftung nähmen dann um fast ein Drittel ab.

Bei Umsetzung aller Maßnahmen der Agrarförderung im Zuge des Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleichs (MEKA) ergäben sich laut der Studie keine Einkommensverluste für die Landwirte, und die Treibhausgasbilanz fiel um ein Viertel niedriger aus als beim Verzicht auf die MEKA-Maßnahmen.

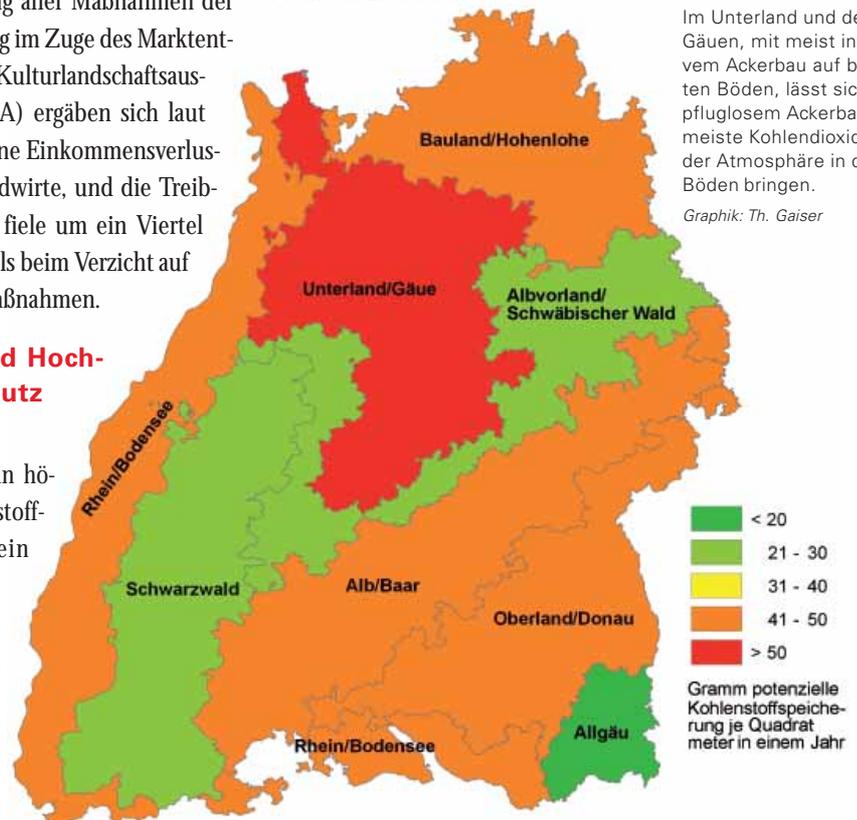
### Boden- und Hochwasserschutz inklusive

Generell ist ein höherer Kohlenstoffgehalt, also ein Mehr an Humus in unseren Ackerböden, nicht nur für den Klimaschutz sinnvoll. Humose

Böden zeigen eine gute Struktur, können dadurch auch Starkniederschläge aufnehmen und vermindern so das Erosions- und Überschwemmungsrisiko.

Der Humusvorrat lässt sich durch Pflugverzicht höchstens über hundert Jahre vermehren. Ist viel gespeichert, kann in einem kurzen Zeitraum auch wieder viel freigesetzt werden. Deshalb sollte man vorrangig den vorhandenen Humus im Boden sichern und bei entwässerten Mooren vormals vorhandene Kohlenstoffvorräte wieder herstellen. Darüber hinaus zusätzliches atmosphärisches Kohlendioxid in Böden zu speichern, ist dagegen eher zweitrangig.

Andreas Lehmann



Im Unterland und den Gäuen, mit meist intensivem Ackerbau auf besten Böden, lässt sich mit pfluglosem Ackerbau das meiste Kohlendioxid aus der Atmosphäre in die Böden bringen.

Graphik: Th. Gaiser

# Erdwärme effizienter nutzen

## Die Öko-Bilanzen von Wärmepumpen können noch optimiert werden

Wärmepumpen, die im Erdboden und Grundwasser gespeicherte Energie nutzen, sind effizienter als Luft-Wärmepumpen. Um die zehn Grad herrschen ganzjährig im Boden – auch während der Heizperiode, wenn die Außenluft in die Minusgrade gerät. Um diese oberflächennahe „Geothermie“ weiter voran zu bringen, hat das Umweltministerium den Forschungswettbewerb „Herausforderung Erdwärme“ ins Leben gerufen.

### KONTAKT

Dr. Thomas Nöltner  
Tel.: 0721/5600-1560  
thomas.noeltner@lubw.bwl.de  
Peter Neisecke  
Tel.: 0721/5600-2297  
peter.neisecke@lubw.bwl.de  
LUBW  
Hertzstraße 173  
76187 Karlsruhe  
ww.lubw.baden-wuerttemberg.de

### PROJEKT

Projekttitel:  
Forschungsprogramm „Herausforderung Erdwärme“  
Projektlaufzeit:  
10/2007 bis 3/2009

**B**aden-Württemberg fördert Projekte, die einen Beitrag zur Verbesserung der Anlagen leisten, ihre Effizienz, Funktionalität, Betriebssicherheit und Haltbarkeit erhöhen. Fördergelder gibt es auch für Konzepte, mit denen sich die Risiken für Boden und Grundwasser minimieren lassen. Bis zu acht Vorhaben will man fördern. Ein erstes Auswahlverfahren ergab ein förderfähiges Projekt. Bis Ende 2007 läuft die Bewerbungsfrist. Das ausgewählte Projekt „Geo-Sole“ untersucht die Risiken für Boden und Grundwasser, die durch den unkontrollierten Austritt der Wärmeträgerflüssigkeit entstehen können.

### Chancen nutzen – Risiken minimieren

Die meisten Erdwärmesonden, Erdreichkollektoren oder Energiepfähle

nutzen als Wärmeträger ein Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel. Dieses Fluid „sammelt“ die Erdwärme und transportiert sie in die Wärmepumpe im Heizungskeller. In Wasserschutzgebieten ist ausschließlich Wasser als Wärmeträgerflüssigkeit erlaubt, außerhalb davon sind auch Medien der Wasser-Gefährdungsklasse 1, wie die meist verwendeten Glykol-Wasser-Gemische zugelassen.

Die Betriebssicherheit der Anlagen ist nur gewährleistet, wenn das Wärmeträgermedium oberhalb seines Gefrierpunkts gefahren wird. Ein Betrieb mit Wasser setzt damit Anlagentemperaturen über null Grad voraus. Dies erhöht die Anforderungen an die Technik und die Betriebsweise. Wasser hat sich als Wärmeträgerflüssigkeit bis heute nicht durchgesetzt. Für den Einsatz in Wasserschutzgebieten werden

Alternativen gesucht, die wartungsarme und betriebsfreundliche Lösungen zulassen und die Belange des Grundwasserschutzes berücksichtigen.

### Alternative Wärmeträger

Wärmeträgerflüssigkeiten auf Salz-, Alkohol- oder anderer organischer Basis gibt es. Sie sind aber wenig verbreitet und erforscht. Hier setzt das „Geo-Sole“-Verbundvorhaben des Instituts für Gebäude- und Energiesysteme der Hochschule Biberach und des Lehrstuhls für Angewandte Geologie der Universität Karlsruhe an: Welche Betriebseigenschaften haben die umweltverträglicheren Alternativen? Welche anlagentechnischen Konsequenzen resultieren aus ihrer Verwendung? Und wie verhalten sie sich, wenn sie in den Untergrund und das Grundwasser gelangen?

So sollen unter anderem Tests in einer Demonstrationsanlage und Laborversuche an Modellböden Antworten geben. Ein Untersuchungsstandort ist das an der Hochschule Biberach errichtete „Technikum Gebäudeklimatik“, das auch mit Anlagen zur Nutzung oberflächennaher Geothermie ausgestattet ist und bereits einschlägige Erfahrungen gesammelt hat. Die Universität Karlsruhe untersucht das Verhalten austretender Stoffe im Untergrund.

Erdwärmennutzung hilft die fossilen Ressourcen zu schonen. Ziel des Projekts ist es, den Einsatz von Erdwärmesonden auszuweiten, ohne die Interessen des Grundwasserschutzes einzuschränken.

Stefan Kriz



Erdsondenbohrung: Bis etwa in 100 Meter Tiefe reichen die Sonden, über die die Erdwärme in die Wärmepumpe im Heizkeller gelangt.

Bild: Junkers

# Nur mit der Kraft der Sonne

**Stuttgarter Forscher entwickeln ein neues Verfahren, um Häuser mit einem offenen Wärmespeicher allein mit Solarenergie zu heizen**

**F**ür behagliche Wärme in der Wohnung und für warmes Wasser verbraucht ein Haushalt rund 70 Prozent seines Gesamtenergiebedarfs. Ziel der Solarenergietechnik war es von jeher, hierzu einen möglichst großen Beitrag zu leisten. Jedoch galt die Unterstützung der Heizungsanlage durch Solarenergie noch vor rund 15 Jahren in Nord- und Mitteleuropa als nicht sinnvoll. Diese Einschätzung hat sich in den letzten Jahren grundlegend geändert.

Ausgereifere Systeme und ein gesünder Heizenergiebedarf in Neubauten verbesserten die Randbedingungen für den Einsatz der Sonnenenergie als Unterstützung der Heizung deutlich. Entsprechend finden sich hierzulande immer mehr Anhänger dieser Form der regenerativen Energienutzung. Allerdings ist es nach wie vor technisch sehr aufwändig, ein Haus allein mit Sonnenenergie zu beheizen. Denn die Sonne gibt im Sommer die meiste Energie ab, benötigt wird die Energie als Wärmelieferant aber vorwiegend im Winter.

Ideal wäre es deshalb, eine Methode zu finden, die Sommerwärme möglichst ohne Verluste für den Winter

speichert. Da die Räumlichkeiten im häuslichen Keller meist sehr begrenzt sind, sollte die Wärmespeicherung auch möglichst platzsparend sein. Diesem Ziel ist das Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) der Universität Stuttgart ganz nah. Die Wissenschaftler haben ein integrales Konzept zur Gebäudeheizung entwickelt, das es ermöglicht, den jährlichen Wärmebedarf zu fast 70 Prozent mit Sonnenwärme zu decken.

## Adsorption ...

Der Clou des Verfahrens ist die Adsorption von Wasserdampf an poröse Speichermedien. Als besonders geeignet haben sich aus Zeolithen extrudierte Wabenkörper, so genannte Monolithe herausgestellt, die derzeit am Institut für Kunststofftechnologie der Universität Stuttgart produziert werden. Sie haben die Eigenschaft, große Mengen an Wasserdampf in ihren mikroporösen Strukturen unter Wärmeabgabe (exotherm) zu binden (Adsorption).

Hochgerechnet für die praktische Umsetzung des Versuchs würde eine gängige Kombianlage – bestehend aus einem 20 Quadratmeter großen Vakuumröhrenkollektor, einem Heizkessel, und

einem 1.000-Liter-Kombispeicher für Heizung und Warmwasser – um einen Sorptionspeicher mit einem Volumen von 7,85 Kubikmetern ergänzt (s. Abb.). Während der Wintermonate entlädt sich der Sorptionspeicher, indem er Wasserdampf, der in der feuchten Raumluft enthalten ist, adsorbiert und dabei Wärme freisetzt. Die durchströmende Luft erwärmt sich und erreicht den Wärmetauscher deutlich trockener. Dort überträgt der Abluftstrom die Wärme schließlich an die angesaugte kalte Frischluft. Die damit auf Temperaturen deutlich über 20 °C erwärmte Frischluft dient dann der Gebäudebeheizung.

## ... und Desorption

Der zum Ende des Winters mit Feuchtigkeit beladene und von Wärme entladene Sorptionspeicher wird in den Sommermonaten regeneriert (desorbiert). Die dafür benötigte Energie steht in Form von überschüssiger Wärme aus der Kombianlage zur Verfügung. Die Nutzung der Überschussenergie kann nach Angaben der Stuttgarter Wissenschaftler fast zu einer Verdoppelung des Kollektorertrags führen.

*Tina Block*

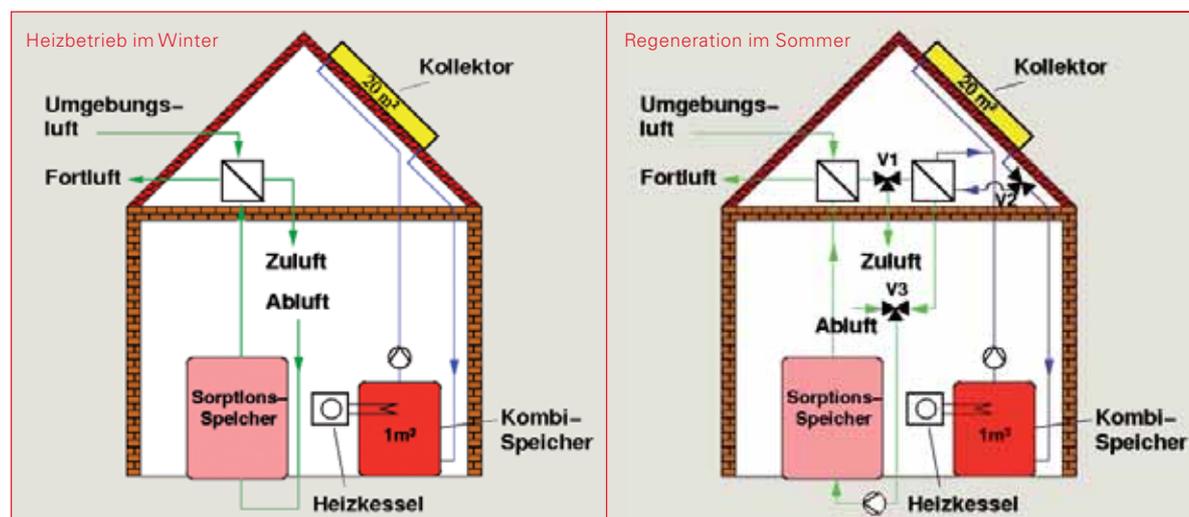
## KONTAKT

Dr. Henner Kerskes  
Universität Stuttgart  
Inst. für Thermodynamik  
und Wärmetechnik (ITW)  
Pfaffenwaldring 6  
70550 Stuttgart  
Tel.: 0711/685-63534  
kerskes@itw.uni-stuttgart.de  
www.itw.uni-stuttgart.de

## PROJEKT

Projekttitle:  
MonoSorp – Integrales  
Konzept zur solarthermischen  
Gebäudeheizung mit  
Sorptionswärmespeicher

Projektlaufzeit:  
10/2005 bis 3/2007



Anlage während der Heizperiode und in der heizungsfreien Zeit

Graphik: ITW

# Die Zelle für die Zukunft

## Forschungsprogramm begleitet den Weg vom Labor in den Heizungskeller

Vor 160 Jahren entdeckt, lange in Vergessenheit, werden Brennstoffzellen-Antriebe und -Heizgeräte ab dem nächsten Jahrzehnt unseren Alltag erobern. Das Forschungsprogramm „Herausforderung Brennstoffzelle“ konzentriert sich bei den geförderten Projekten auf kleine stationäre Systeme, die in den Heizkellern von Einfamilienhäusern eingesetzt werden.

**D**ie über das Forschungsprogramm verteilten Gelder fallen auf einen fruchtbaren Boden. Denn die hiesige Forschungslandschaft ist im Bereich Brennstoffzellen hervorragend aufgestellt. Dem Umweltministerium Baden-Württemberg als Träger des Programms geht es um den Ausbau dieser Kapazitäten.

Die sieben für die Förderung ausgewählten Verbundprojekte bauen auf Vorleistungen auf und arbeiten gezielt an Problembereichen, die sich aus den bisherigen Untersuchungen herauskristallisiert haben: Die Systeme und ihre Komponenten müssen noch zuverlässiger, langlebiger und effizienter

werden, damit sie sich auf dem Markt durchsetzen können.

### Made in Baden-Württemberg

Das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) in Stuttgart hat mit „bw-cell“ bereits einen Brennstoffzellen-Prototypen „made in Baden-Württemberg“ entwickelt. Das auf Polymer-Elektrolyt-Membran-, kurz PEM-Brennstoffzellen basierende, erdgasgebundene System bietet eine elektrische Leistung von vier Kilowatt und deckt den Wärme-Grundbedarf eines Hauses.

Im Rahmen des Forschungsprogramms gilt es nun, ein System für den

Einsatz von regenerativen Brennstoffen zu entwickeln. Getestet wird die Eignung von Ethanol, Methanol oder Dimethylether. Außerdem wollen die Wissenschaftler eine Gerätesteuerung entwickeln, die auf die Alterungseffekte der Katalysatoren reagiert und damit zu einem gleichmäßigeren Betrieb führt.

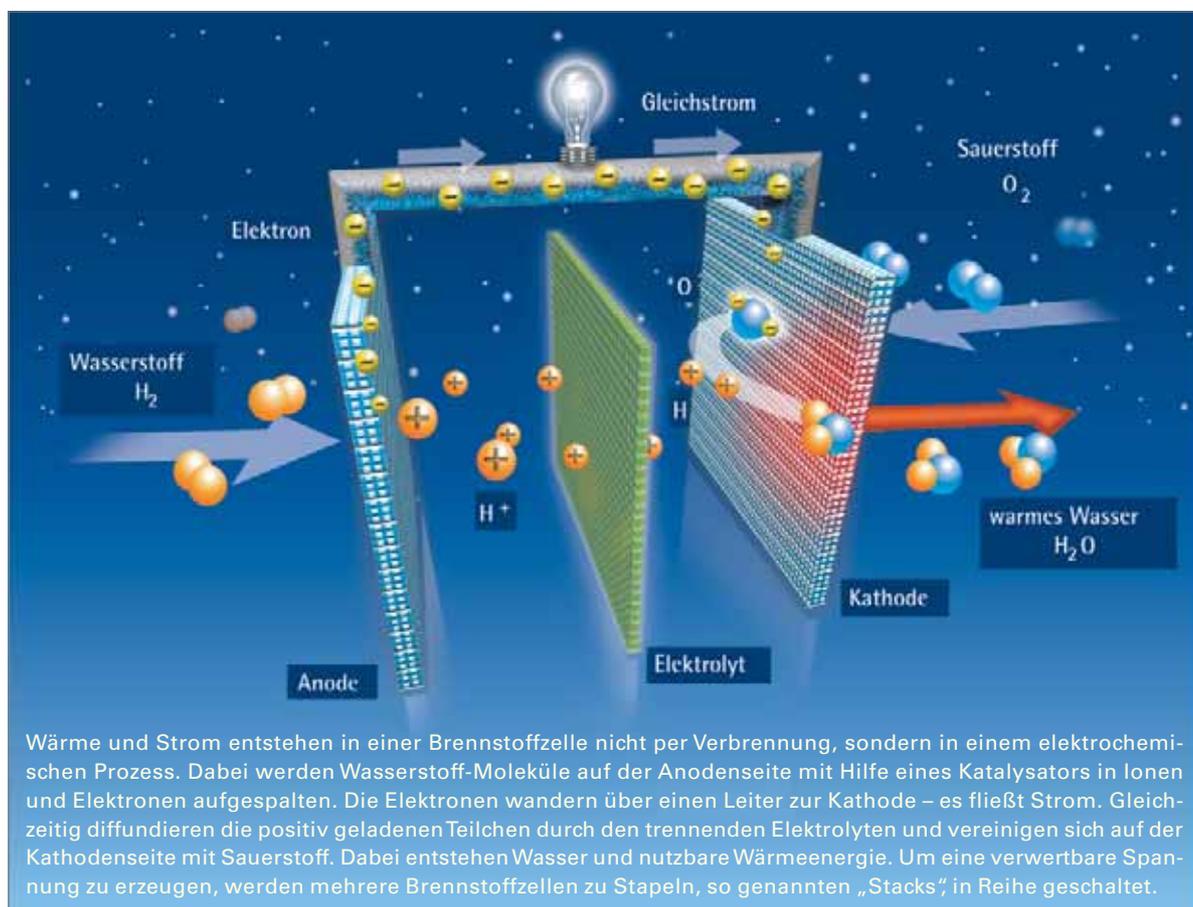
PEM-Brennstoffzellen sind mit Arbeitstemperaturen von rund 80 Grad Niedertemperatur-Zellen. Um aus dem eingesetzten Brennstoff den Wasserstoff für die Brennstoffzelle zu gewinnen, ist ein vorgeschalteter Reformier notwendig. Die niedrigen Temperaturen haben einige Vorteile in

### KONTAKT

Dr. Manfred Loistl  
Umweltministerium  
Kernerplatz 9  
70182 Stuttgart  
Tel.: 0711/126-2696  
manfred.loistl@um.bwl.de  
www.um.baden-  
wuerttemberg.de

### PROJEKT

Projektitel:  
Forschungsprogramm  
„Herausforderung  
Brennstoffzelle“  
Projektlaufzeit:  
10/2006 bis 3/2009



Funktionsschema einer Brennstoffzelle

Graphik: Initiative Brennstoffzelle

Sachen Materialverwendung, aber auch Nachteile. So sind die Aggregate anfällig für das entstehende Kohlenmonoxid (CO). Auch das bei 80 Grad flüssige Wasser erfordert konstruktiven Zusatzaufwand. Und bei der produzierten Wärme wären um ein paar Grad höhere Temperaturen willkommen – ein mit niedrigen Temperaturen arbeitendes Gerät hat hier naturgemäß weniger zu bieten.

### Konkurrenz belebt das Geschäft

Gleich zwei Förderprojekte haben das Ziel, eine „Hochtemperatur“-PEM-Brennstoffzelle mit Betriebstemperaturen von deutlich über 100 Grad zu entwickeln. Das Institut für Solare Energiesysteme (FhG-ISE) in Freiburg mit Partnern sowie das ZSW in Ulm forschen mit unterschiedlichen Konzepten. Die Gutachter des Landes konnten bei der Projektauswahl keiner der Ideen Vorrang einräumen, zumal bei der Entwicklung eines PEM-Hochtemperatur-Stacks noch Pionierarbeit zu leisten ist. Also werden nach dem Motto „Konkurrenz belebt das Geschäft“ beide Konzepte mit Fördermitteln unterstützt.

### Schwachstellen gezielt beheben

Mit der Kohlenmonoxid-Problematik befasst sich ein Projekt am Engler-Bunte-Institut der Universität Karlsruhe. Die geringen CO-Anteile, die in den meisten Brenngasen enthalten sind, schädigen die Katalysatoren und müssen deshalb in einer externen Reinigungsstufe entfernt werden. Dies führt zu einem Druckverlust, der durch eine Kompression wieder ausgeglichen werden muss. Die Karlsruher Forscher wollen diesen Druckverlust minimieren. Das Projekt ist geradezu typisch für den derzeitigen Entwicklungsstand: Scheinbar kleine Verbesserungen markieren wichtige Schritte zur Erhöhung von Wirkungsgrad und Lebensdauer der Systeme.

Auch „echte“ Hochtemperatur-Brennstoffzellen mit Betriebstemperaturen von 850 bis 1.000 Grad sind im kleinen Leistungsbereich seit Jahren im Testeinsatz. Drei Förderprojekte befassen sich mit diesen oxidkeramischen Brennstoffzellen (Solid Oxide Fuel Cells – SOFC). Die chemisch-physikalischen Prozesse, die hier ablaufen, sind bis heute noch nicht vollständig durchleuchtet. Dies erschwert den Aufbau von Modellen zur gezielten Optimierung von Komponenten. Mit dieser grundsätzlichen Fragestellung befasst sich das Institut für Technische Thermodynamik an der Universität Stuttgart. Das Forschungszentrum Karlsruhe arbeitet zusammen mit Partnern an der hydrothermalen Vergasung von feuchter Biomasse. Das dabei entstehende Wasserstoff-Methan-Gemisch ist ein sehr gutes Brenngas, insbesondere für SOFC-Brennstoffzellen. Denn SOFCs können bei hohen Temperaturen die Rohgase direkt und ohne vorherige Reformierung nutzen. Wechselrichter müssen die in Brennstoffzellen erzeugte Stromspannung auf ein verwertbares Niveau transformieren. Dabei entsteht eine schnell veränderliche, „transiente“ elektrische Last, die Leistung und Lebensdauer von SOFC-Systemen negativ beeinflusst. Dieses bislang kaum beachtete Detail ist Gegenstand der Forschungen am Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik an der Universität Karlsruhe.

Fünf der Projekte laufen bis Ende März 2009, zwei enden bereits Ende September 2008. Im September 2007 stellten die Bearbeiter in einem Kolloquium erste Zwischenergebnisse vor. Mit Spannung werden die weiteren Fortschritte bei der Brennstoffzellen-Entwicklung erwartet. Denn wer in der Forschung die Nase vorn hat, wird auch von der späteren Vermarktung der Systeme profitieren – in Form von hochwertigen Arbeitsplätzen im Anlagenbau und in der Zulieferindustrie.

*Stefan Kriz*



Bild: ZSW

Prototyp der vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) Baden-Württemberg entwickelten und mit Landesmitteln geförderten „bw-cell“



Bild: EnBW AG

Diese SOFC-Brennstoffzelle des Schweizer Herstellers Sulzer wird von der Energie Baden-Württemberg AG in Feldtests eingesetzt – hier zum Beispiel in einem Kindergarten in Teningen.



# Holzöfen müssen sauberer werden

## Einsatz von Sensortechnik zur Überwachung von Holzfeuerungen

Die Feuerung in kleinen Holzöfen wird bisher nur stichprobenartig kontrolliert. Einfache Prüfsysteme für Langzeitmessungen müssen große Hitze, Ruß und Staub aushalten können.

Bild: Paradigma

### KONTAKT

Dr. Bernd-M. Kemper  
LUBW  
Postfach 100163  
76231 Karlsruhe  
Tel.: 0721/5600-2298  
bernd-m.kemper@  
lubw.bwl.de  
www.lubw.de

### PROJEKT

Projekttitel:  
Einsatz von Sensortechnik  
zur Überwachung von  
Holzfeuerungen

Projektlaufzeit:  
12/2006 bis 10/2007

**I**mmer mehr private Haushalte und kleine Gewerbebetriebe heizen mit Holz und holen mit Kamin oder Kaminofen Behaglichkeit ins Wohnzimmer. Das ist gut fürs Klima, denn Holz setzt bei seiner Verbrennung nur so viel klimaschädliches Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) frei, wie vorher beim Pflanzenwachstum im Holz gebunden wurde. Besonders in ländlichen Regionen ist diese Art der Verbrennung eine kostengünstige Alternative zur klassischen Öl- und Gasheizung, da der Rohstoff Holz in unmittelbarer Umgebung bisher ausreichend zur Verfügung steht.

Oft nur als Ergänzung genutzt, müssen viele kleine Holzöfen jedoch verbrennen, was gerade greifbar ist. Nicht selten kommt feuchtes oder gar beschichtetes Holz ins Rohr – und entsprechend viel Rauch aus dem Kamin.

### Im Visier des Gesetzgebers

Bei der Umweltbilanz wird häufig übersehen, dass insbesondere kleinere Holzöfen aufgrund schlechter Betriebsbedingungen und fehlender Abgasnachbehandlung einen Schadstoffcocktail aus Kohlenmonoxid (CO), Stickoxiden (NO<sub>x</sub>), Ruß, Feinstaub und organischen Verbindungen (VOC) in hohen Konzentrationen emittieren, der zunehmend Nachbarschaftsbeschwerden auslöst. In Fachkreisen ist man sich deshalb längst einig, dass

gesetzliche Auflagen für diese Art von Feuerungsstätten unabdingbar sind. Das Umweltbundesamt hat errechnet, dass die mehrere Millionen zählenden kleinen Holzfeuerungsanlagen in Deutschland etwa ebenso viel gesundheitsschädlichen Feinstaub pro Jahr ausstoßen wie die Motoren von Pkws, Lkws und Motorrädern zusammen. Deshalb plant die Bundesregierung eine Novellierung der 1. Immissionschutzverordnung und will beispielsweise Emissionsgrenzwerte und Mindestwirkungsgrade für alle Einzelraumfeuerstätten bei der Typprüfung festlegen. Das würde garantieren, dass nur saubere Anlagen auf den Markt kommen. Derzeit sind bereits moderne Holzfeuerungen – insbesondere Pelletöfen – erhältlich, die relativ geringe Feinstaubemissionen verursachen und das Umweltzeichen „Blauer Engel“ haben bzw. erhalten können.

### Kontrolle bisher nur durch den Schornsteinfeger

Doch auch die vielen bestehenden Holzfeuerstätten sollen sauberer werden. Bisher überwachen die Schornsteinfeger den Betrieb von kleinen Feuerungsanlagen jedoch nur stichprobenartig. Emissionsmessungen über längere Zeiträume erfolgen dagegen nur auf Prüfständen und in Feldversuchen im Rahmen aufwändiger For-

schungsvorhaben mit Hilfe kostenintensiver Labor-Gasanalytik. Eine preisgünstige Abgassensorik für Langzeitbeobachtungen, wie sie seit Jahren in der Automobiltechnik zum Standard gehört, ist für Holzfeuerungen nicht ausreichend erprobt.

Für den Langzeitbetrieb kommen zwei Klassen von Abgassensoren in Frage: Einerseits die weit verbreiteten Zirkondioxid-basierten Lambdasonden, deren Funktion auf der ionischen Leitfähigkeit von Zirkondioxid beruht, und andererseits die resistiven Sensoren, die die ionische und elektronische Leitfähigkeit von Metalloxiden zur Gasmessung nutzen.

Die resistiven Sensoren haben im Automobilsektor aufgrund unzureichender chemischer Stabilität nie den hohen Verbreitungsgrad wie die Zirkondioxid-basierten Sonden erreicht, bieten aber durchaus Vorteile, wie einen einfachen Aufbau und gute Empfindlichkeit auf ein großes Spektrum von Gasen. Zudem wurden in den letzten Jahren in der Forschung neue Materialklassen erschlossen, die durchaus den rauen Betriebsbedingungen in den Öfen standhalten. Die Forscher am Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik der Universität Karlsruhe (TH) haben deshalb auch weniger verbreitete Gassensorprinzipien getestet, um ihr Potenzial für Feuerungsanlagen auszuloten.

Für das Projekt wurden nach einer Marktrecherche nur Sensoren ausgewählt, die derzeit oder in Kürze am Markt für unter 1.000 Euro verfügbar sind. Zudem sollen sie das Potenzial für einen Langzeitbetrieb unter den rauen Abgasbedingungen bei Holzfeuerungen mitbringen. Dies bedeutet: Die Sensoren müssen bei Betriebstemperaturen über 600 °C arbeiten, so dass ein Rußabbrand auf der aktiven Sensoroberfläche möglich ist.

### Erfolgreiche Testreihen in Kooperation

Der Reiz des Projekts lag in der erstmaligen Zusammenarbeit von Spezialisten auf dem Gebiet der Abgassensoren vom Institut für Werkstofftechnik der Universität Karlsruhe (IWE) mit den Spezialisten auf dem Gebiet der Holzfeuerungen vom Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen der Universität Stuttgart (IVD).

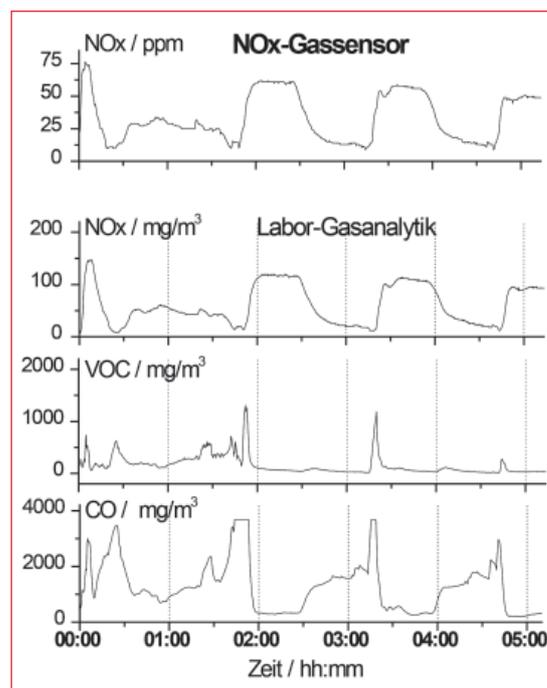
Das Forscher-Team hat neben den verbreiteten Lambdasonden (Sauerstoffsonde) auch neuartige Sensoren zur Bestimmung anderer Abgaskomponenten wie Stickstoffoxide (NOx) oder brennbarer Abgasbestandteile (Kohlenmonoxid, VOC) getestet. Ein Beispiel für die erfolgreiche Erprobung eines NOx-Sensors ist in der ne-

benstehenden Graphik dargestellt, die die Emissionswerte der ausgewählten Schadstoffe (NOx, VOC, CO) eines Stückholzkessels während eines fünf-stündigen Betriebs zeigt. Deutlich zu erkennen sind die vier Ausschläge durch das Auf- bzw. Nachlegen von Stückholz. Die oberste Kurve zeigt das Signal eines neuen NOx-Sensors, dessen Verlauf sich mit den Messwerten der teuren Laboranalytik völlig deckt und keine störende Querempfindlichkeit gegenüber den zusätzlich vorhandenen Gaskomponenten (VOC, CO) aufweist.

### Perspektive

Eine erste Bewertung der Ergebnisse zeigt, dass es durchaus Sensoren gibt, die das Potenzial für den Einsatz in Feuerungsanlagen besitzen. Die resistiven Sensoren werden erst seit wenigen Jahren in der stationären Verbrennungstechnik erprobt, weshalb kaum Erkenntnisse über deren Langzeitverhalten vorliegen.

Umso erfreulicher verlief die Testreihe im Projekt, denn die Sensoren wurden an drei verschiedenen Ofenarten während etwa 600 Stunden betrieben, ohne dass wesentliche Veränderungen des Signalverhaltens auftraten. Die Untersuchung der Empfindlichkeit



Graphik: LUBW

Vergleich der Messwerte zweier Sensortypen während fünf Stunden. Die deutlichen Ausschläge der Kurven erfolgten jeweils nach dem Auflegen von Stückholz.

und Selektivität neuartiger Gassensoren vor allem unter den harten Umgebungsbedingungen bei Holzfeuerungen und deren Bewertung auf eine Eignung für den Langzeitbetrieb sind zentrale Punkte des Vorhabens. In der letzten Projektphase wird ein besonderes Augenmerk auf die Schädigungsmechanismen nach dem realen Betrieb in einer Holzfeuerungsanlage gelegt.

*Peter Streiff*



Anordnung der Sensoren im Abgasrohr einer Holzfeuerung



Unterschubbrenner in einem neuartigen Pelletofen. Ein Pelletofen erzeugt weniger Emissionen als ein Scheitholzofen, weil das Holz besser verbrannt wird.

Bilder: LUBW, ParadiGma

# Umweltschutz in Unternehmen

## Förderprogramm Betriebliche Umwelttechnik

Die Herausforderungen der Zukunft können nur durch neue Technologien, insbesondere effiziente Umwelttechnik, bewältigt werden. Mit dem Förderprogramm „Betriebliche Umwelttechnik“ unterstützt das Umweltministerium verschiedene Projekte zur Entwicklung technischer Lösungen, die Umweltschutz für Unternehmen effizienter und rentabler machen.

### Großreinemachen mit Nanotechnologie

Wissenschaftler des Fraunhofer Instituts für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik (IGB) in Stuttgart haben unter der Leitung von Dr. Günter Tovar eine Methode entwickelt, die es ermöglichen soll, mit so genannten „NANOCYTES“ Schadstoffe wie Arzneimittelrückstände aus Abwässern, Kläranlagen oder aus der Luft zu fischen. Die Technologie macht sich das Schlüssel-Schloss-Prinzip des molekularen Prägens zu Nutze. Das heißt, eine chemische Verbindung, beispielsweise ein Arzneimittelrückstand, wird von einem Polymer umschlossen und hinterlässt darauf seinen „Abdruck“. Der molekulare Abdruck am mehrere Nanometer kleinen Polymerkügelchen wird genutzt, um umweltschädliche Verbindungen mit der gleichen Struktur wie der Ausgangsstoff aus dem Klärwasser abtrennen und gezielt herausfiltern zu können. Das Projekt läuft im Stuttgarter Robert-Bosch-Krankenhaus, wo das Fraunhofer IGB bereits einen Versuchsreaktor zur biologischen Behandlung von Klinikabwasser betreibt. Eingesetzt werden kann die Methode in Abwasserreinigungsanlagen

von Kliniken, Alters- und Pflegeheimen. Im Vergleich zu kommunalen Kläranlagen sind geringere Mengen der Nanocytes notwendig.

### Multifunktionale Membrane

Eine andere Projektgruppe des Fraunhofer IGB unter der Leitung von Dr. Christian Oehr entwickelt in Stuttgart Separationsmembranen, die sich vom derzeitigen Stand der Technik durch eine schaltbare Zusatzfunktion unterscheiden.

Durch Anlegen einer elektrischen Spannung können die Oberflächeneigenschaften so verändert werden, dass die Ablagerung von Schichten verzögert wird oder dass sich bereits vorhandene Ablagerungen wieder ablösen. Diese Methode würde die Standzeiten der Filter verlängern und damit Ressourcen schonen.

Außerdem könnten abzutrennende organische Stoffe wie Pestizide oder Medikamente „aufkonzentriert“ und dann effektiv entsorgt werden. Positive Nebeneffekte: Zu deponierende Stoffe fielen damit in kleineren Volumina an, und es würde weniger Filtermaterial verbraucht. Die Separationsmembranen könnten unter anderem für die Trinkwasserbereitung oder für die Abtrennung von organischen Verunreinigungen eingesetzt werden.

### Winzige Eisenteilchen entfernen Schadstoffe

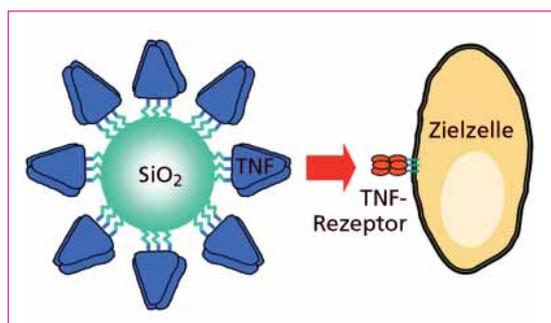
In Baden-Württemberg sind über 11.500 altlastenverdächtige Flächen und ca. 1.500 Altlasten registriert. Der Sanierungsaufwand mit klassischen Verfahren beträgt laut Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW) zwischen einer und zwei Milliarden Euro.

#### KONTAKT

Dr. Christian Kühne  
Umweltministerium  
Baden-Württemberg  
Postfach 103439  
70029 Stuttgart  
Tel.: 0711/126-2297  
christian.kuehne@  
um.bwl.de  
www.um.baden-  
wuerttemberg.de

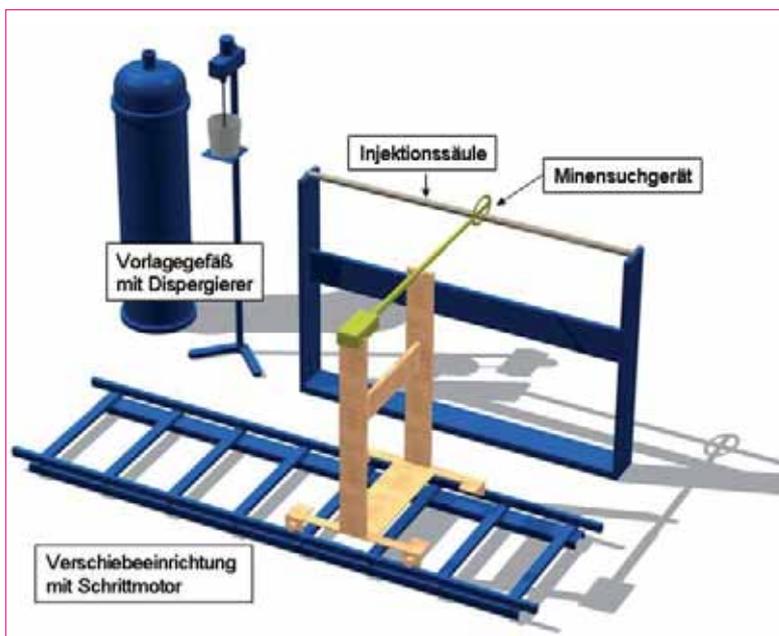
#### PROJEKT

Projektitel:  
Förderprogramm  
betriebliche  
Umwelttechnik  
Projektlaufzeit:  
3/2007 bis 7/2008



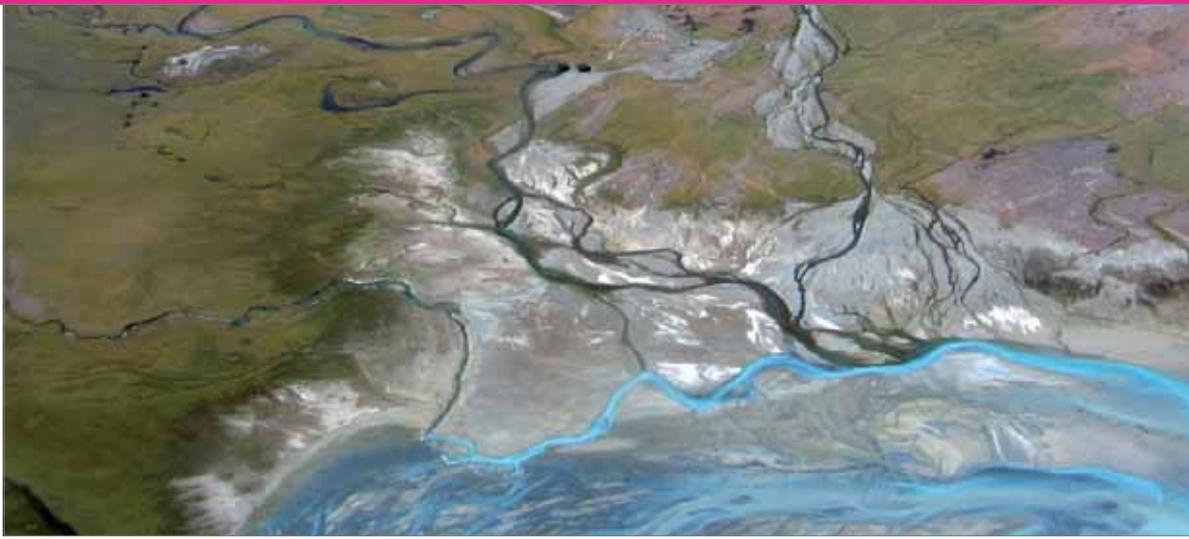
Wirkprinzip der Nanocytes

Bild: Fraunhofer IGB



Versuchsaufbau bei Kolloidsuspensionen

Bild: IWS Uni Stuttgart



Eine Ursache für belastete Grundstücke sind Chlorkohlenwasserstoffe (CKW), die als Grundstoffe in der chemischen Industrie, als Lösungsmittel und als Pestizide eingesetzt werden. Durch ihre zumeist krebserregende Eigenschaft bergen sie das größte Gefahrenpotenzial für unser Grundwasser. Bisherige Sanierungsmethoden sind für Besitzer von CKW-kontaminierten Grundstücken meist aufwändig und kostspielig.

Die Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und Altlastensanierung (VEGAS) am Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart unter der Leitung von Dr. Jürgen Braun entwickelt gemeinsam mit Industriepartnern eine neue Sanierungstechnologie. Die Methode nutzt winzige Eisenpartikel, die als wässrige Suspension direkt in den Schadstoffherd oder die Schadstofffahne injiziert werden. Dadurch könnte man die Methode auch auf bebautem Gebiet und in größeren Tiefen anwenden.

Die Nano-Eisen-Partikel haben viele Vorteile. Zum einen weisen sie mit ca. 30 Quadratmetern pro Gramm eine sehr große spezifische Oberfläche auf und sind deshalb sehr reaktiv. Zum anderen kann das Nano-Eisen auch andere Schadstoffe wie Pestizide aus dem Grundwasser entfernen. Die Injektion selbst kann über vorhandene oder relativ kostengünstig anzulegende Grundwassermessstellen erfolgen. Da bisher über die Transportfähigkeit von Nano-Eisen in porösen Medien nur wenig bekannt ist, sollen begleitende,

großskalige Versuche in VEGAS wichtige Erkenntnisse über die Ausbreitungsstanz der Nanopartikel im Untergrund liefern, damit ein wirtschaftlicher Einsatz der Technologie sichergestellt werden kann.

### Umweltfreundliche Energie aus dem Meer

Weltweit liefern Wasserkraftwerke an Stauseen und Sperrwerken bereits gut ein Fünftel des jährlichen Strombedarfs. Das Potenzial der Wasserkraft ist allerdings weitaus größer. Bereits vor rund dreißig Jahren entstand das Konzept der Osmosekraftwerke. Dabei nutzt man die Energie, die beim Mischen von Süß- und Salzwasser, zum Beispiel an Flussmündungen, frei wird.

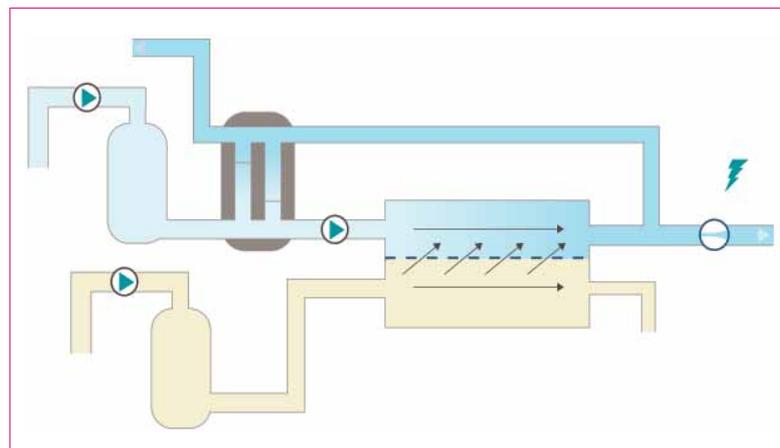
Das Osmose-Prinzip funktioniert folgendermaßen: Trennt man Flusswasser und das salzhaltige Meerwasser durch eine wasserdurchlässige Membran, die das Salz zurückhält, fließt das Flusswasser so lange zum Salzwasser hin, bis sich der osmotische Druck ausgeglichen hat.

Im Fall von Meer- und Flusswasser entspricht der Druck etwa 25 bar.

Um eine Wasserkraftturbine anzutreiben, die elektrischen Strom produziert, kann der Druck etwa zur Hälfte genutzt werden. Diese Form der Energiegewinnung birgt mehrere Vorteile: So werden weder Kohlendioxid noch Feinstaub freigesetzt, außerdem kann der Strom relativ konstant fließen. Und ein Gefälle ist nicht erforderlich. Die Effizienz einer Anlage hängt in erster Linie von der Qualität der Membran ab.

Deshalb entwickelt ein Projektteam des Fraunhofer IGB unter der Leitung von Dr. Thomas Schiestel in Stuttgart Membranen, die die wirtschaftliche Nutzung der Energieressourcen aus dem Wasser ermöglichen. Erreichen wollen die Stuttgarter Wissenschaftler dies, indem sie einerseits Oberflächen von kommerziellen Membranen modifizieren. Andererseits wollen sie neuartige maßgeschneiderte Nanokomposit-Membranen entwickeln.

Tina Block



Osmotisches Prinzip

Graphik: Statkraft

#### KONTAKT

PD Dr. Günter Tovar  
Fraunhofer Institut für  
Grenzflächen- und Bio-  
verfahrenstechnik  
Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart  
Tel.: 0711/970-4109  
Guenter.Tovar@  
igb.fraunhofer.de  
www.igb.fraunhofer.de

#### PROJEKT

Projekttitel:  
NANOCYTES-Technologie  
zur Reduzierung ausge-  
wählter Schadstoffe. Spe-  
zifische Adsorption von  
Micropollutants aus  
Abwässern

Projektlaufzeit:  
7/2007 bis 6/2008

#### KONTAKT

Dr. Christian Oehr  
Fraunhofer Institut für  
Grenzflächen- und Bio-  
verfahrenstechnik  
Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart  
Tel.: 0711/970-4137  
christian.oehr@igb.fraunhofer.de  
www.igb.fraunhofer.de

#### PROJEKT

Projekttitel:  
Smart Membranes

Projektlaufzeit:  
7/2007 bis 6/2008

#### KONTAKT

Dr. Thomas Schiestel  
Fraunhofer Institut für  
Grenzflächen- und Bio-  
verfahrenstechnik  
Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart  
Tel.: 0711/970-4164  
Thomas.Schiestel@  
igb.fraunhofer.de  
www.igb.fraunhofer.de

#### PROJEKT

Projekttitel:  
Entwicklung von Membranen für die Gewinnung  
alternativer Energie durch  
Osmosekraftwerke

Projektlaufzeit:  
7/2007 bis 3/2008

#### KONTAKT

Dr. Jürgen Braun  
Universität Stuttgart, Institut  
für Wasserbau, VEGAS  
Pfaffenwaldring 61  
70569 Stuttgart  
Tel.: 0711/685-67018  
jb@iws.uni-stuttgart.de  
www.iws.uni-stuttgart.de

#### PROJEKT

Projekttitel:  
Anwendung nanoskaliger  
Eisen-Kolloide zur In-Situ-  
Sanierung anthropogener  
CKW-Kontaminationen im  
Untergrund

Projektlaufzeit:  
8/2007 bis 7/2008

# Warndienst Wanderfalke

## Falken-Eier als Bioindikator für langlebige Gifte eingesetzt

Am Ende der Nahrungskette stehend ist der Wanderfalke in besonderem Maße als Bioindikator geeignet: In seinen Eiern konzentrieren sich schwer abbaubare Gifte. Was den Greifvogel in Deutschland an den Rand des Aussterbens brachte, nutzen Wissenschaftler als Warndienst für Mensch und Umwelt.

Bild: B. Zoller



### KONTAKT

Dr. K. Theo von der Trenck  
LUBW  
Griesbachstr. 1  
76185 Karlsruhe  
Tel.: 0721/5600-1317  
theo.v.d.trenck@lubw.bwl.de  
www.lubw.baden-  
wuerttemberg.de

### PROJEKT

Projekttitel:  
Schadstoffbelastung von  
Vogeleiern  
Projektlaufzeit:  
Daueraufgabe der LUBW

In der Kette des „Fressen-und-gefressen-werdens“ steht der Falke weit am Ende. Nur wenige Tiere können ihm gefährlich werden. Er selbst jagt dagegen fast ausschließlich Vögel im freien Luftraum. Doch mit den Beutetieren nimmt er zugleich Umweltgifte auf. Da sich insbesondere chlorierte organische Schadstoffe, statt vom Körper zügig abgebaut zu werden, dort allmählich ansammeln, addiert sich deren Menge jedes Mal, wenn ein Tier das andere frisst. Greifvögel wie der Wanderfalke, die im Wesentlichen von tierischer Beute leben, stellen darum regelrecht „lebende Vergrößerungsgläser“ für die Umweltbelastung mit den Schadstoffen dar. Tatsächlich ist der Wanderfalke der Vogel in Deutschland mit der höchsten Konzentration an langlebigen Umweltschadstoffen – eine gefährliche „Kettenreaktion“ für den Wanderfalken. Schon 1958 berichtete der Engländer Derek Ratcliffe von den zunehmend zerbrechlichen Eiern der Wanderfalken. Vier Jahre später gelang es Rachel Carson mit dem Buch „Der stumme Frühling“, das Problem der Pestizidanreicherung in Greifvogel-Eiern – insbesondere von DDT – weltweit bekannt zu machen.

### Erschreckende Überraschung im Ei

Die Wirkungen der Schadstoffe sind vielfältig und in ihrem Ausmaß und

Umfang längst noch nicht vollständig erforscht. Sicher ist, dass die Eier von mit DDT hoch belasteten Falken und anderen Greifvögeln, wie die des Fischadlers, besonders dünnshellig sind. 1964 war der Bestand in Deutschland so weit zurückgegangen, dass Experten dem Wanderfalken kaum noch eine Überlebenschance gaben. Schuld daran war die zunehmende Belastung durch sich global verbreitende Pestizide wie etwa das unter anderem gegen die Malariafliege eingesetzte DDT. Gefährlich für den Wanderfalken waren aber auch menschliche Nesträuber, die entweder die Eier aus Sorge um Nahrungstiere des Falken, wie zum Beispiel Tauben, zerstörten oder die Jungvögel stahlen, um sie falknerisch zu nutzen oder sie zu diesem Zweck zu verkaufen. Auch Felskletterer störten in der Folgezeit immer öfter das Brutgeschäft der Wanderfalken. Während die Nachstellungen durch Nesträuber und die Störung durch Felskletterer dank des großen Engagements von Mitgliedern der 1965 gegründeten Arbeitsgemeinschaft Wanderfalkenschutz eingedämmt werden konnten, war die chemische Ursache für den Rückgang der Greifvögel weit schwerer abzuwenden.

Der Erkenntnis, wie gefährlich die langlebigen Umweltschadstoffe, die so genannten „Persistent Organic Pollutants“

(POPs) sind, folgte 1972 die erste einschneidende Maßnahme: Die Anwendung von DDT wurde in Deutschland verboten. Das Pestizid gehört ebenso wie chlorierte Biphenyle (PCB), Dioxine, dioxinähnliche Substanzen und weitere besonders gefährliche und langlebige organische Schadstoffe zu dem 2004 mit der Stockholmer Konvention international geächteten „Dirty Dozen“. Doch es gibt noch sehr viel mehr teilweise hochgefährliche organische Schadstoffe, die in Lebewesen oder Nahrungsmitteln in Gemischen auftreten – und die wegen ihrer Langlebigkeit mit Luft und Wasser global verbreitet werden.

Um zu verfolgen, wie sich langlebige Gifte in Lebewesen und Nahrungsmitteln anreichern oder reduzieren, greift man auch auf so genannte Bioindikatoren zurück. So auch auf die Eier des Wanderfalken. Dabei ist es selbstverständlich, dass nur Eier der Rote-Liste-Art zur Analyse kommen, die von den Eltern verlassen wurden. Da die seltenen Tiere heute zu ihrem Schutz fast lückenlos überwacht werden, ist dies möglich, obwohl Wanderfalken bevorzugt auf Vorsprüngen schwer zugänglicher Felsen brüten. Neben den langlebigen Pestiziden werden baden-württembergische Falkeneier auch auf andere Verbindungen mit den stabilisierenden Halogenen Chlor, Fluor



Wanderfalken brüten meist in schwer zugänglichen Felsnischen oder -absätzen.

Bild: B. Zoller

oder insbesondere Brom, die zum Beispiel als Flammschutzmittel Verwendung finden, untersucht.

### Ergebnisse des Monitorings

Trotz eines generellen Abklingens der erschreckend großen Belastung der Eier in den sechziger und siebziger Jahren sind die Ergebnisse des Monitorings auch heute noch besorgniserregend. Die untersuchten Resteier von Wanderfalken aus Baden-Württemberg enthalten hochgiftige PCBs und polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) in einer Menge, die direkte Auswirkungen auf die Tiere haben kann. Die an Küken von Fischadlern ermittelte Grenze, bei deren Überschreitung die Vögel direkt unter Folgen der Gifte leiden und die aller Wahrscheinlichkeit in etwa der der Wanderfalkenbrut entspricht, wird erreicht und bei den am höchsten belasteten Eiern sogar deutlich überschritten. Auch an Hühnereiern wurde eine solche „Wirkungsschwelle“ ermittelt: Die Kontamination von Falkeneiern mit dem giftigen Cocktail liegt in einem Bereich, in dem bei Zuchthennen ein dramatischer Rückgang des Bruterfolges beobachtet werden kann.

Nach Untersuchungen der Wissenschaftler sind die PCB-Gehalte in den Eiern aus dem Jahr 2006 mit einem

Mittelwert von 20,5 Mikrogramm pro Gramm – und einer Streuung zwischen 9,1 und 53,9 Mikrogramm pro Gramm – doppelt so hoch wie die DDT-Gehalte, deren Mittelwert 10,9 Mikrogramm pro Gramm beträgt. Damit überschreitet die Summe der PCB den für Hühnereier festgelegten Grenzwert für dioxinartige Wirkungen (metabolische Störung des Hormonhaushaltes, immuntoxisch, lebertoxisch, embryotoxisch) um das 270-fache, die Summe der DDT-Verbindungen in Falkeneiern den Grenzwert um das 90-fache!

Besorgniserregend ist nicht nur die reine Konzentration von PCB und DDT in den Eiern der Falken, sondern vor allem auch die Tatsache, dass der Gehalt beider Substanzen seit 2004 wieder steigt – statt wie in den Jahren zuvor allmählich zu sinken. Auch Dr. Karl Theo von der Trenck von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz, der das Wanderfalken-Monitoring betreut, kann sich diesen Sachverhalt nicht schlüssig erklären. Ein Denkansatz ist, dass die globale Erwärmung die Schadstoffe an manchen „Ablagerungs“-Stellen neu mobilisiert.

Doch es gibt auch Positives zu vermelden: So sinkt der Gehalt der polybromierten Diphenylether (PBDE) in den Eiern ganz langsam ab. Allerdings lagern sich diese Substanzen, deren

Herstellung europaweit fast völlig eingestellt wurde, auch bevorzugt im Sediment von Gewässern ab. In der Giftigkeit ähneln PBDE den PCB. Unter anderem können sie das Immunsystem und die hormonelle Steuerung der vorgeburtlichen Entwicklung stören und stehen im Verdacht, die Tumorbildung zu fördern.

### Überwachung muss sein

Die am Falken-Monitoring beteiligten Wissenschaftler sind sich einig: Diese Fakten zeigen eindeutig, wie dringend notwendig die Überwachung der POPs ist, und zugleich, dass Falkeneier als Bioindikatoren für die untersuchten Stoffe sehr gut geeignet sind. Ein Vergleich von Belastungsunterschieden mit Unterschieden im Bruterfolg auf lokaler und regionaler Basis sollte der Ermittlung von ursächlichen Zusammenhängen dienen und kann schließlich zur Ausschaltung lokaler Emittenten führen. Solche Untersuchungen sind allerdings nicht einfach, schon deshalb, weil aus Gründen des Falkenschutzes nur abgestorbene Eier untersucht werden können.

Nicht zuletzt zeigt die Untersuchung aber auch, dass die Vermeidung der Umweltbelastung durch langlebige organische Substanzen weiterhin intensiv vorangetrieben werden muss.

Iris Lehmann

### KONTAKT

Arbeitsgemeinschaft  
Wanderfalkenschutz (AGW)  
Geschäftsstelle Bad.-Württ.  
Jürgen Becht  
Eugenstraße 39  
73760 Ostfildern  
Tel. u. Fax: 0711/4579748  
jürgen.becht@suedien.de  
www.agw-bw.de

# Verbesserte Entgiftung

## Modelle zur Diagnose und Therapie nach radioaktiver Belastung

Radioaktive Stoffe soll der menschliche Körper so schnell wie möglich ausscheiden. Neue biokinetische Modelle ermöglichen verfeinerte Therapien.

### KONTAKT

Dr. Bastian Breustedt  
Forschungszentrum Karlsruhe, Hauptabteilung Sicherheit (HS), Bau 439, Postfach 3640  
76021 Karlsruhe  
Tel.: 07247/82-4756  
bastian.breustedt@hs.fzk.de  
www.hs-kes.de

Dr. Katja Zugenmaier  
Forschungszentrum Karlsruhe, Medizinische Abteilung (MED)  
H.-von-Helmholtz-Platz 1  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen  
Tel: 07247/82-2070  
Katja.Zugenmaier@med.fzk.de

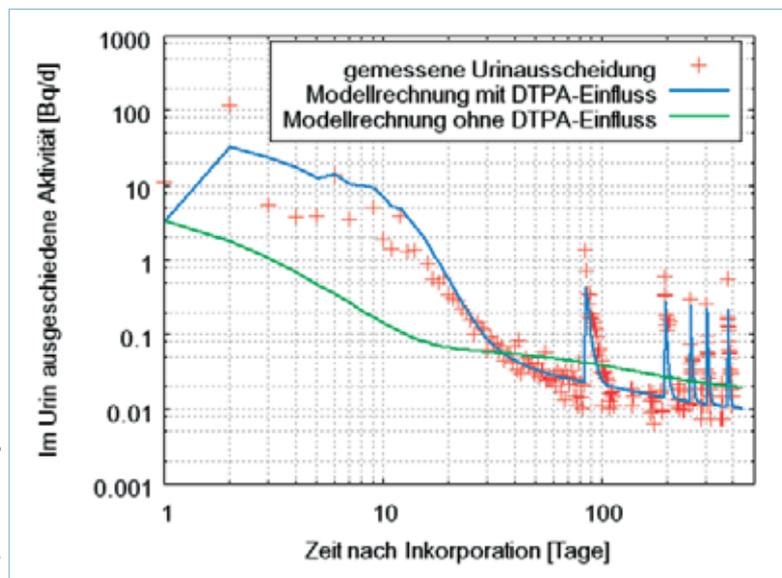
### PROJEKT

Projekttitel:

Entwicklung biokinetischer Modelle zur Beschreibung der Wirkung von DTPA im Hinblick auf die Diagnostik und Therapie bei Inkorporationen von Plutonium und anderen Transuranen

Projektlaufzeit:  
1/2005 bis 12/2007

Graphik: Forschungszentrum Karlsruhe



Auswertung eines Inkorporationsfalles nach Dekorporationstherapie; die Spitzen der blauen Kurve verdeutlichen die Ausscheidungsüberhöhung nach den DTPA-Gaben (deutlich erkennbar zum Beispiel am 83., 193. oder 252. Tag).

folgte radioaktive Anfangsbelastung abschätzen zu können. Um dies zu ermöglichen, beschäftigt sich eine Arbeitsgruppe am Forschungszentrum Karlsruhe mit der Entwicklung geeigneter mathematischer Modelle zur Beschreibung des Entgiftungsprozesses.

Neben der einzelfallbezogenen und realitätsnahen Abschätzung der radioaktiven Belastung soll das Modell den Therapeuten in die Lage versetzen, den Entgiftungseffekt wiederholter DTPA-Gaben bereits vorab simulieren zu können.

Nachdem die Wissenschaftler bereits ein erstes empirisch-mathematisches Grundmodell erarbeitet haben, ergänzen sie dieses nun um Faktoren, die eine verbesserte Erfassung individueller physiologischer Besonderheiten der Betroffenen ermöglichen. Ein Ergebnis der Modellrechnungen zeigt die unten stehende Abbildung. Dargestellt sind für einen realen Inkorporationsfall die nach einer jeweils

24-stündigen Sammeldauer gemessene Menge Plutonium im Urin sowie die Modellrechnung mit Berücksichtigung der DTPA-Effekte (FZK-Modell). Als Vergleich dient eine Rechnung ohne Berücksichtigung der DTPA-Wirkung gemäß dem Modell

der Internationalen Strahlenschutz-Kommission (ICRP).

Die Arbeitsgruppe entwickelt derzeit eine Software, die den Vergleich realer Falldaten mit den Zahlen des FZK-Modells erleichtert. Zusätzlich integrieren die Experten Faktoren in das Modell, die es erlauben, die Unterschiede in den gebräuchlichen DTPA-Formen – Calcium-DTPA und Zink-DTPA – zu erfassen.

### Europäische Kooperation

Parallel zu den Arbeiten am empirisch-mathematischen Modell modifizierten die Wissenschaftler das bestehende biokinetische (Kompartiment-)Modell der ICRP für den Plutoniumstoffwechsel, um die messbaren Effekte der DTPA-Therapie zu beschreiben. Im von der EU geförderten Projekt CONRAD (A Coordinated Network for Radiation Dosimetry) arbeitet das Team zusammen mit europäischen Kollegen an einem neuartigen Ansatz zur Modellierung der Dekorporationstherapie, wobei sie die biokinetischen Eigenschaften des Radionuklids und des Therapeutikums mathematisch getrennt betrachten. Durch die Modellierung der chemischen Reaktion von Plutonium und DTPA werden dann beide Systeme miteinander verknüpft. Erste Ansätze und die daraus resultierenden Probleme für dieses Modell wurden im Mai 2007 auf einer Konferenz im Forschungszentrum diskutiert und in einem Modellentwurf zusammengefasst. Die CONRAD-Arbeitsgruppe will dieses Modell weiter entwickeln. Die Arbeiten werden helfen, die Entgiftungstherapie individuell zu verfeinern und damit verträglicher zu gestalten.

Peter Streiff

# Leuchtende Nanopartikel

## Optimierte Markierungstechnik zur Festlegung von Grundwasser-Schutzgebieten

Fluoreszierende Mikrokügelchen belegen, dass eingetragene Bakterien im Grundwasser länger existieren als bisher angenommen. Forscher empfehlen daher, Schutzgebiete zu vergrößern.

Örtliche Wasserversorger müssen Schutzzonen rund um die zur Trinkwasserversorgung genutzten Quellen ausweisen. Um die Größe dieser Schutzzonen festzulegen, führen Fachleute üblicherweise Markierungsversuche – auch Färbe- oder Tracerversuche genannt – im Grundwasser durch. Die dafür bisher verwendeten, in Wasser gelösten, fluoreszierenden Farbstoffe weichen jedoch in ihrem Transportverhalten signifikant von dem von Bakterien ab. Zudem können sie nur eingeschränkt verwendet werden, um eine Verfärbung des Quellwassers ausschließen zu können.

### Freiland- und Laborversuche

Als Alternative setzten die Bearbeiter deshalb in diesem Projekt unterschiedlich große, fluoreszierende Polystyrolpartikel als Partikeltracer ein. Diese kleinen Kügelchen sind im Wasser unsichtbar sowie human- und ökotoxikologisch unbedenklich.

Mit diesen Markierungsversuchen will man eine spezifische Gefahrenbewertung der Grundwasservorkommen optimieren, um potenzielle Beeinträchtigungen durch mikrobielle Ver-

unreinigungen besser beurteilen zu können.

Im Verlauf des Projekts führten die Forscher des geologischen Instituts Markierungsversuche in allen in Baden-Württemberg vorkommenden Grundwasserleitern durch: in Karst-, Kluft- und Porengrundwasserleitern. Sie zählten die Partikel erstmalig mittels eines Partikelzählers mit Fluoreszenzdetektion sowie an einem Fluoreszenzmikroskop aus und verglichen die Ergebnisse mit Messungen an einem Spektralfluorimeter. Als günstig haben sich gelb-grün oder rot fluoreszierende Polystyrolpartikel mit einer Größe von einem Mikrometer erwiesen.

Im Karstgrundwasserleiter des Hölloch-Höhlsystems im Allgäu zeigten Versuche bei Hochwasser, dass sowohl gelöste als auch Partikeltracer nicht nur sehr viel schneller, sondern auch in viel höherer Konzentration transportiert werden können als bei Niedrigwasser. Zudem hat das Partnerinstitut Centre d'Hydrogéologie de Neuchâtel Laborversuche mit Partikeltracern, gelösten Farbstoffen, Salzen und Mikroorganismen durchgeführt. Dabei zeigten die Partikeltracer unabhängig vom gewähl-

ten Substrat ein deutlich ausgeprägteres „Tailing“ der Kurve als Farbstoffe oder Salze. Dies bedeutet für die Praxis, dass eine mikrobielle Verunreinigung im Grundwasserleiter über einen längeren Zeitraum bestehen wird als die bisher verwendeten Markierungsmittel anzeigen.

Eine erstmals getestete Methode ermöglicht es, Partikeltracer online mit einem Laborfluorimeter zu messen. Zur Auswertung der gewonnenen Daten entwickelten die Forscher ein separates Basic-Programm und gewannen dadurch ein Hilfsmittel, um das prinzipielle Transportverhalten sowohl der Partikeltracer als auch der Mikroorganismen besser zu verstehen.

### Schutzgebiete vergrößern!

Die Messergebnisse zeigen, dass bei der Ausweisung von Schutzgebieten bisher die hygienische Gefährdung von Grundwasser durch Keime mit einer Größe von einem Mikrometer (beispielsweise Bakterien) unterschätzt wurde. Daher empfiehlt das Geologen-Team um Professor Hötzl eine entsprechende Vergrößerung der Schutzgebiete.

*Peter Streiff*

### KONTAKT

Dipl.-Geol. Nadine Göppert  
Prof. Dr. Heinz Hötzl  
Universität Karlsruhe,  
Geologisches Institut  
Kaiserstr. 12  
76131 Karlsruhe  
Tel.: 0721/608-7764  
goeppert@agk.uka.de  
www.agk.uni-karlsruhe.de

### PROJEKT

Projekttitel:  
Entwicklung einer optimierten Tracertechnik unter Verwendung von fluoreszierenden Mikrokügelchen zur Bewertung der hygienischen Gefährdung von Grundwässern

Projektlaufzeit:  
3/2004 bis 2/2007



Angewandte Geophysik:  
Für das geoelektrische Tiefenprofil ist neben 160 Metern Kabel mit 32 Elektroden ein Steuergerät mit Batterien im Einsatz.

Rechts: Eingabe der Markierungsmittel in den Porengrundwasserleiter bei Merdingen südöstlich des Kaiserstuhls

Bilder: Nico Goldscheider

# Aber bitte mit Filter!

## Optimierung der katalytischen Emissionsverminderung bei Holzfeuerungen

Kleine Holzöfen dürfen weiter rauchen – in Zukunft jedoch möglichst mit Filter. Ein neu entwickeltes katalytisches Abgasreinigungssystem soll Staub und Ruß deutlich reduzieren und nicht zuletzt einfach handhabbar sein.

### KONTAKT

Dr.-Ing. Egon Erich  
Institut für Energie- und  
Umwelttechnik e.V.  
Bliersheimer Straße 60  
47229 Duisburg  
Tel.: 02065/418-268  
erich@iuta.de  
www.iuta.de

Peter Neisecke  
LUBW  
Hertzstr. 173  
76187 Karlsruhe  
Tel.: 0721/5600-2297  
peter.neisecke@lubw.bwl.de  
www.lubw.baden-  
wuerttemberg.de

### PROJEKT

Projekttitel:  
Entstäubung und Optimie-  
rung der katalytischen  
Emissionsverminderung von  
Rauchgasen aus holz-  
betriebenen Klein- und  
Kleinstfeuerungsanlagen

Projektlaufzeit:  
4/2006 bis 3/2008

**E**in Großteil der aus privaten Feuerungsanlagen emittierten Staub-, Kohlenmonoxid- (CO) und Kohlenwasserstoffmengen resultieren aus der Verbrennung von Holz. Die ungefilterten Rauchschwaden aus privaten Schornsteinen führten zwar schon oft zu Streit unter Nachbarn. In Anbetracht der steigenden Öl- und Gaspreise ist hierzulande jedoch mit einer Zunahme von Holzfeuerungen, insbesondere auch von Pelletheizungen, zu rechnen.

Die Bearbeiter sollen im Zuge dieses Projekts ein Verfahren entwickeln, das gasförmige und feste Emissionen aus den Rauchgasen holzbetriebener Kleinfeuerungsanlagen vermindert – und dies mit möglichst einfacher Handhabung.

### Beheizter Katalysator

Eine Forschergruppe am Duisburger Institut für Energie- und Umwelttechnik (IUTA) erarbeitete ein katalytisches Abgasreinigungssystem auf der Basis von gereinigten Edelstahlspänen, die bei der spanenden Metallbearbeitung anfallen. Die Forscher belegten diese Produktionsrückstände mit verschiedenen Übergangsmetallen und bauten sie zu Oxidationskatalysatoren auf, die Kohlenwasserstoffe und Kohlenmonoxid in ungiftiges Kohlendioxid und Wasserdampf

umsetzen. Eine erste Testreihe zeigte, dass die Emissionen aus dem Rauchgas dann am besten reduziert werden, wenn der Katalysator sofort ab Feuerungsbeginn die Arbeitstemperatur von mindestens 330 °C aufweist. Dadurch scheiden sich Ruß- und Staubpartikel an der Katalysatorkartusche im Ofenrohr ab. Der Ruß wird dort anschließend verbrannt. Die Wissenschaftler führten Messungen zur Staubminderung im Rauchgas sowohl summarisch mittels Planfiltern als auch mit einem „Johnas-Impaktor“ (erlaubt die Messung der Emissionskonzentration in einem breiteren Spektrum: PM 2,5 bis 10) durch, um Aussagen über das Partikelspektrum zu erhalten. Die gemessene Minderung der Staubemission lag bei 74 Prozent für Partikel größer als 2,5 µm. Den Kohlenwasserstoffumsatz bestimmten die

Experten, indem sie die Konzentrationen vor und nach dem Katalysatorsystem ermittelten. Zum Einsatz kamen zwei gleichzeitig betriebene Prozessgaschromatographen mit Flammenionisationsdetektoren. Die erzielten Umsätze von Kohlenwasserstoffen waren mit 80 bis 90 Prozent überraschend gut, erfordern jedoch weitere Messreihen.

### Praxisgerechte Ausführung

Die Versuche erfolgten an einem Scheitholzofen herkömmlicher Bauart mit sechs Kilowatt Leistung. Es gelang, die linsenförmige Katalysatorkartusche so zu konstruieren, dass die Teilbereiche Katalyse, Vorheizung des Katalysators, Staubabscheidung und Rußverbrennung in einer kompakten und robusten Einheit integriert sind. Die zur Aufnahme der Heizpatrone genutzte Hülse dient dabei gleichzeitig als Auflager und Drehachse der Kartusche für den Ein- und Ausbau. Die Kartusche ist durch eine Revisionsklappe einfach im Ofenrohr einzusetzen und kann zu Reinigungszwecken – parallel zur Reinigung des Aschekastens – demontiert werden. Zum Abschluss werden drei solcher Abgasreinigungssysteme im Rahmen eines Feldversuchs in Privathaushalten getestet.

*Peter Streiff*

Die Katalysatorkartusche mit integrierter Heizpatrone kann durch eine Revisionsklappe einfach ein- und ausgebaut werden.

Bei den ersten Versuchen gab es noch zu starke Ruß- und Staubablagerungen an der Unterseite der Katalysatorkartusche (links).



Bilder: IUTA

# Messtechnik für seriöse Basis

## Gefährliche Kohlenwasserstoffe korrekt erfassen

Die Konzentration von Schadstoffen in der Luft wird vom Gesetzgeber streng reglementiert. Um dafür über eine seriöse Grundlage zu verfügen, muss die Messung der Substanzen von hoher Genauigkeit sein. Bei Kohlenwasserstoff-Aromaten ist dies aber nicht so einfach.

**H**ochgiftige polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, kurz PAK genannt, entstehen bei der Verbrennung von Holz, Öl, Gas oder auch Kohle – beim Grillfest in Nachbars Garten ebenso wie in einem Automotor oder in einem Kraftwerk. Bei der Verbrennung entstehen sehr viele verschiedene Kohlenwasserstoffe, für die man Leitsubstanzen wählt.

Dabei hat man sich in Deutschland im Fall der PAK für eine Substanz entschieden, die als einer der stärksten Krebsverursacher gilt und zugleich eine der weltweit bestuntersuchten Substanzen dieser Kohlenwasserstoff-Klasse ist: Benzo[a]pyren (BaP). Der aus fünf Kohlenstoffringen bestehende Stoff lagert sich bei Verbrennungen zum größten Teil an der entstehenden Asche und anderen winzigen festen Teilen an. Nur wenig BaP liegt gasförmig als Luftbestandteil vor.

### Reaktionsfreudiges Gasmisch

Um die Belastung der Luft zum Beispiel entlang einer Straße zu testen, leitet man die Luft durch ein Messgerät und analysiert die Bestandteile chemisch. Doch die Chemiker haben dabei ein Problem: In der Luft, die ja ein Gasmisch darstellt, befinden sich zahlreiche, zum Teil sehr reaktionsfreudige Substanzen, welche die Zusammensetzung im Probenahme- und Messgerät verändern können.

Ein besonders schwieriger Kandidat ist dabei das Ozon, das insbesondere im Sommer auch auf Höhe der Luftsammler mitunter in größerer Konzentration auftritt. Es wurde festgestellt, dass Ozon mit Benzo[a]pyren-Molekülen re-

agiert und diese dabei so verändert, dass sie nicht mehr in der Analyse auftauchen. Ein Effekt, den man als Ozon-Querempfindlichkeit bezeichnet. Der im Labor schließlich ermittelte Messwert liegt als Folge dieser „Quer-Reaktionen“ unter dem tatsächlich in der Umgebungsluft vorliegenden Gehalt.

### Waschanlage für die Luft

Um die Reaktion des Ozons mit dem BaP zu verhindern, gibt es eine Möglichkeit: nämlich das Ozon vor der Analyse aus dem Gasmisch im Probenahmegerät zu entfernen. Anfangs die UMEG und in deren Nachfolge die LUBW sowie die Firma Rupprecht & Patashnick Co. aus New York experimentierten bei der Entwicklung ihres neuen Probenahmekopfs zu diesem Zweck mit besonderen Filtern mit wabenförmig angeordneten Kanälen, die Ozon-Denuder (Ozon-Wäscher) ge-

nannt werden. Nach deren Einbau fließt die Luft zuerst durch zwei Abscheider, die alle Teilchen, die größer als zehn Mikrometer sind, sofort aus dem Gasstrom filtern – und dann in die Ozon-Waschanlage. Erst danach werden die noch enthaltenen Substanzen für die Analyse zum Beispiel an einem Polyurethan-Schaum gebunden.

### Fazit

Nach eingehender Prüfung des neuen Probenahmekopfes zogen Dr. Harald Creutzmacher von der LUBW und Klaus Huber, der an der Fachhochschule Offenburg studiert, ein positives Fazit: Als Ergebnis könne festgehalten werden, „dass für die Benzo[a]pyren-Immissionsmessung eine deutliche Ozon-Querempfindlichkeit besteht, die unter Einsatz des neuen Ozon-Denuders vermieden werden kann.“

*Iris Lehmann*

### KONTAKT

Dr. Harald Creutzmacher  
LUBW  
Großoberfeld 3  
76135 Karlsruhe  
Tel.: 0721/5600-3130  
harald.creutzmacher@  
lubw.bwl.de  
www.lubw.baden-  
wuerttemberg.de

### PROJEKT

Projekttitel:  
Ozon-Querempfindlichkeit  
bei Immissionsmessungen  
von schwebstaub-  
akkumuliertem  
Benzo[a]pyren  
Projektlaufzeit:  
fortdauernd



Außenluftmesser mit  
zwei Sammlern im  
Parallelbetrieb  
Rechts:  
Vollständige  
Sammelkartusche  
Bilder: LUBW

# Miese Akustik, schlechte Klasse

## Lärm und Leistung in der Schule hängen zusammen

Wer den Höllenlärm auf vielen Schulhöfen in den Pausen kennt, empfindet die Zeiten während des Unterrichts als leise. Tatsächlich sind die Klassenräume aber keineswegs Oasen der Ruhe. Eine Untersuchung stellt eine klare Leistungsminderung der Schüler durch zu lange Nachhallzeiten im Klassenzimmer fest.

### KONTAKT

Dr. Maria Klatte  
Parmenides Learning-  
to-Think-Stiftung  
Kardinal-Faulhaber-Str. 14a  
80333 München  
maria.klatte@parmenides-  
foundation.org

Prof. Dr. Jürgen Hellbrück  
Kath. Universität Eichstätt-  
Ingolstadt, IZG  
Ostenstraße 26-28  
85072 Eichstätt  
Tel.: 08421/93-1410  
juergen.hellbrueck@ku-  
eichstaett.de  
www.ku-eichstaett.de

Dr.-Ing. Philip Leistner  
Fraunhofer Institut für  
Bauphysik IBP  
Nobelstr. 12  
70569 Stuttgart  
Tel.: 0711/970-3346  
Philip.Leistner@ibp-  
fraunhofer.de  
www.ibp.fraunhofer.de/  
akustik

### PROJEKT

Projekttitel:  
Lärm in der schulischen  
Umwelt und kognitive  
Leistungen bei Grund-  
schulkindern

Projektlaufzeit:  
10/2003 bis 8/2006

**L**ärm wirkt leistungsmindernd und ist nichts, an was sich Menschen gewöhnen können. Das haben Wissenschaftler schon lange bewiesen. Selbst wenn der Betroffene keine Störung empfindet, ja, sogar wenn er schläft und nicht aufwacht, treibt Lärm den Adrenalin-Spiegel in die Höhe und fördert die Ausschüttung von Cortison. Dabei wirkt auch schon eine vergleichsweise geringfügige Erhöhung der Lautstärke. Gerade in Schulen, in denen Schülern über lange Zeit eine hohe Konzentrationsleistung abverlangt wird, kann eine kaum merkbare Störung eine Kettenreaktion in Gang setzen, die das Lernen negativ beeinflusst:

Wenn Klassenzimmer keine geeignete Akustik aufweisen, so hallt jedes gesprochene Wort, jedes Stühlerücken nach. Die Geräusche mischen sich, die Anweisungen des Lehrers werden für die Schüler schwerer verständlich, die Konzentration lässt nach, das Tuscheln

nimmt zu. Schon muss der Lehrer die Schüler vermehrt ermahnen, muss mehr reden, mit erhöhter Stimme sprechen. Der Lärm nimmt immer weiter zu, am Ende stehen im Extremfall entnervte Lehrer und demotivierte Schüler.

### Tatort Schule

Was andere im Labor schon häufig nachgewiesen und in der Theorie hergeleitet haben, gelang Wissenschaftlern dreier Institutionen in einer umfassenden praktischen Studie, direkt am „Tatort“ Schule, nachzuweisen. An acht Schulen in der Region Stuttgart wurden 60 Klassenräume akustisch auf Herz und Nieren geprüft. 487 Kinder aus 17 zweiten und vier ersten Schulklassen konnten ihre Meinung über den Lärm mit Hilfe eines Fragebogens abgeben und nahmen an einem Test teil, im Zuge dessen die Forscher den Einfluss durch akustisch geeignete und weniger geeignete Klassenräume un-

tersucht haben. Die akustischen Messungen führte das Fraunhofer-Institut für Bauphysik durch, das psychologische Know-how steuerten die Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg und die Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt bei.

### Wichtige Kenngröße: die Nachhallzeit

Das entscheidende Kriterium für die Auswahl der acht Schulen mit ihren jeweiligen Klassenräumen war die Nachhallzeit, die traditionell wichtigste Kenngröße der Raumakustik. Der Nachhall ist physikalisch als die Zeitspanne definiert, in der ein bekannter Schallpegel nach Abschalten der Schallquelle um 60 Dezibel fällt. Zwar spielen beim Nachhallverhalten auch die im Raum befindlichen Personen und deren Bekleidung eine große Rolle, doch haben die Bearbeiter diesen Effekt wegen des hohen Aufwands und aufgrund der Tatsache außen vor gelassen, dass dieser Faktor sowieso kaum beeinflusst werden kann. Im Zuge der Messungen stellte sich heraus, dass die Spanne der Nachhallzeiten in den untersuchten Schulräumen zwischen 0,5 und 1,1 Sekunden liegt. Die DIN-Vorgaben empfehlen bislang den Wert 0,7 für unbesetzte Räume.

Je länger der Nachhall in einem Raum ist, desto stärker verdecken just gesprochene die nachfolgenden Silben durch den zu langen Abklingvorgang. Das Sprachsignal wird verzerrt, was die Sprachverständlichkeit verschlechtert und den Lärmpegel steigen lässt. Während Erwachsene mit der Verzerrung der Sprache noch vergleichsweise gut



Die Nachhallzeit hat entscheidenden Einfluss auf den Lärmpegel und damit die Aufnahmefähigkeit von Schülern.

Bild: K. Winterle



umgehen können, weil ihre Erfahrung die akustisch nicht identifizierbaren Bruchstücke weitgehend ergänzt, haben Kinder diese Möglichkeit nicht. Volles Sprachverständnis sei, so die Forscher, erst im Alter von circa 14 Jahren erreicht.

Die Akustiker des Fraunhofer-Instituts stellten fest, dass die günstigen akustischen Werte einzelner Schulen nicht mit der Verwendung besonderer Baumaterialien zusammenhängen, sondern vielmehr ihren Grund in der Gesamtkonzeption des Schulgebäudes hatten. Insgesamt zeigte die Untersuchung, dass mehrgeschossige Gebäude die Ansprüche an die Trittschalldämmung generell nicht halten konnten und auch die Lärmübertragung zwischen den Räumen auf einer Ebene zu groß war. Ein Schwachpunkt stellten dabei die Türen dar.

### Lärm mindert Leistung

Um herauszufinden, wie sich unterschiedliches Nachhallverhalten konkret auswirkt, bekamen die Kinder jeweils im Klassenverband Testaufgaben gestellt, die sie einmal in ihrem Klassenzimmer und das andere Mal in einem besonders mit Schallabsorberplatten präparierten Untersuchungs-

raum bearbeiteten. Die Tests bezogen sich insbesondere auf das Sprachverständnis der Schüler, auf die Wahrnehmung und Lautverarbeitung, aber auch auf das Gedächtnis und die Konzentrationsfähigkeit – so genannte „kognitive Leistungen“, die als wesentliche Voraussetzungen für den Schriftspracherwerb gelten.

### Fee oder See?

Eine Aufgabe bestand darin, ähnlich klingende Wörter wie zum Beispiel „Fee“, „Reh“ und „See“ zu unterscheiden. Sowohl bei den Erst- als auch bei den Zweitklässlern konnten die Forscher signifikante Wirkungen der Nachhallzeit auf die Leistung der Schüler feststellen: Die Kinder, in deren Klassenräumen eine deutlich längere Nachhallzeit als in den Untersuchungsräumen feststellbar war, verbesserten sich in den akustisch optimierten Untersuchungsräumen erheblich.

Bei jenen Kindern, deren Klassenräume an sich schon vergleichsweise gute Werte aufwiesen, war dagegen im Untersuchungsraum keine Leistungserhöhung nachzuweisen.

Besonders drastisch wirkte sich der Nachhalleinfluss bei den Jüngsten aus: Die Erstklässler konnten ihre Leistung

im stilleren Testraum um ganze zehn Prozent steigern.

Die Wirkungen der Nachhallzeit auf die konkrete Aufgabe, bestimmte Wörter nach enthaltenen Lauten zu gruppieren und zuzuordnen, unterschieden sich ebenfalls je nach Klassenraum deutlich. Die Kinder in den akustisch ungünstigen Klassenräumen erbrachten eine erkennbar schlechtere Leistung als die in akustisch günstigen Räumen unterrichteten. Die Wissenschaftler hatten zuvor sichergestellt, dass die Gruppen bei Intelligenztests, die nicht auf den Umgang mit Sprache abzielten, keinerlei Unterschiede aufwiesen.

### Stimmt oder stimmt nicht

Nicht zuletzt ging aus der Befragung der Kinder, bei der diese jeweils nur mit „stimmt“ oder „stimmt nicht“ auf Fragen antworten mussten, hervor, dass sich der durch schlechte Nachhalleigenschaften verursachte Lärm auch auf die Befindlichkeit der Kids auswirkt. Die Kleinen aus den ungünstigen Räumen fühlten sich durch den Lärm in der Klasse stärker gestört, ihre Lehrer schimpften nach ihrem Eindruck insgesamt öfter und sie beurteilten das „Klassenklima“ schlechter. Wobei auch hier die Forscher durch Auswertung „geräuschneutraler“ Punkte des Fragebogens herausfanden, dass in diesen Klassen insgesamt kein schlechteres Schüler-Lehrer-Verhältnis bestand. Höchste Zeit also, zu Gunsten von Schülern und Lehrern das Thema Lärm ernst zu nehmen. Grundsätzlich schlagen die Forscher vor, beim Schulbau und bei der Sanierung von Schulen eine Nachhallzeit im unbesetzten Zustand von 0,5 Sekunden plus/minus zehn Prozent im Hörfrequenzbereich verbindlich zu berücksichtigen. Klassenräume mit Nachhallzeiten über einer Sekunde sollten umgehend saniert werden. Würde das Problem bereits bei der Gebäudekonzeption bedacht, wäre es mit nur geringen Mehrkosten zu lösen, so die Erkenntnis der Lärm-Experten.

*Iris Lehmann*

Testunterricht in einem lärmoptimierten Schulraum. Neben der Türe sind Schall schluckende Elemente angebracht.

*Bild: M. Klatte*



# Biologische Vielfalt erhalten

## Deutschland ist 2008 Gastgeber einer Konferenz zur Biodiversität

Alle reden vom Wert der Biologischen Vielfalt, auch immer mehr nationale und internationale Übereinkommen befassen sich damit. In Baden-Württemberg geht man nun daran, einen Aktionsplan in die Tat umzusetzen. Hervorgehoben werden dabei gefährdete heimische Arten, die sich als Sympathieträger eignen.

Am Rappenfelsen und im St. Wilhelmer Tal findet sich eine Vielfalt an Arten, Biototypen und Strukturen (NSG Feldberg).

Bild: M. Witschel

### KONTAKT

Dr. Luise Murmann-Kristen  
LUBW  
Griesbachstr. 1  
76185 Karlsruhe  
Tel.: 0721/5600-1284  
luise.murmann-kristen@lubw.bwl.de  
www.lubw.baden-wuerttemberg.de

### WEB-LINK

Deutschland ist vom 19. bis zum 30. Mai 2008 Gastgeber der 9. UN-Naturschutzkonferenz – der Konvention über die biologische Vielfalt.

www.bmu.de/naturschutz\_biologische\_vielfalt

Seit bei der Konferenz von Rio 1992 das Übereinkommen zum Schutz der Biologischen Vielfalt verabschiedet wurde, ist das Thema weltweit auf der Tagesordnung. Im Jahr 2008 findet bereits die 9. Vertragsstaatenkonferenz zur Umsetzung der Konvention statt. Gastgeber ist diesmal Deutschland. Auch auf EU-Ebene gibt es zahlreiche Bestrebungen zur Sicherung der Biodiversität, so die 2006 veröffentlichten „Mitteilungen der Kommission – Eindämmung des Verlustes der Biologischen Vielfalt bis zum Jahr 2010 – und darüber hinaus“ (KOM (2006) 216). Die Bundesregierung erarbeitet in Abstimmung mit den Bundesländern eine Nationale Strategie zur Erhaltung der biologischen Vielfalt.

### Aktivitäten im Land

Die Sicherung der Biologischen Vielfalt ist die wichtigste Naturschutz-Aufgabe.

Ausweisung und Management von Schutzgebieten, die Sicherung der gesetzlich geschützten Biotope, die umfangreichen Arbeiten zur Umsetzung der europäischen Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie sowie der Vogelschutzrichtlinie, das Artenschutzprogramm, integrative Naturschutzprojekte wie PLENUM und in jüngster Zeit auch die Vorarbeiten für einen landesweiten Biotopverbund: Alle diese Aktivitäten der Naturschutzverwaltung sind Beiträge zur Sicherung der Biodiversität.

Die Landesregierung möchte in dieser Legislaturperiode darüber hinaus einen Aktionsplan zur Erhaltung der Biodiversität umsetzen. In Vorbereitung hierzu werden Listen von Arten und Lebensräumen erstellt, die für Aktionen besonders geeignet erscheinen. Kriterien für die Auswahl sind: besondere Verantwortung Baden-Württembergs für die Erhaltung, etwa weil Art

oder Lebensraum hier den Arealsschwerpunkt haben oder wesentliche Teile der Population einer Art hier vorkommen, Gefährdung, zugleich aber nicht zu große Seltenheit, die Möglichkeit, an den Arten und Lebensräumen Funktionszusammenhänge und allgemeine Gefährdungsfaktoren darzustellen und nicht zuletzt auch ihre Eignung, als Sympathieträger für den Naturschutz zu dienen. Gerade dieser letzte Punkt ist wichtig, kann Naturschutz doch immer nur mit den Akteuren vor Ort betrieben werden. Doch man schützt vor allem das, was man kennt und liebt. Handlungsfelder für den Aktionsplan sollen in den kommenden Monaten konkretisiert und Partner zur Umsetzung gefunden werden, den Gemeinden soll dabei eine wichtige Rolle zukommen.

Als Zukunftsthema für den Naturschutz und zugleich Beitrag zur Nachhaltigkeitsstrategie soll die Frage „Klimawandel und zuwandernde Arten“ behandelt werden. Ziel ist eine verbesserte Bewertungsmöglichkeit von Zuwanderern. Neue Arten können als Krankheitserreger und Schädlinge wirken und Ökosysteme aus dem Gleichgewicht bringen („invasive Arten“), möglich ist aber auch, dass Zuwanderer im Klimawandel entstehende Nischen besetzen und so zur Sicherung der Biodiversität beitragen.

Luise Murmann-Kristen



*Oedipoda coerulescens*  
(Blaufügelige Ödlandschrecke), aufgenommen auf der Binnendüne Hirschacker bei Schwetzingen

Bild: Th. Sattler

# Alte und neue Bodenbeläge

## Eine Grundlagenuntersuchung, ihre Umsetzung und deren Bewertung

Dem Bodensee wurde in den letzten Jahren intensiv auf den Grund gegangen: Zunächst erbrachte eine gemeinsame Basisuntersuchung der Anrainerstaaten wertvolle Erkenntnisse zur Schadstoffbelastung der Sedimente. Die Ergebnisse gingen in einen Planungsleitfaden ein, der die Verbringung von Baggergut in den See regelt. Die Frage, ob und wie sich Tiere und Pflanzen nach dieser Verbringung ansiedeln, beantwortet ein weiteres Projekt.

**N**icht nur die in den Sedimenten lebenden Tiere sind auf einen guten ökologischen Zustand des Bodensee-Seebodens angewiesen. Die Prozesse am Seegrund wirken sich auch auf die Qualität des gesamten Wasserkörpers sowie auf Fische und Plankton aus. Dr. Heinz-Gerd Schröder, Leiter des Instituts für Seenforschung (ISF) an der LUBW, betont die Bedeutung des Seebodens: „Er ist nicht nur Ablagerungsort für alles, was im See absinkt. Hier finden vielmehr chemische und biologische Stoffumsetzungen statt, die das gesamte Ökosystem beeinflussen.“

Das ISF in Langenargen führte von 2003 bis 2006 das Projekt „Bodensee-Untersuchung-Seeboden“ durch. Das breit angelegte „BUS“-Projekt wurde

von der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) sowie dem Interreg-III-A-Programm Alpenrhein – Bodensee – Hochrhein gefördert.

### Wühlen im Schlamm

Nun ist der Bodenseeboden keinesfalls eine Terra incognita. Umweltökologische Untersuchungen gibt es seit Mitte der sechziger Jahre. Eine seeweite Bestandsaufnahme war jedoch überfällig: Die Messmethoden haben sich deutlich verbessert und auch der wissenschaftliche Fortschritt fordert seinen Tribut. So gibt es zahlreiche neue, neu bewertete und veränderte Messparameter, zum Beispiel unter den Indikatoren zur Beurteilung der ökologischen Qualität.

„Rund 900 Parameter haben wir flächendeckend untersucht – ein Vielfaches dessen, was frühere Untersuchungen geleistet haben“, beschreibt Projektkoordinator Dr. Martin Wessels das akribische Wühlen im Schlamm. Die Ergebnisse bestätigen das, was auch Untersuchungen der anderen See-Lebensräume vermuten ließen: Der ökologische Zustand des Bodensees hat sich dank vieler Sanierungsmaßnahmen in den letzten zwei Dekaden deutlich verbessert. So ist der Nährstoffgehalt im Wasser wieder auf das Niveau der fünfziger Jahre zurückgegangen.

Die Sedimente setzen derzeit im Obersee kaum Nährstoffe und Schadstoffe frei. Dank zunehmend besserer Sauerstoffverhältnisse werden Metalle und

### KONTAKT

Dr. Martin Wessels  
LUBW – Institut für Seenforschung (ISF)  
Argenweg 50/1  
88085 Langenargen  
Tel.: 07543/304-171  
martin.wessels@lubw.bwl.de  
www.lubw.baden-wuerttemberg.de

### PROJEKT

Projekttitel 1:  
Bodensee-Untersuchung-Seeboden

Projektlaufzeit:  
7/2003 bis 6/2006

Projekttitel 2:  
Untersuchung zur Wiederbesiedlung des Seebodens nach der Verbringung von Baggergut im Bodensee

Projektlaufzeit:  
7/2005 bis 11/2006



Von Zeit zu Zeit müssen Häfen und Fahrrinnen im Bodensee ausgebagert werden. Soll das Baggergut künftig im See abgelagert werden?

Bild: ISF

Die Wissenschaftler des Langenargener Instituts für Seenforschung bei der „Feldforschung“

Bilder: ISF



Phosphor besser im Seegrund gebunden. Allerdings gilt es, diese guten Bedingungen auch in Zukunft zu sichern – also auch bei Klimaveränderungen und eventuell wärmerem Wasser. „Denn je mehr sich im Boden anreichert, desto mehr kann sich bei ungünstigen Bedingungen wieder lösen“, warnt Martin Wessels.

Die untersuchten Sedimentkerne beweisen, dass sich auch die Schadstoffbelastung in den letzten Jahrzehnten deutlich verringert hat. Einzige Ausnahme sind die als Flammenschutzmit-

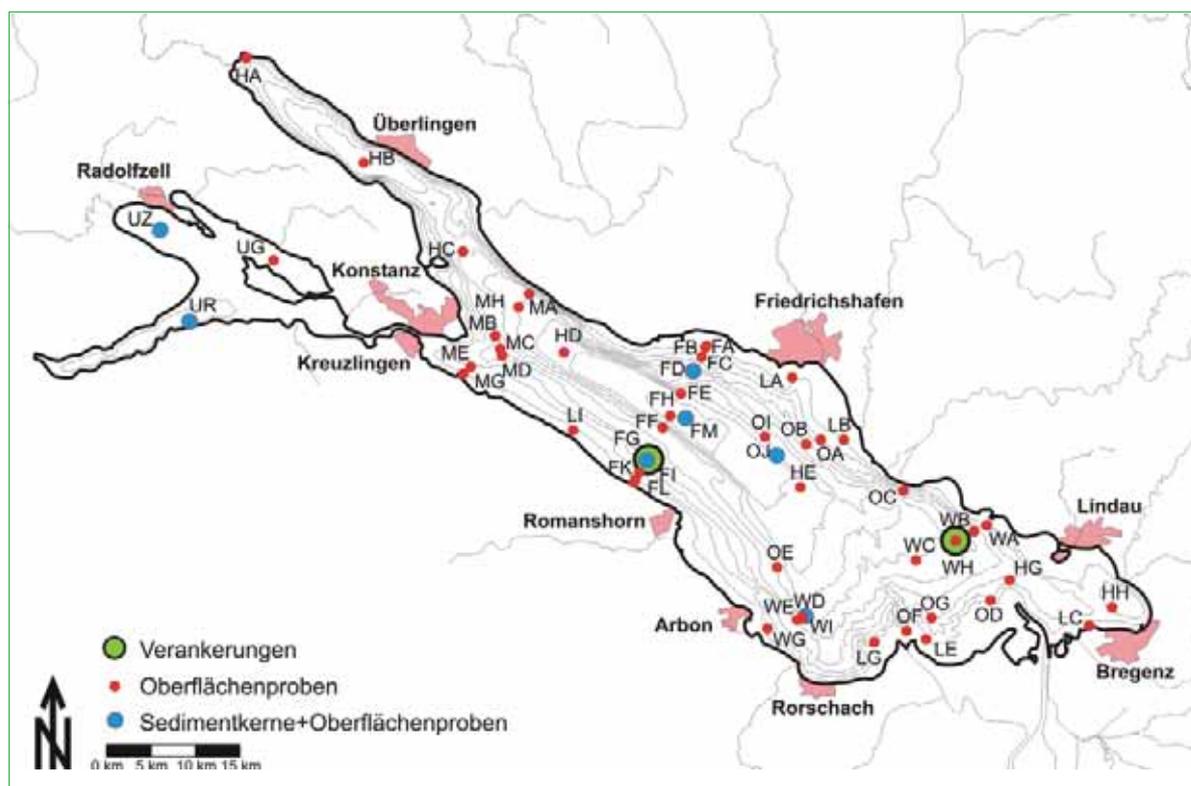
tel eingesetzten polybromierten Diphenyläther. „Sie reichern sich in der Nahrungskette an, doch über ihre Auswirkungen wissen wir derzeit noch wenig. Man sollte diese Stoffe im Auge behalten“, stellt Wessels fest.

### Sedimente als „Umweltarchiv“

Verschlechterungen und Verbesserungen der ökologischen Situation werden im „Umweltarchiv Sediment“ über lange Zeit dokumentiert. So lassen sich aus dem BUS-Projekt wichtige

Erkenntnisse im Hinblick auf den künftigen Gewässerschutz ableiten. Die neu geschaffene Datenbasis hat Maßstäbe gesetzt – und zum Beispiel auch inhaltliche Standards für den „Leitfaden Baggergut“ vorgegeben (siehe Kasten).

Der „Blick zurück“ in dieses Umweltarchiv ergab also konkrete Konsequenzen für das zukünftige Handeln. Da liegt es nahe, dass die Forscher vom ISF auch wissen wollten, welche Auswirkungen dieses Handeln, also das Verbringen von Baggergut im Boden-



Die Probenstellen für das „BUS-Projekt“ verteilen sich über das gesamte Seegebiet.

Graphik: ISF



see, auf die Organismen hat. Das Umweltministerium Baden-Württemberg finanzierte ein entsprechendes Untersuchungsprojekt und wurde damit nicht zuletzt auch dem bereits 2001 formulierten Anspruch gerecht: „Eine Verlagerung im See ist unseres Erachtens nur dann möglich, wenn anhand von Untersuchungen sichergestellt ist, dass das Baggergut von Schadstoffen frei ist und die Verbringung keine Beeinträchtigungen für den See und die darin lebenden Organismen zur Folge hat.“

### Baggergut vom Hafen in den See

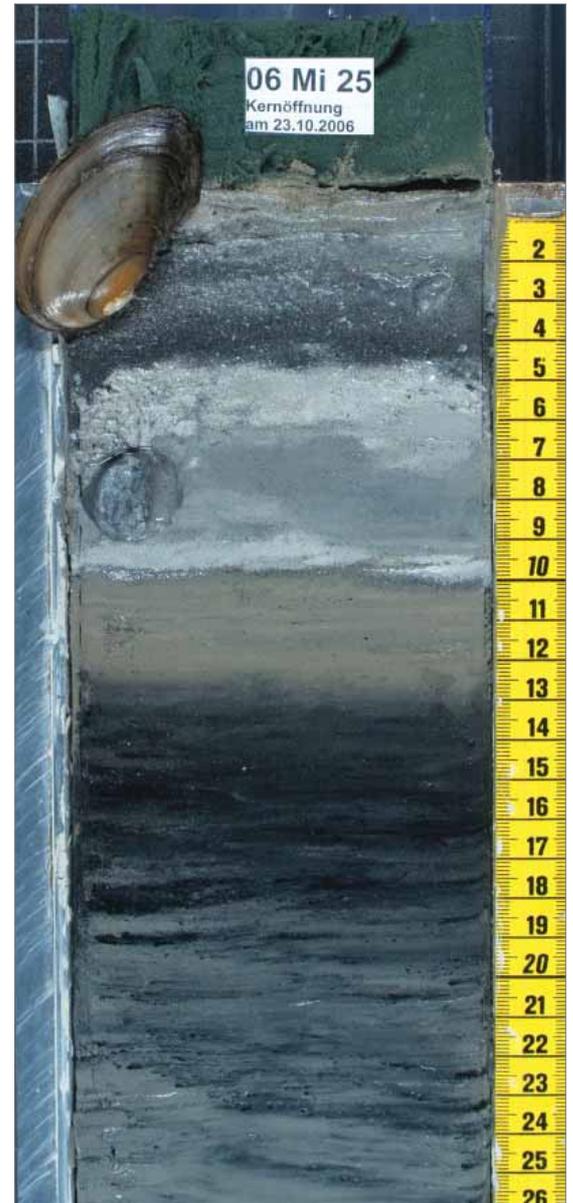
Es führt kein Weg daran vorbei: Hafenanlagen und Fahrrinnen im Bodensee müssen von Zeit zu Zeit ausgebaggert werden. Das Land Baden-Württemberg verwendete das Baggergut meist für nahe gelegene Renaturierungsmaßnahmen. Das „interne“ Abladen in anderen Teilen des Bodensees wurde in der Schweiz und in Österreich praktiziert und auch hierzulande gefordert.

Im April 2005 wurden nach genauer Prüfung vier Maßnahmen durchgeführt, drei in Baden-Württemberg, eine in Bayern. Vor dem Konstanzer Hörnle wurden zum Beispiel rund 10.000 Kubikmeter Baggergut von zum Teil grobem und nicht standortgerechtem Material auf einer Fläche von 250.000 Quadratmetern abgeladen.

Das Projekt-Untersuchungsfeld im Konstanzer Trichter, das die Wissenschaftler des ISF auswählten, hatte die Maße 250 mal 250 Meter und lag in 50 bis 70 Metern Tiefe. Hier nahmen sie nicht nur die Veränderungen am Boden unter die Lupe, sondern auch die entstehenden Trübstoffwolken im Wasser. Die Beobachtungen und Messungen sind zum Teil schon in den genannten Leitfaden eingeflossen.

Darüber hinaus stellten die Forscher fest, dass die Auswirkungen an den Entnahmestellen oft gravierender sind als an den Orten der Verbringung: Hier sind die Trübstoffe problematischer, und es wird teilweise in den „alten“ Seeboden eingegriffen. Das Institut für Seenforschung empfiehlt deshalb, zügig und umsichtig auszubaggern und die Tiefe der Ausbaggerungen besser zu kontrollieren. Zudem legt das ISF nahe, die eingebrachten Mengen und die genauen Ortsangaben bodenseeweit zu registrieren. Diskussionsrunden vor Ort mit Vertretern des Naturschutzes, der Trinkwasserversorgung oder der Fischerei zeigen, wie brisant das Thema Baggergut im Bodensee ist. Mit den vorliegenden Untersuchungen besitzt das Land Baden-Württemberg eine hervorragende und wissenschaftlich fundierte Grundlage, um sich in diese Diskussionen aktiv einzubringen.

Stefan Kriz



Zehn Zentimeter frisches Sediment auf dem alten Seeboden: Hier findet sich plötzlich eine Flachwassermuschel in großer Tiefe wieder.

Bilder: ISF

### Leitfaden Baggergut

Der Leitfaden regelt die Untersuchung und Verbringung von Feinmaterial aus Häfen und Schifffahrtsrinnen im Bodensee. Neben Anweisungen zur Probenahme und zur Bewertung werden auch mögliche Verbringungsorte benannt: Ortsnahe Baumaßnahmen oder Renaturierungen im Uferbereich haben oberste Priorität, gefolgt vom Mündungsbereich größerer Zuflüsse. An dritter Stelle stehen Orte, an denen der Seeboden durch künstliche Ablagerungen bereits erheblich verändert ist. Schließlich können kleine Mengen Baggergut in Flachwasserbereiche mit verstärkter Erosion verbracht werden.

Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB): Leitfaden – Verbringung von Sedimenten aus Häfen und Schifffahrtsrinnen im Bodensee. Mai 2006, 8 S., [www.igkb.org](http://www.igkb.org)

# Zuckmücken unter Stress

## Wirbellose als Indikatoren für genetische Verarmung durch Umweltgifte

Die Wissenschaftler der Johann-Wolfgang-von-Goethe-Universität in Frankfurt am Main sind sich sicher: Umweltgifte wirken sich nachteilig auf die genetische Vielfalt von Organismen aus. Mit negativen Folgen für deren Anpassungsfähigkeit an Veränderungen der Umwelt.

### KONTAKT

Dr. Matthias Oetken  
Uni Frankfurt, Institut für  
Ökologie, Evolution und  
Diversität, Abt. Aquatische  
Ökotoxikologie,  
Tel.: 069/798-24850  
oetken@bio.uni-frankfurt.de  
www.bio.uni-frankfurt.de/  
ee/ecotox

### PROJEKT

Projekttitel:  
Genetische Verarmung als  
Folge von Schadstoffstress  
bei Wirbellosen – ein  
Beitrag zur Biodiversi-  
tätsforschung  
Projektlaufzeit:  
9/2003 bis 8/2006

Wenn es auf der Erde wärmer wird, gibt es für Pflanzen und Tiere zwei Möglichkeiten: Dorthin auszuweichen, wo die Temperaturen wieder den bekannten Bedingungen ähneln, oder sich anzupassen. Allerdings ist die Anpassungsfähigkeit in hohem Maße von der genetischen Vielfalt eines Organismus abhängig. Je größer die Unterschiede in der genetischen Ausstattung, desto eher finden sich Varianten der Pflanzen oder Tiere mit der Fähigkeit, die veränderten Umwelteinflüsse zu kompensieren. Wie groß die natürliche Anpassungsfähigkeit sein kann, beweisen Schadinsekten immer wieder, indem sie meist nur kurze Zeit empfindlich auf die eingesetzten Pflanzenschutzmittel reagieren. Häufig treten schon kurzfristig resistente Stämme auf, denen das Pestizid nichts mehr anhaben kann.

Allerdings besteht Grund zur Annahme, dass die genetische Vielfalt beein-

flussbar ist. So stehen Umweltgifte im Verdacht, sich negativ auf das Gen-Potenzial auszuwirken. Ein Verdacht, den nun Wissenschaftler der Johann-Wolfgang-von-Goethe-Universität in Frankfurt erhärten konnten. In einem dreijährigen Forschungsprojekt bemühte sich das Team um Dr. Matthias Oetken, folgende Fragen zu klären:

### Fragestellung

Inwieweit beeinflussen Schadstoffe, in Konzentrationen wie sie in der Umwelt vorkommen, die genetische Vielfalt? Können sie zur Abnahme der Biodiversität auf einer Ebene führen, die wir gar nicht wahrnehmen?

Angenommen, Schadstoffe führen zu einer Reduzierung der genetischen Vielfalt: Sind diese Tiere oder Pflanzen bei weiterem Schadstoffstress besonders gefährdet auszusterben?

Um eine Antwort auf diese Fragen zu finden, haben die Wissenschaftler die

Zuckmücke, *Chironomus riparius*, als Untersuchungsobjekt ausgewählt. Dabei steht die Zuckmücke stellvertretend für eine ganze Anzahl Insekten und anderer im Süßwasser lebender Organismen. Vor allem zwei Gründe prädestinieren die Mücke als Modellorganismus: Sie ist bereits sehr gut erforscht und es war dank des schnellen Lebenszyklus möglich, die Mücke innerhalb der Projektlaufzeit über immerhin 25 Generationen hinweg zu untersuchen. Die Forscher setzten einen im Labor gezüchteten Insektenstamm ein, dessen genetische Variabilität im Bereich von Freiland-Mücken derselben Art liegt. Um den Heterozygotiegrad (den Grad der Mischerbigkeit) in den untersuchten Zuckmücken-Populationen erfassen zu können, hat das Team molekulargenetische Laboranalysen durchgeführt, wie sie auch bei Vaterschaftstests eingesetzt werden (Mikrosatelliten-Analysen).

### Typische Vertreter auf beiden Seiten

So wie die Zuckmücke für viele Insekten steht, haben die Forscher aus 100.000 weltweit produzierten Chemikalien die Organozinnverbindung Tributylzinn (TBT) stellvertretend für eine Umweltbelastung eingesetzt.

So haben sie das Sediment, in dem die Zuckmücke das Larvenstadium durchläuft, mit TBT in verschiedener Konzentration versetzt. TBT ist ein hochwirksames Gift, das Schiffsrümpfe gegen Muscheln und Seepocken und Zaunpfähle und Holzbalken vor Fäulnis und Zerfall schützen sollte – bis es für diese Anwendungen verboten wurde. Dennoch kann man TBT



Das Untersuchungs-  
objekt: die Zuckmücke –  
*Chironomus riparius*

Bild: M. Oetken

immer noch in Wassertieren und anderen Lebewesen nachweisen.

Nebenbei bemerkt hat man es auch schon in Radlerhosen und Fußball-Shirts gefunden. Nicht zuletzt, weil TBT in der Natur heute weit verbreitet ist, war die Substanz für die Untersuchung besonders interessant, die sich ein interdisziplinäres Wissenschaftlerteam um Dr. Matthias Oetken vorgenommen hatte. Mit einem chemischen Monitoring von Organozinnverbindungen in Sedimenten von Bächen und Flüssen in Baden-Württemberg konnte das Forscherteam zeigen, dass die im Versuch eingesetzten TBT-Konzentrationen in einer realistischen Größenordnung lagen.

Die Frankfurter Wissenschaftler konnten in den drei Jahren Projektlaufzeit mehrere Multigenerationenstudien über insgesamt 25 Generationen der Zuckmücke durchführen. Die Auswertung ergab, dass eine niedrige TBT-Konzentration im Sediment zumindest über elf Generationen weder die Wachstumsrate der Zuckmücken-Stämme noch deren genetische Vielfalt beeinflusste. Dagegen zeigte die Untersuchung der Insekten ab der 12. Generation bei höherer Konzentration des Zinns im Sediment eindeutig messbare Effekte: Die Wachstumsrate des Zuckmücken-Stamms veränderte sich und die genetische Vielfalt nahm ab. Wurden die mit TBT vorbelasteten Mücken zusätzlich durch Zugabe von Cadmium im Sediment gestresst, wuchs diese Population deutlich weniger stark als eine unbelastete Vergleichspopulation.

### Ergebnisse

„Insgesamt liefern die Experimente deutliche Hinweise darauf, dass chemischer Stress zu einer Abnahme genetischer Variabilität führen kann“, fassen die Wissenschaftler zusammen. Ebenso seien vorbelastete Populationen möglicherweise weniger in der Lage, eine stabile Population aufrechtzuerhalten, wenn ein zweiter Stress-



Im Projekt wurde auch mit realen Wasserproben gearbeitet.

Bild: M. Oetken

faktor eintritt. Allerdings schränken die Wissenschaftler diese Schlussfolgerungen ein: Sie gelten wahrscheinlich nur, wenn die Populationen in Arealen leben, die auf großer Fläche mit Umweltschadstoffen belastet sind, und die Tiere somit nicht ausweichen können.

Ein Faktor für das Aussterben einer Art kann also ein vorausgegangener Verlust der genetischen Vielfalt und die damit verknüpfte eingeschränkte Anpassungsfähigkeit der Population sein. Gerade für schadstoffgestresste Organismen ist daher der Austausch mit Individuen der gleichen Art, aber von anderen Stand-

orten, besonders wichtig, um die genetische Vielfalt wieder zu erhöhen. Doch gerade dieser Austausch wird heute durch die immer weiter fortschreitende Landschaftszerschneidung durch Straßen und andere Bauwerke behindert. Fazit der Wissenschaftler der Abteilung für Aquatische Ökotoxikologie: „Es muss Ziel des Naturschutzes sein, genetische Verarmung von Freilandpopulationen frühzeitig zu erkennen und dieser mit geeigneten Maßnahmen zu begegnen. Dabei sollten auch Arten betrachtet werden, die bis heute nicht im Fokus des Artenschutzes stehen.“

Iris Lehmann



25 Generationen Zuckmücken zu untersuchen, bedeutet jahrelange Laborarbeit.

Bild: M. Oetken

# Volkszählung im Boden

## Bodenbiologisches Monitoring: Erfassung von Springschwänzen

Springschwänze bevölkern fast alle Böden zu Abertausenden. Bodenzooologen präzisieren nun Methoden und erfassen, welche Artengemeinschaften die Springschwänze bilden und wie viele tatsächlich an einem bestimmten Ort vorkommen. Ob damit die vom Gesetzgeber geforderten Aussagen zur Bodenfauna möglich sind, wurde in vier Auwäldern im Rheintal getestet.

### KONTAKT

Dr. David J. Russell  
Staatliches Museum für  
Naturkunde Görlitz  
Am Museum 1  
02826 Görlitz  
Tel.: 03581/4760-502  
David.Russell@smng.  
smwk.sachsen.de  
www.naturkundemuseum-  
goerlitz.de

### PROJEKT

Projekttitel:  
Bodenbiologisches Monitoring: Verifizierung des Probenahmeschemas für Monitoringprogramme und Etablierung von Erwartungswerten für die Bodenbiodiversität in Auwaldhabitaten  
Projektlaufzeit:  
8/2004 bis 7/2006

**T**atsächlich leben in einer Handvoll fruchtbarer Erde mehr Organismen als Menschen auf der Erde. Die biologische Vielfalt von Böden ist also kaum zu überschauen. Doch das Bodenschutzgesetz der Bundesrepublik Deutschland fordert, den Boden in seiner Funktion als Lebensraum für Organismen zu schützen und damit zu beobachten. Schließlich gilt: Nur was man kennt, kann man auch schützen.

### Bio-Indikatoren

Wissenschaftler vom Staatlichen Museum für Naturkunde in Görlitz haben nun den Spagat zwischen Anspruch und Machbarkeit gewagt und sich der den Boden bewohnenden Springschwänze angenommen. Tatsächlich bevölkern hierzulande etwa 400 unterschiedliche Springschwanz-Arten den Boden und besonders dessen Oberfläche. Die Springschwänze,

mit wissenschaftlichem Namen *Collembolen*, sind die häufigsten Insekten überhaupt. Die meisten der nur ein bis zwei Millimeter großen Tiere verzehren mit Vorliebe Kleinstlebewesen und Pflanzenreste. Springschwänze speisen gern in Gesellschaft, in einem Liter Waldboden können durchaus 2.000 dieser Tiere fressen und leben.

### Wissen durch Zahlen

Aufgabe der Studie war es, die Güte eines Verfahrens zum Erfassen der Springschwanz-Populationen als Merkmal der Biodiversität im Boden zu testen. Anders als bei der 2006 in Deutschland durchgeführten kleinen Volkszählung zur Wohnsituation der Deutschen, antworten Springschwänze nicht auf die Frage nach der Zufriedenheit mit ihren Wohnverhältnissen. Mit einer Probenahme zur richtigen Zeit am richtigen Ort können Bodenzooologen allerdings

feststellen, in welcher Zahl die verschiedenen Springschwanzarten vorkommen. Die Zählungen der Wissenschaftler erlauben dann Rückschlüsse darauf, ob und wie sehr den Bodentierchen ihr Standort zusagt. Daraus lassen sich dann Aussagen zur ökologischen Wertigkeit der untersuchten Böden ableiten. Am Oberrhein wollten die Bodenzooologen beispielhaft klären, ob naturnahe Artengemeinschaften trotz Hochwasserschutz fortbestehen oder ob alle im Boden lebenden Arten abnehmen und nur speziell angepasste Arten sich noch vermehren. Dazu hatten die Forscher in vier Auwäldern mit unterschiedlichem Hochwassergeschehen 100-Meter-Strecken festgelegt. Diese reichten vom flussnahen Bereich bis zum Niveau eines mittleren Hochwassers. Entlang dieser Strecken hatten die Forscher je drei Auwald-Flächen von 100 Quadratmetern Größe ausgewiesen und jeweils zehn oberflächen-nahe Bohrkerne entnommen. In allen 120 Proben wurden die Springschwänze ausgezählt.

### Ergebnisse

Die Erhebungen ermöglichten dann bodenökologische Rückschlüsse. Im Fazit bestätigt die Studie der Bodenzooologen die hohe Aussagekraft des Verfahrens. Allerdings schränken die Forscher ein, dass die jeweiligen Norm-Populationen an Springschwänzen künftig noch besser zu definieren seien. Zudem sollte die Datenbasis durch weitere Untersuchungen erhöht und die statistischen Auswertungsverfahren noch verfeinert werden.

Andreas Lehmann



Bild: D. J. Russell

Bei diesem Springschwanz ist das Körperanhängsel der springende Punkt.

# Kanal voll?

## Niederschlagsreihen zur Planung von Kanalsystemen

Starkregen lässt mitunter nicht nur Flüsse über die Ufer treten, sondern auch Kanäle überquellen. Damit letzteres weniger häufig vorkommt, steht das Simulationsprogramm „NiedSim“ zur Verfügung, das Niederschlagszeitreihen erzeugen kann, um erforderliche Kapazitäten von Kanalisationen und Kläranlagen zu errechnen.

Bild: L. Fuchs/ftwh

Überlaufende Kanäle nach starken Regenfällen können in der Stadt schnell massive Schäden verursachen.

**S**tädtische Kanalnetze sind im Ausbau und Unterhalt sehr kapitalintensiv und erfordern langfristige Investitionen. Daher ist die richtige Dimensionierung entscheidend, wenn es um die zu erwartenden Anforderungen und insbesondere um die Gefahrenabwehr geht. Um die Funktion bestehender oder geplanter Entwässerungssysteme zu simulieren, setzt man seit geraumer Zeit hydraulische Kanalnetzmodelle ein. Eine Kanalisation darf nur bei seltenen Extremniederschlägen überlaufen und damit Überflutungen verursachen. In entsprechenden Normen ist festgelegt, wie hoch ein solches Versagensrisiko sein darf. Dafür ist auch die Vorgeschichte relevant, um nicht nur besonders schwere Regenereignisse simulieren zu können, sondern auch Langzeitsimulationen zu ermöglichen.

### Modelle für das räumliche Verhalten

Eine Forschungsgruppe des Instituts für Wasserbau an der Universität Stuttgart entwickelte als Dimensionierungshilfe das Simulationsprogramm „NiedSim“: Mit stochastischen Methoden kann es für beliebige Punkte in Baden-Württemberg spezifische, synthetische Zeitreihen der Fünf-Minuten-Werte des Niederschlags erzeugen, die in der Realität in so hoher zeitlicher Auflösung nur an wenigen Orten gemessen werden. Als Datenbasis dienen dazu die statistischen Charakteristika umliegender Nieder-

schlagsstationen sowie geographische Informationen. Um jedoch beispielsweise den Verlauf eines heftigen Sommerwetters simulieren zu können, muss sich die Betrachtung auf ein größeres Einzugsgebiet ausweiten. Dafür werden die langjährigen Beobachtungen von Regensmessstationen mit den Aufzeichnungen der Wetterradare in der Region verknüpft, so dass das Programm „NiedSim“ typische Zugrichtungen und das räumliche Verhalten von Niederschlagsgebieten ableiten kann. Während ein Niederschlagsmesser die Menge Regen oder Schnee an einer bestimmten Stelle registriert, misst das Radar den Niederschlag über einem Gebiet. Aus der Verknüpfung dieser Informationen kann man das Verhalten des Niederschlags an mehreren Stationen gleichzeitig simulieren.

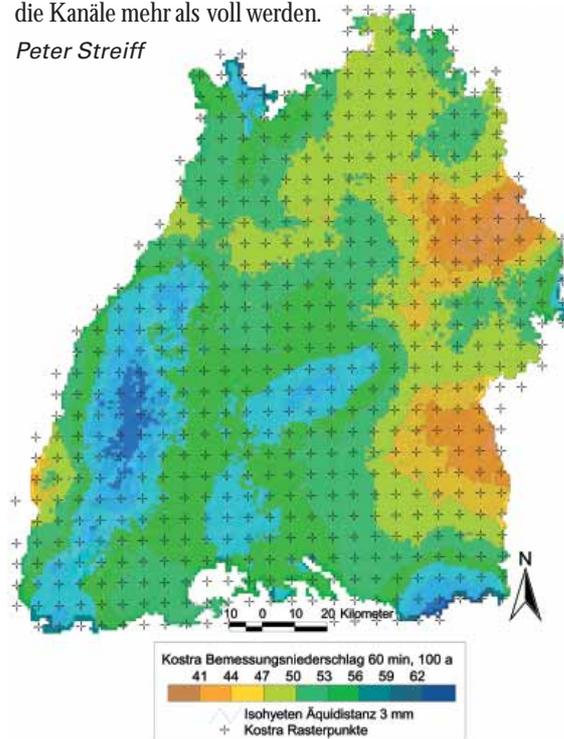
Ebenfalls zu berücksichtigen ist, dass sich die klimatischen Verhältnisse verändern. Aktuelle Trendforschungen ergaben, dass die Niederschlags-Extreme in Süddeutschland in den letzten Jahren häufiger vorkamen und sich dieser Trend nach dem aktuellen Stand der Klimaforschung fortsetzen wird. Daher wollen die Forscher NiedSim insofern erweitern, dass beispielsweise der Niederschlag abhängig von bestimmten Wetterlagen generiert und zukünftige Wetterlagen entsprechend der Ergebnisse globaler Klimamodelle angesetzt werden können. Ergänzend fließen extreme Ereignisse wie

beispielsweise ein Jahrhundertregen aktualisierend in die Statistik ein.

### Modelle für die Zukunft

Mit dem erweiterten NiedSim wird man die Zeitreihen auf die klimatischen Verhältnisse eines bestimmten Zieljahres in der Zukunft anpassen können. Damit wird es möglich, das Kanalnetzmodell einer bestimmten Stadt unter den klimatischen Bedingungen beispielsweise für das Jahr 2030 zu berechnen – einschließlich einer genaueren Vorhersage, wie hoch das zukünftige Risiko ist, dass die Kanäle mehr als voll werden.

Peter Streiff



Interpolierte stündliche Bemessungsniederschlagshöhen nach Kostra (c). Als Grundlage dienen Daten des Deutschen Wetterdienstes (Rasterpunkte). Die angegebenen Werte sind statistisch einmal in 100 Jahren zu erwarten.

### KONTAKT

Prof. Dr. András Bárdossy  
Universität Stuttgart  
Institut für Wasserbau,  
Lehrstuhl für Hydrologie  
und Geohydrologie  
Pfaffenwaldring 61  
70550 Stuttgart  
Tel.: 0711/685-64679  
bardossy@iws.uni-stuttgart.de  
www.iws.uni-stuttgart.de

### PROJEKT

Projekttitel:  
Erzeugung simultan-synthetischer Niederschlagsreihen hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung für Baden-Württemberg

Projektlaufzeit:  
7/2004 bis 6/2007

Graphik: J. Brommundt/IWS

# Strömung frühzeitig analysieren

## Naturnahe Entwicklung ausgebauter Fließgewässer als Hochwasserschutz

Ein Hochwasser lässt sich für jeden Flussabschnitt weitgehend simulieren. Vorausgesetzt, es sind genügend Daten über Morphologie, Strömung und Bewuchs vorhanden, mit denen der Schutz vor Überschwemmungen gezielt geplant werden kann.

### KONTAKT

Dipl.-Geoökol. Sandra Schneider  
Universität Karlsruhe  
Institut für Wasser und Gewässerentwicklung  
Kaiserstr. 12  
76128 Karlsruhe  
Tel.: 0721/608-2194  
www.bgu.uni-karlsruhe.de  
sandra.schneider@iwg.uka.de

### PROJEKT

Projekttitel:  
Hydraulik naturnaher Fließgewässer (Teil 2)  
Projektlaufzeit:  
10/2005 bis 8/2006

**F**lüsse und Bäche, die durch Städte und Dörfer fließen, stellen für Wasserbauingenieure und Landschaftsplaner eine große Herausforderung dar. Denn die aktuelle EU-Wasserrahmenrichtlinie fordert die Umwandlung in strukturreiche, naturnahe Fließgewässer. Die damit einhergehenden Veränderungen der Abflussdynamik sind bisher noch nicht vollständig geklärt. Eine intakte, strukturreiche Vorlandvegetation ist jedoch von großer Bedeutung für ein funktionierendes, vernetztes Ökosystem.

Die Forscher am Institut für Wasser- und Gewässerentwicklung der Uni Karlsruhe erarbeiteten daher detaillierte Handlungsempfehlungen für eine nachhaltige Renaturierung und für die Gewässerunterhaltung – Vorgaben, die die Hochwassersicherheit gewährleisten und gleichzeitig die ökologische Bedeutung der Fließgewässer berücksichtigen.

### Messungen an Murr und Enz

Zwei verschiedenartige Gewässerabschnitte wurden für die Untersuchung

der Hydraulik naturnaher Fließgewässer ausgesucht. Der untere ausgebauter Abschnitt der Murr bei Steinheim eignete sich sehr gut für eine strukturierte und prozessorientierte Datensammlung, denn es existierten bereits verschiedene Messreihen in einem Zeitraum von über zwanzig Jahren. Neben den Erhebungen der Flora- und Faunaentwicklung entlang der Vorländer wurden auch morphologische Daten sowie Wasserstände aufgenommen. Diese Daten wurden geordnet, archiviert und können nun für Berech-



Einmündung der Bottwar (links) in die Murr kurz nach fertig gestelltem Ausbau 1981 und mit extremem Bewuchs von Sträuchern und Bäumen 1997.

Bilder: Uni Karlsruhe



nungssimulationen von Wasserspiegeln verwendet werden. Für die Murr haben die Forscher errechnet, dass selbst wenn die Vorländer rein grasbestanden wären, bereits ein 20-jährliches Hochwasser innerhalb von Steinheim zu Überschwemmungen führen kann, da in diesem Fall die vorhandene Größe des Abflussquerschnittes den limitierenden Faktor darstellt.

An der Enz untersuchten die Forscher, inwieweit die Geschiebeansammlung unterhalb der Brücke in Niefern den Wasserspiegel erhöht und dadurch möglicherweise eher zu einer Hochwas-

sergefahr führen kann. Kennzahlen für die Berechnungen waren unterschiedliche Geschiebehöhen, Fließgeschwindigkeiten sowie Schubspannungen und Wasserspiegellagen im Untersuchungsgebiet. Die Forscher kamen zu dem Ergebnis, dass es in diesem Fall für die Hochwassersicherheit keine Rolle spielt, ob das Geschiebe unterhalb der Brücke bewachsen ist oder nicht.

### Empfehlungen

Die aus diesem Projekt gewonnene Datensammlung sowie die durchgeführten Berechnungen ermöglichen es,

den zuständigen Wasserbauingenieuren und Planern gezielte Gestaltungs- und Unterhaltungspläne unter Berücksichtigung der Hochwassersicherheit an die Hand zu geben. Für jede naturnahe Umgestaltung eines Flusses in Ortslage wird empfohlen, mindestens eine hydrodynamische Strömungsanalyse durchzuführen, die den Einfluss von Baum- und Strauchbewuchs berücksichtigt. Soll die Hochwassersicherheit nachhaltig gewährleistet sein, setzt dies zusätzlich ein angepasstes Monitoringkonzept voraus.

*Peter Streiff*

# Weichen für die Zukunft stellen

## Bausteine zur nachhaltigen Kommunalentwicklung

Mit einem Modellprojekt will das Umweltministerium an die Erfolge der zukunftsfähigen Entwicklung vieler Kommunen anknüpfen, die diese vor allem im Zuge der Lokalen Agenda 21 erzielt haben. Hierbei bewährte Strukturen und Verfahren werden die Projektkommunen als „Zukunftsbausteine“ mit professioneller Unterstützung in ihren eigenen Vorhaben testen.

**E**in Modellprojekt in Baden-Württemberg soll an die Erfolge der zukunftsfähigen Entwicklung vieler Kommunen anknüpfen. Es setzt an, wo der Schulterschluss zwischen Verwaltung und Bürgern und ein nachhaltiges Handeln vor Ort bisher noch nicht umfassend etabliert sind. Dort soll nun die zukunftsfähige Gemeinde mit dauerhaft funktionierenden Prozessen angelegt werden. Die geplanten Aktivitäten beruhen auf Erfahrungen der Lokalen Agenda 21 beziehungsweise des Bürgerschaftlichen Engagements und sind als Bausteine formuliert.

### Auswahl der Kommunen

Eine Jury aus Vertretern der Ministerien für Umwelt, für Soziales und für Kultus sowie Vertretern des Städte-, des Gemeinde- und des Landkreistags wählte die teilnehmenden Kommunen aus: Die Städte Bad Urach und Tuttlingen

sowie die Gemeinden Aspach, Illmensee, Schlierbach und Seckach sollen die Zukunftsbausteine mit professioneller Unterstützung vor Ort umsetzen. Die entscheidenden Fragen beim Agen-

da-21-Prozess lauten: Was sind die Anforderungen an eine nachhaltige Bürger-Gemeinde? Und: Wie ist Bürgerengagement und Bürgerbeteiligung zu fördern? Mit der Erfahrung der letzten Jahre las-



### KONTAKT

Daniela Klebsattel  
Umweltministerium Bad.-  
Württ., Referat 23  
Kernerplatz 8  
70182 Stuttgart  
Tel.: 0711/126-2665  
daniela.klebsattel@um.bwl.de  
www.um.baden-  
wuerttemberg.de

### PROJEKT

Projekttitel:  
Kommunen auf dem Weg zu  
einer zukunftsfähigen nach-  
haltigen Entwicklung  
Projektlaufzeit:  
2007 bis 2009

sen sich Antworten geben: Neue Strukturen, Leitbilder und Projekte können in den Gemeinden die Arbeit vor Ort beflügeln. Konkret sind Akteure zu gewinnen, mit deren Unterstützung die Identifizierung der Bürgerschaft mit ihrer Kommune gestärkt und eine zukunftsfähige Kommunalentwicklung gestaltet werden können.

### Das Baustein-System

Das Umweltministerium hat hierzu das Instrument der „Kommunalen Zu-

kunfts-Bausteine“ entwickelt. Fünf der insgesamt elf Zukunfts-Bausteine zielen auf die Förderung von Bürgerbeteiligung und bürgerschaftlichem Engagement.

Dazu sollen kommunale Anlaufstellen und gemeinsame Arbeitsstrukturen für Bürger, Gemeinderat und Verwaltung entstehen. Ehrenamtliches Engagement findet Anerkennung und Bürgerprojekte werden unterstützt mit dem Ziel, gemeinsames politisches Entscheiden zu praktizieren.

Nochmals fünf Bausteine sind Instrumente und Aktivitäten, mit denen die nachhaltige Entwicklung vor Ort auf den Weg gebracht wird. Im Einzelnen zielen diese auf kommunales Nachhaltigkeitsmanagement in der Verwaltung, auf Leitbilder und Handlungsprogramme für die Gemeinden. Eine wichtige Rolle spielt dabei das Realisieren von Schlüsselprojekten. Daneben stehen interkommunale Kooperation und Bildung für eine nachhaltige Entwicklung auf dem Plan. Der letzte und elfte Baustein umfasst die Indikatoren, die der Erfolgskontrolle dienen.

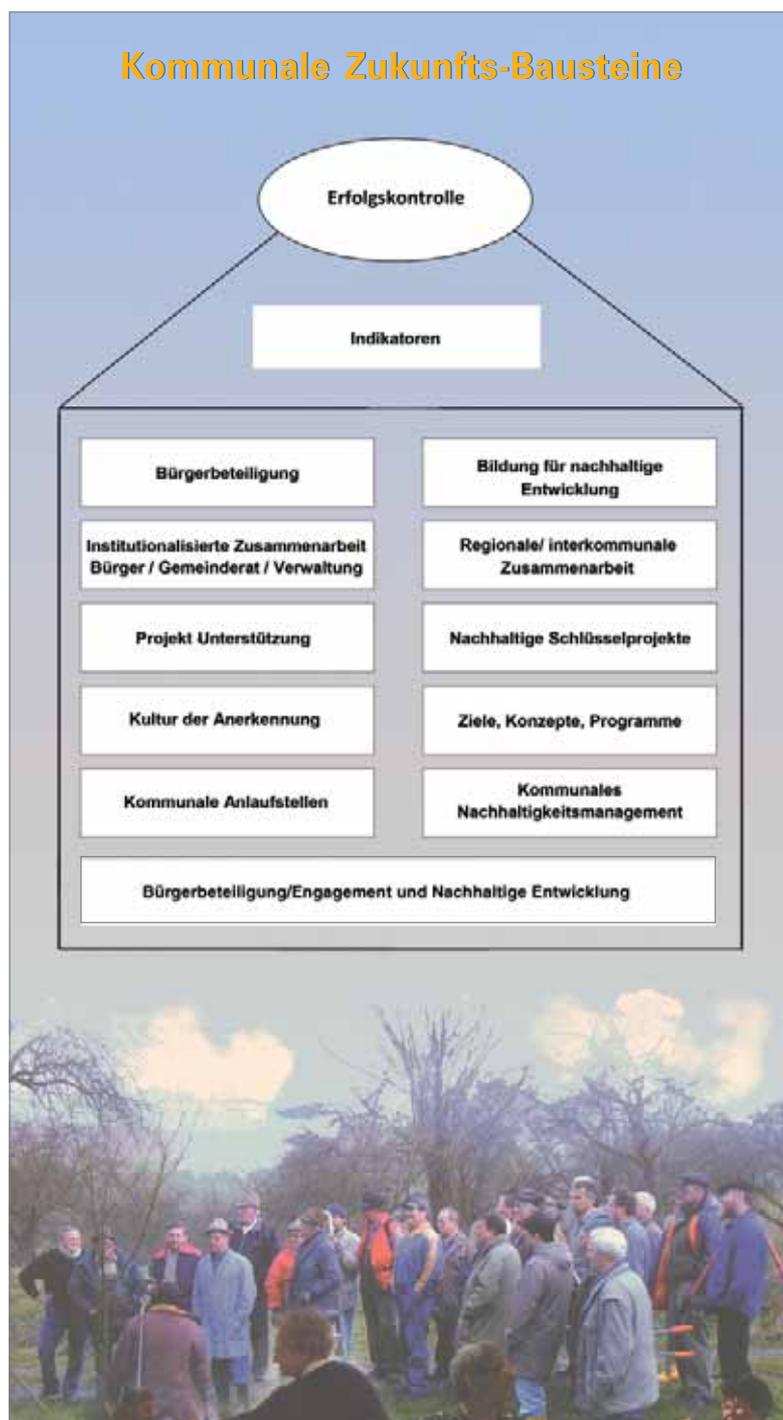
Mit der bereits abgeschlossenen Ausschreibung und den nun anstehenden Projekten sollen die vorgeschlagenen Zukunfts-Bausteine nicht nur vor Ort umgesetzt, sondern auch weiterentwickelt werden. Diesen Prozess sollen unter anderem die Angebote und Serviceleistungen des Landes unterstützen, wie beispielsweise die des Agenda-Büros der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) in Karlsruhe.

### Unterstützung durch das Umweltministerium

Für die auserkorenen Gemeinden beauftragt das Umweltministerium ein Institut zur Begleitung des Entwicklungsprozesses in der Kommune und übernimmt dadurch entstehende Kosten über die gesamte Projektlaufzeit. Die Teilnehmer-Kommunen tragen einen Eigenanteil von lediglich 500 Euro im Jahr.

Ziel des Programms ist es, die Ergebnisse aus dem Modellprojekt für alle Kommunen zu bewerten und dann allgemeingültige Empfehlungen auszusprechen. In diesem Sinne will das Umweltministerium die gewonnenen Erkenntnisse aus dem Modellprojekt zeitnah aufbereiten und das Serviceangebot in Baden-Württemberg entsprechend ausbauen und verbessern.

*Andreas Lehmann*



Bausteinsystem für eine nachhaltige Kommunalentwicklung

Bild: D. Fenoglio, Graphik: G. Oelsner, U. Rothengass/LUBW

# Schluss mit dem Dornröschenschlaf

## Lohnt sich die Revitalisierung von Stadtbrachen?

Städtische Brachen bringen keinen offensichtlichen Nutzen, sind aber doch von erstaunlicher Beständigkeit. Die Wiedernutzung der Flächen feiern Bürger und Stadträte denn auch gleichermaßen als Erfolg. Ob die Kommunen unterm Strich dafür bezahlen müssen oder ob Erträge bleiben, wusste bislang in den Verwaltungen jedoch niemand so genau. Eine neue Studie bringt Licht in dieses Dunkel.

Nach dem Alphabet von Backnang bis Weinheim, nach Einwohnerzahl von der Großstadt Ulm mit ihren 120.000 Bürgern bis zum Städtchen Ettenheim mit nicht einmal 12.000 Bewohnern, vom flächenhaft ausufernden Villingen-Schwenningen bis zum eingezwängten Ostfildern reicht das Spektrum der 14 Gemeinden, bei denen das „Wie“ von Brachflächenrevitalisierungen analysiert wurde.

Meist waren es ehemalige Militärgelände oder aufgegebene Industriestandorte, die man zu Gebieten mit Mischnutzung umgewandelt hat. Mehr als die Hälfte der 17 revitalisierten Flächen in den 14 Testkommunen waren kleiner als 100.000 Quadratmeter. Eine ehemalige Brache war über 200.000 Quadratmeter groß; die größte maß gar 1,5 Millionen Quadratmeter – eine Fläche, in die der Cannstatter Wasen viermal passt. Schon überschlägiges Kopfrechnen mit Quadratmeterpreisen von angenommenen 100, 250 oder 500 Euro lässt erkennen, was für ökonomische Werte ungenutzte innerörtliche Flächen darstellen.

### Revitalisierungs-Einmaleins

Ließen sich diese Werte leicht zu Geld machen, wären die Brachen keine mehr. Tatsächlich entstehen ohne private Investoren erst einmal Kosten für die Kommunen: Oft müssen sie die Grundstücke erst noch kaufen. Nicht selten steht dann eine Altlastensanierung an, oder es muss alte Bausubstanz abgerissen werden. In der Regel müssen auch schon früher bebaute Brachen erneut erschlossen, das heißt der Zu-

gang zu Strom, Wasser und Abwasser neu eingerichtet und Straßen gebaut oder saniert werden. Neben der Neubebauung verursacht auch die Freiflächengestaltung Kosten. Selten bilanziert werden die regelmäßigen Folgekosten, wie die Kosten für Schulen, Kindergärten, Reinigung und Beleuchtung der Straßen.

Auf der anderen Seite winken aber Einnahmen aus dem Grundstücksverkauf und Fördermittel für die Altlastensanierung. Ziehen Neubürger auf die revitalisierten Gevierte, dann gibt es zusätzlich Geld aus dem kommunalen Finanzausgleich. Gewerbesteuer, Grundsteuer und manch andere Geldquelle können fließen.

All diese Kosten und Einnahmen wurden von einem Konsortium aus Ingenieuren, Geographen und Volkswirten bei den Kommunen ermittelt. Eine nicht ganz einfache Aufgabe, da Gemeinden selten projektbezogen bilanzieren. Vielmehr entscheiden Kommu-

nalpolitiker nach Haushaltslage. Bei knappem Kassenstand werden also selbst rentable Revitalisierungen nicht angegangen. Steht dagegen genug Geld zur Verfügung, rollen die Bagger und manche Brache verschwindet – ökonomisch oder unökonomisch ist dann nicht entscheidend.

Bei den untersuchten 14 Kommunen überwiegen die positiven Bilanzen knapp. Große Gewinne bis 850.000 Euro, aber auch Verluste – in einem Fall sogar 650.000 Euro – sind möglich. Allerdings können sich die Bilanzen noch verbessern, vor allem bei solchen Flächen, auf denen mit dem Zugang weiterer Einwohner zu rechnen ist. Generelle Tendenzen lassen sich noch kaum ableiten. Dazu sind die Ausgangssituationen der Brachen und auch die Perspektiven der Kommunen zu unterschiedlich. Außerdem reicht die Datenbasis dafür noch nicht aus. Unabhängig von dem finanziellen Risiko nimmt die Bevölkerung Revitali-

### KONTAKT

Anja Demny  
Frank Burchard  
ES EnviroSustain GmbH  
Tannenbergstraße 139  
73230 Kirchheim/Teck  
Tel.: 07021/7373-617  
fb@envirosustain.com  
www.envirosustain.com

Prof. Dr. Kilian Bizer  
Universität Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 3  
37073 Göttingen  
Tel.: 0551/394-602  
bizer@wiwi.uni-goettingen.de  
www.economics.uni-goettingen.de/bizer

### PROJEKT

Projekttitle (A+B):  
Untersuchung volkswirtschaftlicher Folgewirkungen nach Durchführung einer Brachflächenrevitalisierung im Stadtbereich  
Projektlaufzeit:  
2/2006 bis 12/2007

Neu gemischt: Wohnen, Arbeiten und Freizeit im Französischen Viertel in Tübingen



Bild: Stadtplanungsamt Tübingen

sierungen meist sehr positiv auf. Einen außerordentlich hohen Stellenwert nahmen die sozialen Auswirkungen von wieder genutzten Brachen bei der Erstellung der Studie ein. Mit einem ausgefeilten Fragenkatalog wurden Anrainer, Bewohner und Nutzer der revitalisierten Flächen befragt. Das Stimmungsbild zur Akzeptanz der Brachefolgenutzungen war schließlich überwiegend positiv. Die Befragten lobten vielfach die Verschönerung des Stadtbilds, kritisierten allerdings in vielen Fällen ein Mehr an Lärm und Verkehr oder den Verlust von städtischem Grün.

### Konkret

Einen typischen Fall von Brachenrevitalisierung hat die Stadt Backnang umgesetzt: Wo in der Murr-Aue einst die Backnanger Gerberei Fuß gefasst hatte, herrscht heute urbanes Leben.

Zwischen Murr und Stadtkern ist ein attraktiver Bezirk zum Wohnen entstanden, in dem Läden, Cafés und die Stadtbücherei für ein reges öffentliches Leben sorgen. Finanziell war es für die Stadt ein Nullsummenspiel. Unumstritten ist jedoch, dass die Belebung und Verschönerung der zentralen Lage einen bedeutenden, wenn auch ökonomisch nicht fassbaren Gewinn darstellen.

### Französisches Viertel

Ein geradezu berühmt gewordenes Beispiel für die erfolgreiche Revitalisierung einer Stadtbrache ist das Französische Viertel mit dem benachbarten Loretto-Areal in Tübingen: Dort hat die Stadt mit der Umwandlung einer Militärbrache eine Erfolgsgeschichte in finanzieller und sozialer Hinsicht geschrieben. Die Integration

erhaltenswürdiger Altbauten, die konsequente Mischung von Wohnen und Arbeiten, eine sehr hohe Nutzungsdichte und der Verzicht auf schneisen-schlagende Zufahrten und die üblichen Parkplätze unmittelbar vor der Haustür haben einen kommunikativen Stadtteil entstehen lassen.

Weichenstellend war eine umfassende Bürgerbeteiligung, die das Wohn- und Arbeits-Projekt mit generationen-übergreifender Altersstruktur maßgeblich prägte und dafür sorgte, dass dem nachhaltigen Umgang mit Ressourcen und der Durchgrünung Priorität eingeräumt wurden. Auf 60.000 Quadratmetern entstanden bislang Wohnraum für rund 2.300 und Arbeitsplätze für über 1.000 Tübinger. Weitere können hinzu kommen; derzeit werden die letzten Gebäude fertig gestellt.

*Andreas Lehmann*



Backnang-Biegel: Vom übel riechenden Gerber-Viertel zum einladenden Mischnutzungsgebiet am Fluss



Bilder: Archiv Backnang



## Einblicke in BWPLUS (Baden-Württemberg Programm Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung)

### B – BIODIVERSITÄT

**FKZ:** BWB27003  
**Projekt:** Nachwachsende Energieträger und Biodiversität: Naturschutzbezogene und ökonomische Entwicklung und Bewertung von Anbauszenarien (NawEnNat) Teil 1  
**Laufzeit:** 01.09.2007 bis 28.02.2009  
**Leitung:** Prof. Dr. Giselher Kaule  
**Institution:** Universität Stuttgart, Institut für Landschaftsplanung und Ökologie  
**Adresse:** Postfach 10 60 37, 70049 Stuttgart  
**Einblick:** Nachwachsende Energieträger sind aktuell, werden aber auch kritisiert, da der Anbau größerer Mengen nachwachsender Rohstoffe zu Problemen bei der Lebensmittelversorgung führen kann und auch die Biodiversität beeinflusst. Das Projekt modelliert Anbauszenarien, um Anbauflächen zu identifizieren und gleichzeitig Natur- und Artenschutz zu berücksichtigen.

**FKZ:** BWB27006  
**Projekt:** Nachwachsende Energieträger und Biodiversität: Naturschutzbezogene und ökonomische Entwicklung und Bewertung von Anbauszenarien (NawEnNat) Teil 2  
**Laufzeit:** 01.09.2007 bis 28.02.2009  
**Leitung:** Prof. Dr. Jürgen Zeddies  
**Institution:** Universität Hohenheim, Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre  
**Adresse:** Schloss 1, 70599 Stuttgart  
**Einblick:** Die Projekte BWB27006 und BWB 27003 sind als Verbundprojekt inhaltlich miteinander verknüpft.

regionalen Simulationsmodells für die Weltwirtschaft  
**Laufzeit:** 01.03.2005 bis 30.11.2006  
**Leitung:** Prof. Dr. Lutz Wicke  
**Institution:** Institut für Umweltmanagement (IfUM) an der ESCP-EAP  
**Adresse:** Heubnerweg 6, 14059 Berlin

**FKZ:** BWK24007  
**Projekt:** Effiziente Beratungsbausteine zur Minderung des Stromverbrauchs in privaten Haushalten  
**Laufzeit:** 01.04.2005 bis 30.09.2007  
**Leitung:** Dipl.-Ing. Markus Duscha  
**Institution:** IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH  
**Adresse:** Wilckensstr. 3, 69120 Heidelberg  
**Einblick:** Ziel des Projektes ist die Erstellung und Weiterentwicklung effizienter Beratungsbausteine zur Stromsparberatung privater Haushalte. Die Ergebnisse sollen auch die Umsetzung des EU-Richtlinienvorschlags zu Energieeffizienz und Energiedienstleistungen unterstützen. Nachdem in der ersten Projektphase bisherige Instrumente zur Stromsparberatung privater Haushalte analysiert wurden, folgte in der zweiten Projektphase die Auswahl und Konzeption modellhafter Stromsparprogramme, die in der dritten Phase durchgeführt und evaluiert wurden.

**FKZ:** BWK24011  
**Projekt:** Fortentwicklung des Instrumentariums zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien  
**Laufzeit:** 01.04.2005 bis 31.07.2007  
**Leitung:** Dr. Ole Langniß  
**Institution:** Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Bad.-Württ. (ZSW)  
**Adresse:** Industriestr. 6, 70565 Stuttgart

**Adresse:** Heißbrühlstr. 49a, 70565 Stuttgart  
**Einblick:** Ziel des Vorhabens war die Erstellung eines Wärmeatlanten für Baden-Württemberg zur Darstellung der räumlichen und zeitlichen Verteilung des Wärmebedarfs auf lokaler Ebene. Dadurch sind die Voraussetzungen geschaffen, um Versorgungsgebiete zu identifizieren, für die eine leitungsgebundene Versorgung, möglichst auf KWK-Basis, sinnvoll erscheint.

**FKZ:** BWK25008  
**Projekt:** Gekoppelte Produktion von Kraft und Wärme aus Bio-, Klär- und Deponiegas in kleinen, dezentralen Stirling-Motor-Blockheizkraftwerken, Teil A  
**Laufzeit:** 01.10.2005 bis 31.05.2008  
**Leitung:** Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas  
**Institution:** Hochschule Reutlingen, Institut für angewandte Forschung in der Automatisierung (IFA)  
**Adresse:** Alteburgstr. 150, 72762 Reutlingen  
**Einblick:** Stirlingmotoren erscheinen gut geeignet für eine verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien in Form von so genannten schwach kalorischen Gasen, wie Bio-, Klär- oder Deponiegas in der Kraft-Wärme-Kopplung. Zur Verifizierung dieser Technologie wird der Betrieb von Stirlingmotor-BHKWs mit Bio-, Gruben- und Klärgas im Rahmen eines Forschungsprojektes an sechs Standorten in Feldtests wissenschaftlich begleitet. Bisher wurden die Grundzüge der Tests vorgestellt, erste Ergebnisse präsentiert und vorbereitende Überlegungen für eine Wirtschaftlichkeitsberechnung diskutiert.

**FKZ:** BWK25009  
**Projekt:** Gekoppelte Produktion von Kraft und Wärme aus Bio-, Klär- und Deponiegas in kleinen, dezentralen Stirling-Motor-Blockheizkraftwerken, Teil B  
**Laufzeit:** 01.10.2005 bis 31.05.2008  
**Leitung:** Dr. Hans Oechsner  
**Institution:** Universität Hohenheim, Landesanstalt für Landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen – 740  
**Adresse:** Garbenstr. 9, 70593 Stuttgart  
**Einblick:** siehe Teil A (BWK25008)

**FKZ:** BWK25010  
**Projekt:** Gekoppelte Produktion von Kraft und Wärme aus Bio-, Klär- und Deponiegas in kleinen, dezentralen Stirling-Motor-Blockheizkraftwerken, Teil C  
**Laufzeit:** 01.10.2005 bis 31.05.2008  
**Leitung:** Dipl.-Ing. Helmut Böhnisch  
**Institution:** Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Bad.-Württ. (ZSW)  
**Adresse:** Industriestr. 6, 70565 Stuttgart  
**Einblick:** siehe Teil A (BWK25008)

**FKZ:** BWK27001  
**Projekt:** Wirkung neuer klimapolitischer Instrumente auf Innovationstätigkeiten und Marktchancen baden-württembergischer Unternehmen  
**Laufzeit:** 01.09.2007 bis 31.08.2009  
**Leitung:** Prof. Dr. Joachim Schleich  
**Institution:** Fraunhofer Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. und Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung Karlsruhe  
**Adresse:** Hansastr. 27c, 80686 München  
**Einblick:** Im Vorhaben werden die Innovationseffekte der neuen marktbasierenden klimapolitischen Instrumente EU-Emissionshandel und projektbezogene Kyoto-Mechanismen sowie deren Auswirkung auf die Marktchancen baden-württembergischer Unternehmen empirisch untersucht. Basierend auf den Untersuchungsergebnissen werden Empfehlungen zur innovationsfreundlichen Ausgestaltung des Instrumentariums erarbeitet.

### I – INNOVATION

**FKZ:** BWI26001  
**Projekt:** Transparente schallabsorbierende Lärmschutzwände  
**Laufzeit:** 01.05.2007 bis 30.04.2009  
**Leitung:** Dr.-Ing. Philip Leistner  
**Institution:** Fraunhofer Institut für Bauphysik  
**Adresse:** Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart  
**Einblick:** Die in exponierten Bereichen eingesetzten transparenten Lärmschutzwände dämpfen tieffrequente Geräuschanteile oftmals unzureichend. Das Forschungsvorhaben verfolgt das Ziel, eine hohe Schalldämmung und einen gezielt abgestimmten Frequenzverlauf der Absorption mit optischer Transparenz zu verbinden.

**FKZ:** BWK25005  
**Projekt:** Nutzermodelle für die thermische Gebäudesimulation  
**Laufzeit:** 01.10.2005 bis 31.12.2008  
**Leitung:** Dr.-Ing. Jens Pfafferoth  
**Institution:** Fraunhofer Gesellschaft, Institut für Solare Energiesysteme  
**Adresse:** Heidenhofstr. 2, 79110 Freiburg  
**Einblick:** Es soll das Nutzerverhalten in schlanken Gebäudekonzepten untersucht und in Modelle gefasst werden. Büro- und Verwaltungsbauten haben einen hohen Flächen- und Volumenverbrauch für technische Gebäudeausrüstung – insbesondere für raumlufttechnische Anlagen in voll klimatisierten Gebäuden. Es werden immer mehr Bürogebäude ohne raumlufttechnische Anlagen und mit weniger Gebäudetechnik realisiert. Damit wird der Nutzer im Gebäude immer wichtiger, dies muss in den Planungsmodellen berücksichtigt werden.

**FKZ:** BWK25010  
**Projekt:** Gekoppelte Produktion von Kraft und Wärme aus Bio-, Klär- und Deponiegas in kleinen, dezentralen Stirling-Motor-Blockheizkraftwerken, Teil C  
**Laufzeit:** 01.10.2005 bis 31.05.2008  
**Leitung:** Dipl.-Ing. Helmut Böhnisch  
**Institution:** Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Bad.-Württ. (ZSW)  
**Adresse:** Industriestr. 6, 70565 Stuttgart  
**Einblick:** siehe Teil A (BWK25008)

### K – KLIMA

**FKZ:** BWK23003  
**Projekt:** Böden von Baden-Württemberg als Senke für klimarelevante Gase  
**Laufzeit:** 01.01.2004 bis 31.08.2007  
**Leitung:** Prof. Dr. Ellen Kandeler  
**Institution:** Universität Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortslehre (310)  
**Adresse:** Emil-Wolff-Str. 27, 70599 Stuttgart  
**Einblick:** Ziel dieses Projektes war es, die Auswirkungen einer erhöhten atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration auf die Stabilität der organischen Substanz im Boden zu untersuchen und so eine mögliche Funktion von landwirtschaftlich genutzten Flächen als Senke für CO<sub>2</sub> abschätzen zu können. Als Basis für die Modellierung des Kohlenstoff-Umsatzes in Agrarökosystemen wurde der Eintrag von Kohlenstoff in die organische Bodensubstanz und die mikrobielle Biomasse des Bodens ermittelt.

**FKZ:** BWK24006  
**Projekt:** Die weltweiten ökonomischen Auswirkungen eines Globalen Klimazertifikatensystems (GCCS) – eine quantitative Analyse auf Basis eines dynamischen multi-

**FKZ:** BWK25006  
**Projekt:** MonoSorp – Integrales Konzept zur solarthermischen Gebäudeheizung mit Sorptionswärmespeicher  
**Laufzeit:** 01.10.2005 – 31.03.2007  
**Leitung:** Prof. Dr.-Ing. H. Müller-Steinhagen  
**Institution:** Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW)  
**Adresse:** Pfaffenwaldring 6, 70550 Stuttgart  
**Einblick:** Das ITW hat ein platzsparendes integrales Konzept zur Gebäudeheizung entwickelt, das den solaren Beitrag zur Deckung des Wärmebedarfs auf fast 70 Prozent erhöht (siehe S. 17)

**FKZ:** BWK25007  
**Projekt:** Wärmeeatlas Baden-Württemberg – Erstellung eines Leitfadens und Umsetzung für Modellregionen  
**Laufzeit:** 01.10.2005 – 30.06.2007  
**Leitung:** Dr. Ulrich Fahl  
**Institution:** Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung

**FKZ:** BWK27001  
**Projekt:** Wirkung neuer klimapolitischer Instrumente auf Innovationstätigkeiten und Marktchancen baden-württembergischer Unternehmen  
**Laufzeit:** 01.09.2007 bis 31.08.2009  
**Leitung:** Prof. Dr. Joachim Schleich  
**Institution:** Fraunhofer Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. und Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung Karlsruhe  
**Adresse:** Hansastr. 27c, 80686 München  
**Einblick:** Im Vorhaben werden die Innovationseffekte der neuen marktbasierenden klimapolitischen Instrumente EU-Emissionshandel und projektbezogene Kyoto-Mechanismen sowie deren Auswirkung auf die Marktchancen baden-württembergischer Unternehmen empirisch untersucht. Basierend auf den Untersuchungsergebnissen werden Empfehlungen zur innovationsfreundlichen Ausgestaltung des Instrumentariums erarbeitet.



**FKZ: BWK27003**  
**Projekt:** Abschätzung der Produktionspotenziale für den Anbau von Energiepflanzen zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Baden-Württemberg und deren ökologische und ökonomische Bewertung  
**Laufzeit:** 01.09.2007 bis 31.08.2009  
**Leitung:** Prof. Dr. Karl Stahr, Institut für Bodenkunde und Standortlehre  
 Prof. Dr. Jürgen Zeddies, Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre  
**Institution:** Universität Hohenheim  
**Adresse:** Schloss 1, 70599 Stuttgart  
**Einblick:** Die Ausdehnung des Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen und Energiepflanzen birgt Potenziale für den Klimaschutz, aber auch mögliche Umweltrisiken, die im Moment noch kontrovers diskutiert werden. Im Zusammenhang mit dem Bau von Biogasanlagen wird eine starke Ausdehnung des Maisanbaus mit erheblichen Gefahren für Boden, Gewässer und Biodiversität vermutet. Im Vorhaben werden die Produktionspotenziale von Energiepflanzen räumlich differenziert ermittelt sowie modellbasierte Aussagen zu den ökonomischen und ökologischen Auswirkungen, unter besonderer Berücksichtigung der Emission klimarelevanter Gase, getroffen.

**FKZ: BWK27009**  
**Projekt:** Messung großskaliger Transportpfade im Bodensee als Basis für ein Modellsystem zur Schadstoffausbreitung: Drifterexperimente und Modellvergleich  
**Laufzeit:** 01.09.2007 bis 31.08.2010  
**Leitung:** Prof. Dr. Frank Peeters  
**Institution:** Universität Konstanz, Limnologisches Institut, Arbeitsgruppe Umweltphysik  
**Adresse:** Universitätsstraße 10, 78457 Konstanz  
**Einblick:** Mit Hilfe von Driftkörpern, die mit Funkmodulen ausgestattet sind, wird die horizontale Zirkulation im Bodensee untersucht. Zusammen mit weiteren Parametern werden die Experimente in einer Datenbank erfasst und typische Strömungsmuster bei verschiedenen Umwelt- und Schichtungsbedingungen ermittelt.

**R – RESSOURCENSCHUTZ**

**FKZ: BWR22016**  
**Projekt:** Genetische und ökophysiologische Untersuchungen zur Überflutungstoleranz der Esche (*Fraxinus excelsior* L.) in der Rheinaue  
**Laufzeit:** 01.08.2003 bis 30.09.2006  
**Leitung:** Dr. Eberhard Aldinger  
**Institution:** Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Bad.-Württ.  
**Adresse:** Wonnhaldestr. 4, 79100 Freiburg

**FKZ: BWR23008**  
**Projekt:** Entwicklung einer optimierten Tracertechnik unter Verwendung von fluoreszierenden Mikrokügelchen zur Bewertung der hygienischen Grundwassergefährdung  
**Laufzeit:** 01.03.2004 bis 28.02.2007  
**Leitung:** Prof. Dr. Heinz Hötzl  
**Institution:** Universität Karlsruhe, Geologisches Institut  
**Adresse:** Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe  
**Einblick:** Fluoreszierende Mikrokügelchen werden erfolgreich eingesetzt, um eine hygienische Gefährdung von Grundwasser präzise beurteilen zu können. (s. S. 27)

**FKZ: BWR24012**  
**Projekt:** Erzeugung simultan-synthetischer Niederschlagsreihen hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung für Baden-Württemberg  
**Laufzeit:** 01.07.2004 bis 30.06.2007  
**Leitung:** Prof. Dr. András Bárdossy  
**Institution:** Universität Stuttgart, Institut für Wasserbau  
**Adresse:** Pfaffenwaldring 61, 70550 Stuttgart  
**Einblick:** s. S. 39

**FKZ: BWR24013**  
**Projekt:** Molekular-toxikologische Untersuchungen (poly)bromierter Flammenschutzmittel  
**Laufzeit:** 01.08.2004 bis 31.12.2007  
**Leitung:** Dr. Siegfried Strack  
**Institution:** Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Toxikologie und Genetik,  
**Adresse:** 76021 Karlsruhe  
**Einblick:** Polybromierte Flammenschutzmittel sind ein schwerwiegendes Umweltproblem. Die strukturelle Ähnlichkeit zu PCBs und Dioxinen legen eine vergleichbare Wirkung nahe. Nach intensiver Arbeit wurde in diesem Projekt gezeigt, dass die Wirkung auf den Ah-Rezeptor ausschließlich durch furanartige Verunreinigungen in der Produktlinie ausgelöst wird.

**FKZ: BWR24015**  
**Projekt:** Waldzunahme vs. Offenhaltung der Landschaft in Baden-Württemberg – Raum-Zeit-Prozesse, landschaftsökologische Auswirkungen, politische Lösungsansätze  
**Laufzeit:** 01.04.2005 bis 31.03.2008  
**Leitung:** Prof. Dr. Werner Konold  
**Institution:** Universität Freiburg, Institut für Landespflege  
**Adresse:** Tennenbacher Str. 4, 79108 Freiburg  
**Einblick:** Die ökologischen Auswirkungen der Waldvermehrung sind Gegenstand dieses Forschungsprojekts. Auf drei verschiedenen geographischen Ebenen werden die räumlichen Muster und die zeitlichen Bewaldungsprozesse erfasst. Darauf aufbauend erfolgt eine Untersuchung der Auswirkungen auf den Landschaftshaushalt, auf die Vegetationsstruktur und auf Fragestellungen der Biodiversität.

**FKZ: BWR24020**  
**Projekt:** Die Schwingklappe – Ökohydraulisches Durchlassbauwerk für regulierte Hochwasserrückhalteräume – Planung, Bauweise, Betrieb  
**Laufzeit:** 01.05.2005 bis 31.10.2007  
**Leitung:** Prof. Dr.-Ing. Hans Helmut Bernhart  
**Institution:** Universität Karlsruhe, Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik (IWK)  
**Adresse:** Paulcke-Platz 10.83, 76131 Karlsruhe  
**Einblick:** Im Rahmen eines verbesserten Hochwasserschutzes wurde ein neuartiges Bauwerk entwickelt, das Retentionsräume der Flusstäler in Baden-Württemberg berücksichtigt. Die Schwingklappe als ökohydraulisches Bauwerk wurde so konzipiert, dass der Talraum als Lebens- und Wirtschaftsraum für Menschen sowie als Habitat für Flora und Fauna möglichst wenig beeinträchtigt wird.

**FKZ: BWR27002**  
**Projekt:** Gewerbeflächenmanagement im Ländlichen Raum, insbesondere Bestandsmanagement  
**Laufzeit:** 01.09.2007 bis 30.06.2009  
**Leitung:** Prof. Günther Schöfl  
**Institution:** Forschungsgruppe Stadt + Umwelt  
**Adresse:** Blumenstr. 6, 71638 Ludwigsburg  
**Einblick:** Das Flächenpotenzial im Ländlichen Raum ist noch nicht ausreichend genutzt – durch Standortssicherung, Siedlungsstrategien und Strategien des Bestandsmanagements werden Planungsgrundlagen erstellt, die von Kommunen, Planern und einem interessierten Fachpublikum genutzt werden können.

**FKZ: BWR27004**  
**Projekt:** Wirtschaftlichkeit der Siedlungsentwicklung als Beitrag zur Nachhaltigkeit – WISINA  
**Laufzeit:** 01.09.2007 bis 31.08.2008  
**Leitung:** Prof. Dr. Alfred Ruther-Mehlis  
**Institution:** Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Institut für Angewandte Forschung  
**Adresse:** Postfach 13 49, 72603 Nürtingen  
**Einblick:** Mit Hilfe eines Softwarewerkzeugs wird eine vergleichende Abschätzung der Wirtschaftlichkeit unterschiedlicher Varianten der Siedlungsentwicklung untersucht.

Damit werden Gemeinden in einer frühen Planungsphase in die Lage versetzt, ökologische und ökonomische Folgen stadplanerischer Entscheidungen einzuschätzen. Vgl. S. 43

**T – UMWELTECHNIK**

**FKZ: BWT24004**  
**Projekt:** Systematische Untersuchungen zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlammaschen unter besonderer Berücksichtigung von Feuerungsparametern  
**Laufzeit:** 01.10.2004 bis 30.09.2006  
**Leitung:** Dipl.-Ing. Jörg Maier  
**Institution:** Universität Stuttgart, Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen  
**Adresse:** Pfaffenwaldring 23, 70569 Stuttgart  
**Einblick:** Zur Frage des Potenzials, Phosphor aus Klärschlammaschen rückzugewinnen, wurden Feuerungsparameter variiert und die Aschen untersucht. Es zeigte sich, dass für die gewählten Prozesse eine getrennte Sammlung und thermische Behandlung von Klärschlämmen nicht erforderlich ist.

**FKZ: BWT24007**  
**Projekt:** Technische Filtration von Oberflächenabflüssen aus Siedlungsgebieten  
**Laufzeit:** 01.04.2005 bis 30.06.2007  
**Leitung:** Prof. Dr. Hansjörg Brombach  
**Institution:** UFT – Umwelt- und Fluid-Technik Dr. H. Brombach GmbH  
**Adresse:** Steinstr. 7, 97980 Bad Mergentheim  
**Einblick:** Es wurde eine Filteranlage entwickelt, deren Partikelrückhaltung speziell für Regenklärbecken optimiert ist. Ziel des Projekts war, eine im Vergleich zu derzeit eingesetzten Bodenfiltern kompakte Anlage zu schaffen, die dem heutigen Gewässerschutz Rechnung trägt.

**FKZ: BWT24008**  
**Projekt:** Entwicklung biokinetischer Modelle zur Beschreibung der Wirkung von DTPA im Hinblick auf die Diagnostik und Therapie bei Inkorporationen von Plutonium und anderen Transuranen  
**Laufzeit:** 01.01.2005 bis 31.12.2007  
**Leitung:** Prof. Dr. Manfred Urban  
**Institution:** Forschungszentrum Karlsruhe, Hauptabteilung Sicherheit  
**Adresse:** Postfach 3640, 76021 Karlsruhe  
**Einblick:** Radioaktive Stoffe sollten so schnell wie möglich wieder aus dem menschlichen Körper ausgeschieden werden. Neue biokinetische Modelle werden es ermöglichen, die Effizienz der Entgiftungstherapie zu verbessern. (s. S. 26)

**U – UMWELT**

**FKZ: BWU26004**  
**Projekt:** Leonberg 2005 plus: Wasserhaushalt qualifizierter Rekultivierungsschichten  
**Laufzeit:** 01.01.2006 – 31.08.2008  
**Leitung:** Prof. Dr. Werner Konold  
**Institution:** Universität Freiburg, Institut für Landespflege  
**Adresse:** Tennenbacher Str. 4, 79108 Freiburg  
**Einblick:** Das Vorhaben befasst sich mit Rekultivierungsschichten in Deponie-Oberflächenabdichtungssystemen. Mit einer optimierten Gestaltung der Rekultivierungsschicht („Wasserhaushaltsschicht“) sollen die Sickerwassermengen durch natürliche Verdunstung minimiert werden.

**FKZ: BWU27003**  
**Projekt:** Messungen der räumlichen Variabilität der Luftqualität in einem Ballungsraum mittels einer Straßenbahn  
**Laufzeit:** 01.09.2007 bis 30.09.2010  
**Leitung:** Prof. Dr. Christoph Kottmeier  
**Institution:** Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Meteorologie und Klimaforschung





Adresse: Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen  
 Einblick: Mit Hilfe einer Straßenbahn als Messgeräteträger wird die räumliche Variabilität der Luftqualität in einem Ballungsraum und dem angrenzenden Umland gemessen und bewertet. Die Messungen können in der Schadstoffbelastung signifikante Quellgebiete identifizieren und zur Festlegung geeigneter neuer Messstellen beitragen. Zudem werden die Ergebnisse einen Beitrag zur Validierung numerischer Simulationsmodelle dienen.

Adresse: Emil-Wolff-Str. 27, 70599 Stuttgart  
 FKZ: L7524004  
 Projekt: Lärmdatenbank Baden-Württemberg – Konzeptstudie  
 Laufzeit: 01.10.2004 bis 31.07.2005  
 Leitung: Markus Petz  
 Institution: ACCON GmbH, Büro Stuttgart  
 Adresse: Flughafen, Pforte Ost, 70629 Stuttgart

FKZ: L7525006  
 Projekt: Planung und Durchführung eines Großversuchs für den Zollernalbkreis betr. die Substitution fossiler Brennstoffe bei der Firma Roherbach Zement durch einen Mix aus Bioabfall und minderwertigem Altpapier  
 Laufzeit: 01.11.2005 bis 30.04.2006  
 Leitung: Prof. Dr.-Ing. Erwin Thomanetz  
 Institution: Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft  
 Adresse: Bandtäle 2, 70569 Stuttgart

**W – UMWELT UND WOHNEN**

FKZ: BWW24009  
 Projekt: Untersuchung von volkswirtschaftlichen Folgewirkungen nach Durchführung einer Brachflächenrevitalisierung im Stadtbereich – Teil A  
 Laufzeit: 01.02.2006 bis 31.12.2007  
 Leitung: Dipl.-Geol. Frank Burchardi  
 Institution: EnviroSustain ES GmbH, Umweltingenieure  
 Adresse: Paradiesstr. 18-20, 73230 Kirchheim unter Teck  
 Einblick: Die Wiedernutzung von Stadtbrachen feiern Stadträte gerne als Erfolg. Ob die Kommunen unterm Strich dafür bezahlen müssen oder ob Erträge bleiben, wusste bislang jedoch niemand so genau. (s. S. 43)

FKZ: L7524005  
 Projekt: GERDA II (Erweiterung um Ausbreitungsrechnung, Windbereitstellung und Beurteilung)  
 Laufzeit: 01.11.2004 bis 31.03.2006  
 Leitung: Dr. A. Lohmeyer  
 Institution: Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG  
 Adresse: An der Roßweid 3, 76229 Karlsruhe

FKZ: L7525007  
 Projekt: Erstellung von Online-Kursen zur Aktualisierung der Fachkunde nach der Fachkunderichtlinie Technik gemäß Strahlenschutzverordnung und Fachkunderichtlinie Technik gemäß Röntgenverordnung (Modellversuch)  
 Laufzeit: 01.12.2005 bis 01.02.2007  
 Leitung: Dr. Hans-Jürgen Reinecke  
 Institution: Universität Tübingen, Isotopenlabor  
 Adresse: Auf der Morgenstelle 24, 72076 Tübingen

FKZ: BWW25004  
 Projekt: Analyse des Geschäftsmodells „Public Private Partnership“ bezüglich einer nachhaltigen Entwicklung. Anwendung auf Sanierung und Betrieb öffentlicher Bauten  
 Laufzeit: 01.10.2005 bis 31.03.2007  
 Leitung: Dr. Dietlinde Quack  
 Institution: Öko-Institut e.V., Geschäftsstelle Freiburg  
 Adresse: Merzhauser Straße 173, 79100 Freiburg

FKZ: L7524006  
 Projekt: Hochwasserrückhaltebecken – DIN 19700  
 Laufzeit: 01.10.2004 bis 31.12.2004  
 Leitung: Dr. Andreas Bieberstein  
 Institution: Universität Karlsruhe, Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik  
 Adresse: Richard-Willstätter-Allee, 76131 Karlsruhe

**Z – ZUKUNFTSOFFENSIVE BW**

FKZ: Z03K23001  
 Projekt: Optimierung von Fassaden zur Vermeidung sommerlicher Überhitzung  
 Laufzeit: 01.08.2003 bis 30.11.2005  
 Leitung: Prof. Dr. Ursula Eicker  
 Institution: Fachhochschule Stuttgart, Joseph-von-Egle-Institut für angewandte Forschung  
 Adresse: Schellingstr. 24, 70013 Stuttgart

FKZ: Z03K23002  
 Projekt: Evaluation und Begleitung der Umsetzung der Energieeinsparverordnung 2002 in Baden-Württemberg  
 Laufzeit: 01.09.2003 bis 31.12.2005  
 Leitung: Dipl.-Ing. H. Hertle  
 Institution: Ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH  
 Adresse: Wilkensstr. 3, 69120 Heidelberg

FKZ: Z03K23003  
 Projekt: Nahwärmeversorgung und erneuerbare Energien im Gebäudebestand – Anschluss von Pilotprojekten in Baden-Württemberg, Hemmnisanalyse und Untersuchung der Einsatzbereiche  
 Laufzeit: 01.09.2003 bis 28.02.2006  
 Leitung: Dipl.-Ing. Helmut Böhnisch  
 Institution: Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Bad.-Württ. (ZSW)  
 Adresse: Industriestr. 6, 70565 Stuttgart

FKZ: BWW25006  
 Projekt: Untersuchung von volkswirtschaftlichen Folgewirkungen nach Durchführung einer Brachflächenrevitalisierung im Stadtbereich – Teil B  
 Laufzeit: 01.02.2006 bis 31.12.2007  
 Leitung: Prof. Dr. Kilian Bizer  
 Institution: Universität Göttingen, Institut für Forstpolitik und Naturschutz  
 Adresse: Buesgenweg 5, 37077 Göttingen  
 Einblick: s. Teil A (BWW24009), s. a. S. 43

FKZ: L7524008  
 Projekt: Wissenschaftliche Begleitung der Arbeitsgruppe „Synthetische Biokraftstoffe“  
 Laufzeit: 01.10.2004 bis 31.10.2005  
 Leitung: Dr. Ole Langniß  
 Institution: Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Bad.-Württ. (ZSW)  
 Adresse: Industriestr. 6, 70565 Stuttgart

FKZ: Z03K23004  
 Projekt: Untersuchungen zur Rolle des Waldes und der Forstwirtschaft im Kohlenstoffhaushalt des Landes Baden-Württemberg  
 Laufzeit: 01.08.2003 bis 31.12.2006  
 Leitung: Dr. Christoph Hartebrodt  
 Institution: Max-Planck-Institut für Meteorologie, Institut für Forstökonomie  
 Adresse: Wonnhaldestr. 4, 79100 Freiburg

**L – KOOPERATION MIT LUBW**

FKZ: L5324001  
 Projekt: Entwicklung von Maßnahmen zur Verminderung der Badermatitis-Belastung am Bodensee  
 Laufzeit: 15.05.2004 bis 31.12.2004  
 Leitung: Prof. Dr. Karl-Otto Rothhaupt  
 Institution: Universität Konstanz, Limnologisches Institut  
 Adresse: Universitätsstr. 10, 78464 Konstanz

FKZ: L7525001  
 Projekt: Eignung von „Vogelschutz-Glas“ für transparente Lärmschutzwände  
 Laufzeit: 01.04.2005 bis 31.03.2007  
 Leitung: Dr. Hans-Willy Ley  
 Institution: Vogelwarte Radolfzell,  
 Adresse: Schloss Möggingen, 76315 Radolfzell

FKZ: Z03K23005  
 Projekt: Aerosole aus Nutztierhaltung, Teil A  
 Laufzeit: 01.01.2004 bis 31.05.2007  
 Leitung: Dr. Gerhard Lammel  
 Institution: Max-Planck-Institut für Meteorologie, Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung  
 Adresse: Bundesstr. 55, 20146 Hamburg

FKZ: L7024003  
 Projekt: Die Zukunft des EnergieSparChecks als Gebäudeenergiepass  
 Laufzeit: 01.10.2004 bis 31.03.2005  
 Leitung: Dipl.-Ing. Olaf Hildebrandt  
 Institution: ebök – Ingenieurbüro für Energieberatung, Haustechnik und ökologische Konzepte GbR  
 Adresse: Schellingstr. 4/2, 72072 Tübingen

FKZ: L7525002  
 Projekt: Amphibienschutzmaßnahmen an Straßen für den Laubfrosch (*Hyla arborea*)  
 Laufzeit: 01.04.2005 bis 30.09.2006  
 Leitung: Dr. Bernd Sures  
 Institution: Universität Karlsruhe, Zoologisches Institut I  
 Adresse: Kaiserstr. 12, 76128 Karlsruhe

FKZ: Z03K23006  
 Projekt: Klimaschutz in Baden-Württemberg: Chancen und Möglichkeiten nationaler Projekte  
 Laufzeit: 01.09.2003 bis 31.08.2004  
 Leitung: Dr. Joachim Schleich  
 Institution: Fraunhofer-Gesellschaft  
 Adresse: Breslauer Str. 48, 76139 Karlsruhe  
 FKZ: Z03K23007  
 Projekt: Aerosole aus der Nutztierhaltung, Teil B

FKZ: L7524002  
 Projekt: Monitoring der Umweltwirkungen von gentechnisch veränderten Organismen in Baden-Württemberg – Methodenentwicklung und Aufnahme der „Baseline“  
 Laufzeit: 01.10.2004 bis 31.12.2006  
 Leitung: Prof. Dr. Ellen Kandeler  
 Institution: Universität Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortslehre (310)  
 Adresse: Postfach 3640, 76021 Karlsruhe

FKZ: L7525003  
 Projekt: Wildökologische Begleituntersuchung zur Wirksamkeit des Pilotprojektes „Elektronische Wildwechselwarnanlage Aglasterhausen“  
 Laufzeit: 01.06.2005 bis 31.12.2007  
 Leitung: Dr. Rudi Suchant  
 Institution: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA), Abt. Landespflege  
 Adresse: Wonnhalde 4, 79100 Freiburg

FKZ: L7525004  
 Projekt: Untersuchung zur skalenabhängigen Modellierung konvektiver Wolken in Baden-Württemberg  
 Laufzeit: 01.01.2006 bis 30.06.2007  
 Leitung: Dr. Daniela Jacob  
 Institution: Max-Planck-Institut für Meteorologie  
 Adresse: Bundesstr. 53, 20146 Hamburg

FKZ: L7525005  
 Projekt: Radonerhebungsmessungen in Wasserwerken in Baden-Württemberg  
 Laufzeit: 01.11.2005 bis 30.09.2007  
 Leitung: Prof. Dr. Manfred Urban  
 Institution: Forschungszentrum Karlsruhe, Hauptabteilung Sicherheit  
 Adresse: Postfach 3640, 76021 Karlsruhe

- Laufzeit:** 01.03.2004 bis 31.05.2007  
**Leitung:** Prof. Dr. Volker Wulfmeyer  
**Institution:** Universität Hohenheim  
**Adresse:** Garbenstraße 30, 70599 Stuttgart
- FKZ:** ZO3K25001  
**Projekt:** Klimawirksamkeit von Rußpartikeln in Baden-Württemberg  
**Laufzeit:** 01.04.2005 bis 31.05.2008  
**Leitung:** Dr. Bernhard Vogel  
**Institution:** Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Meteorologie und Klimaforschung  
**Adresse:** Postfach 3640, 76021 Karlsruhe
- FKZ:** ZO3W23001  
**Projekt:** Charakterisierung luftgetragener Toxine und Entwicklung von Standard-/Referenzmaterialien zum Aufbau eines auf humanem Vollblut basierenden IPT-Bioindikators zur Erfassung luftgetragener Kontaminationen  
**Laufzeit:** 01.09.2003 bis 31.08.2006  
**Leitung:** Dr. med. Thomas Hartung  
**Institution:** Universität Konstanz, Fakultät für Biologie  
**Adresse:** Universitätsstraße 10, 78457 Konstanz
- FKZ:** ZO3W23002  
**Projekt:** Dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (PCB) und polychlorierte Dioxine/Furane (PCDD/F) im Innenraum – Modelluntersuchungen ...  
**Laufzeit:** 01.12.2003 bis 31.12.2004  
**Leitung:** Dr. Gerhard Volland  
**Institution:** Universität Stuttgart, Otto-Graf-Institut  
**Adresse:** Pfaffenwaldring 4, 70569 Stuttgart
- FKZ:** ZO3W23003  
**Projekt:** Handelbare Flächenausweiskontingente zur Begrenzung des Flächenverbrauchs – Ansätze für Baden-Württemberg  
**Laufzeit:** 01.09.2003 bis 31.05.2005  
**Leitung:** Dr. Rainer Walz  
**Institution:** Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung  
**Adresse:** Breslauer Str. 48, 76139 Karlsruhe
- FKZ:** ZO3W23004  
**Projekt:** Lärm in der schulischen Umwelt und kognitive Leistungen bei Grundschulkindern – Teil A: Umwelt- und bauakustische Untersuchungen  
**Laufzeit:** 01.10.2003 bis 31.08.2006  
**Leitung:** Dr.-Ing. Philip Leistner  
**Institution:** Fraunhofer Institut für Bauphysik  
**Adresse:** Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart  
**Einblick:** Klassenräume sind keine Oasen der Ruhe. Die Untersuchung stellt eine klare Leistungsminderung der Schüler durch zu lange Nachhallzeiten im Klassenzimmer fest. (s. S. 30)
- FKZ:** ZO3W23005  
**Projekt:** Lärm in der schulischen Umwelt und kognitive Leistungen bei Grundschulkindern – Teil B: Kognitionspsychologische Untersuchungen  
**Laufzeit:** 01.10.2003 bis 31.08.2006  
**Leitung:** Prof. Dr. Jürgen Hellbrück  
**Institution:** Kath. Universität Eichstätt-Ingolstadt, Interdisziplinäres Zentrum für Gesundheitswissenschaften (IZG)  
**Adresse:** Ostenstr. 26-28, 85072 Eichstätt  
**Einblick:** s. Teil A, ZO3W23004 (s. S. 30)
- FKZ:** ZO4B26008  
**Projekt:** Entwicklung, Bau, Betrieb und Simulation eines 1-kW-HT-PEMFC-Stacks  
**Laufzeit:** 01.10.2006 bis 30.09.2008  
**Leitung:** Dr. Joachim Scholta  
**Institution:** Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Bad.-Württ. (ZSW)  
**Adresse:** Helmholtzstraße 8, 89081 Ulm  
**Einblick:** Im Rahmen dieses Brennstoffzellen-Projekts wird ein Hochtemperatur-PEMFC-Stack mit einer Leistung von 1 kW<sub>el</sub> entwickelt, gebaut, betrieben und simuliert. Ziel des Vorhabens ist es, für den Kraft-Wärme-Kopplungsbetrieb geeignete HT-PEMFC-Stacks auf Basis von phosphorsäureimprägnierten PBI-Membranen zu konstruieren und hinsichtlich ihrer Betriebsparameter zu testen. (s. S. 18)
- FKZ:** ZO4B26010  
**Projekt:** Betrieb eines 4 kWe-PEM-Brennstoffzellensystems mit regenerativen Brennstoffen – Teil 1  
**Laufzeit:** 01.10.2006 bis 31.03.2009  
**Leitung:** Prof. Dr. Michael Specht  
**Institution:** Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Bad.-Württ. (ZSW)  
**Adresse:** Industriestr. 6, 70565 Stuttgart  
**Einblick:** Ziel ist der Betrieb einer 4-kW<sub>el</sub>-PEM-Brennstoffzellen-Demonstrationsanlage mit leicht speicherbaren, nicht-leitungsgebundenen regenerativen Brennstoffen wie Ethanol, Methanol oder Dimethylether (DME). Das Projekt soll als strategische Entscheidungshilfe dienen, welcher regenerative Brennstoff zur Versorgung von PEM-Brennstoffzellen im stationären Einsatz die größten Zukunftsperspektiven zur klimaneutralen Strom- und Wärmebereitstellung aufweist. (s. S. 18)
- FKZ:** ZO4B26011  
**Projekt:** Betrieb eines 4 kWe-PEM-Brennstoffzellensystems mit regenerativen Brennstoffen – Teil 2  
**Laufzeit:** 01.10.2006 bis 31.03.2009  
**Leitung:** Prof. Dr.-Ing. Oliver Sawodny  
**Institution:** Universität Stuttgart, Institut für Systemdynamik  
**Adresse:** Pfaffenwaldring 9, 70569 Stuttgart  
**Einblick:** s. Teil 1, ZO4B26010 (s. S. 18)
- FKZ:** ZO4B26012  
**Projekt:** Betrieb eines 4 kWe-PEM-Brennstoffzellensystems mit regenerativen Brennstoffen – Teil 3  
**Laufzeit:** 01.10.2006 bis 31.03.2009  
**Leitung:** Prof. Dr.-Ing. Ulrich Nieken  
**Institution:** Universität Stuttgart, Institut für Chemische Verfahrenstechnik  
**Adresse:** Böblinger Str. 72, 70199 Stuttgart  
**Einblick:** s. Teil 1, ZO4B26010 (s. S. 18)
- FKZ:** ZO4B26013  
**Projekt:** SOFC für regenerative Brennstoffe aus hydrothormaler Vergasung – Teil 1  
**Laufzeit:** 01.10.2006 bis 31.03.2009  
**Leitung:** Prof. Dr.-Ing. Ellen Ivers-Tiffée  
**Institution:** Universität Karlsruhe, Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik  
**Adresse:** Adenauerring 20b, 76131 Karlsruhe  
**Einblick:** Ziel des Projekts ist es, den Nachweis zu erbringen, dass hydrothermale Vergasung und SOFC zur Stromerzeugung sinnvoll und effizient gekoppelt werden können. Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt in der Identifikation von Gaszusammensetzungen und Betriebsbedingungen, unter denen ein stabiler Betrieb der SOFC möglich ist. (s. S. 18)
- FKZ:** ZO4B26014  
**Projekt:** SOFC für regenerative Brennstoffe aus hydrothormaler Vergasung – Teil 2  
**Laufzeit:** 01.10.2006 bis 31.03.2009  
**Leitung:** Prof. Dr. Eckhard Dinjus  
**Institution:** Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Technische Chemie  
**Adresse:** Postfach 3640, 76021 Karlsruhe  
**Einblick:** s. Teil 1, ZO4B26013 (s. S. 18)
- FKZ:** ZO4B26019  
**Projekt:** Betrieb von Hochtemperatur-Brennstoffzellen (SOFC) unter transienten Lastbedingungen  
**Laufzeit:** 01.10.2006 bis 31.03.2009  
**Leitung:** Prof. Dr.-Ing. Ellen Ivers-Tiffée  
**Institution:** Universität Karlsruhe, Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik  
**Adresse:** Adenauerring 20b, 76131 Karlsruhe  
**Einblick:** In diesem Vorhaben wird untersucht, welche Konsequenzen sich für den Zellverbund in SOFC-Systemen aus den transienten Lastbedingungen eines Wechselrichterbetriebs ergeben. Aus einer mathematischen Beschreibung des Lastverhaltens sollen Hinweise für die Auslegung und Betriebsführung von Wechselrichtern abgeleitet werden, die hinsichtlich Leistungsausbeute und Degradation der Leistungsabgabe optimiert sind. (s. S. 18)
- FKZ:** ZO4B26020  
**Projekt:** Minimierung des Druckverlusts durch Optimierung der CO-Entfernungstufe für eine stationäre PEM-Brennstoffzellenanwendung  
**Laufzeit:** 01.10.2006 bis 31.03.2009  
**Leitung:** Prof. Dr.-Ing. Rainer Reimert  
**Institution:** Universität Karlsruhe, Engler-Bunte-Institut Bereich Gas, Erdöl und Kohle  
**Adresse:** Engler-Bunte-Ring 1, 76131 Karlsruhe  
**Einblick:** Das Vorhaben hat die Minimierung des Druckverlusts eines stationären, mit Erdgas versorgten Brennstoffzellen-Heizsystems zum Ziel. Dies soll erreicht werden durch den Einsatz von metallischen Wabenreaktoren sowie durch die Reduzierung der Anzahl der benötigten CO-Entfernungsstufen im Reformatgas. (s. S. 18)
- FKZ:** ZO4B26028  
**Projekt:** Hochtemperatur-PEM auf Basis funktionsintegrierter innovativer Komponenten zum Einsatz regenerativer Kohlenwasserstoffe in der Kraft-Wärme-Kopplung – Teil 1  
**Laufzeit:** 01.10.2006 – 30.09.2008  
**Leitung:** Dr. Carsten Agert  
**Institution:** Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE  
**Adresse:** Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg  
**Einblick:** Ziel des Forschungsvorhabens ist die Herstellung und Charakterisierung eines neuartigen Hochtemperatur-Brennstoffzellenstapels mit funktionsintegrierten Einzelkomponenten für die Anwendung in Kraft-Wärme-Kopplungs-Systemen. Des Weiteren werden für den Hochtemperaturbetrieb geeignete Membran-Elektroden-Anordnungen ausgewählt und hinsichtlich ihrer Eignung für den Einsatz im Hochtemperaturbetrieb eingehend untersucht. (s. S. 18)
- FKZ:** ZO4B26029  
**Projekt:** Hochtemperatur-PEM auf Basis funktionsintegrierter innovativer Komponenten zum Einsatz regenerativer Kohlenwasserstoffe in der Kraft-Wärme-Kopplung – Teil 2  
**Laufzeit:** 01.10.2006 bis 30.09.2008  
**Leitung:** Dr. Claas Müller  
**Institution:** Universität Freiburg, Institut für Mikrosystemtechnik  
**Adresse:** Georges-Köhler-Allee 103, 79110 Freiburg  
**Einblick:** s. Teil 1, ZO4B26028 (s. S. 18)
- FKZ:** ZO4B26037  
**Projekt:** Ortsaufgelöste Charakterisierung und modellgestützte Optimierung der planaren SOFC – Teil 1  
**Laufzeit:** 01.10.2006 bis 31.03.2009  
**Leitung:** Dr. Günter Schiller  
**Institution:** Institut für Technische Thermodynamik des DLR  
**Adresse:** Pfaffenwaldring 38-40, 70569 Stuttgart  
**Einblick:** Ziel des vorliegenden Forschungsvorhabens ist das detaillierte Verständnis der grundlegenden Ursachen, insbesondere der Zusammenhänge von örtlichen Inhomogenitäten mit Betriebsbedingungen, Zellgeometrie und Zelleistung. Das Projekt soll konkrete Strategien für die Unterstützung der Materialentwicklung durch modellbasierte Optimierung hervorbringen. (s. a. S. 18)
- FKZ:** ZO4B26038  
**Projekt:** Ortsaufgelöste Charakterisierung und modellgestützte Optimierung der planaren SOFC – Teil 2  
**Laufzeit:** 01.10.2006 bis 30.09.2009  
**Leitung:** Dr. Wolfgang Bessler  
**Institution:** Universität Heidelberg, Interdisziplinäres Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen (IWR), Arbeitsgruppe Brennstoffzellen und Katalyse  
**Adresse:** Im Neuenheimer Feld 368, 69120 Heidelberg  
**Einblick:** s. Teil 1, ZO4B26037 (s. S. 18)



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

- Leitung: Prof. Dr. rer. nat. Dr.-Ing. Andrés **Bárdossy**  
 Projekt: Erzeugung simultan-synthetischer Niederschlagsreihen hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung für Baden-Württemberg  
 Laufzeit: 07/2004 bis 06/2007  
 Institution: Universität Stuttgart, Institut für Wasserbau, Lehrstuhl für Hydrologie und Geohydrologie  
 Adresse: Pfaffenwaldring 61, 70550 Stuttgart  
 Telefon: 0711/685-64679  
 Internet: www.iwvs.uni-stuttgart.de  
 E-Mail: bardossy@iwvs.uni-stuttgart.de
- Leitung: Prof. Dr. Kilian **Bizer**  
 Projekt: Untersuchung von volkswirtschaftlichen Folgewirkungen nach Durchführung einer Brachflächenrevitalisierung im Stadtbereich – Teil B  
 Laufzeit: 02/2006 bis 07/2007  
 Institution: Wirtschaftspolitik und Mittelstandsforschung, Georg-August-Universität Göttingen  
 Adresse: Platz der Göttinger Sieben 3, 37073 Göttingen  
 Telefon: 0551/394-602  
 Internet: www.economics.uni-goettingen.de/bizer  
 E-Mail: bizer@wiwi.uni-goettingen.de  
 Partner: Sonderforschungsgruppe Institutsanalyse (sofia)  
 Adresse: Haardtring 100, 64285 Darmstadt  
 Telefon: 06151/168-746  
 Internet: www.sofia-darmstadt.de
- Leitung: Dipl.-Geol. Frank **Burchardi**  
 Projekt: Untersuchung von volkswirtschaftlichen Folgewirkungen nach Durchführung einer Brachflächenrevitalisierung im Stadtbereich – Teil A  
 Laufzeit: 02/2006 bis 12/2007  
 Institution: ES EnviroSustain GmbH, Gebäude – Technik – Umwelt  
 Adresse: Tannenbergstraße 139, 73230 Kirchheim unter Teck  
 Telefon: 07021/73 73-617  
 Internet: www.envirosustain.com  
 E-Mail: fb@envirosustain.com
- Kontakt: Dr. Harald **Creutzmacher**  
 Projekt: Ozon-Querempfindlichkeit bei Immissionsmessungen von schwebstaubakkumuliertem Benzol[a]pyren  
 Laufzeit: fortdauernd  
 Institution: Landesanstalt für Umweltschutz, Messungen und Naturschutz (LUBW)  
 Adresse: Großoberfeld 3, 76135 Karlsruhe  
 Telefon: 0721/5600-3130  
 Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de  
 E-Mail: harald.creutzmacher@lubw.bwl.de
- Leitung: Dr.-Ing. Egon **Erich**  
 Projekt: Entstaubung und Optimierung der katalytischen Emissionsverminderung von Rauchgasen aus holzbetriebenen Klein- und Kleinstfeuerungsanlagen  
 Laufzeit: 04/2006 bis 12/2007  
 Institution: Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V.  
 Adresse: Bliersheimer Straße 60, 47229 Duisburg  
 Telefon: 02065/418-268  
 Internet: www.iuta.de  
 E-Mail: erich@iuta.de  
 Kontakt: Peter Neisecke  
 Institution: LUBW  
 Adresse: Hertzstraße 173, 76187 Karlsruhe  
 Telefon: 0721/5600-2297  
 Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de  
 E-Mail: peter.neisecke@lubw.bwl.de
- Kontakt: Werner **Franke**  
 Projekt: Herausforderung Klimawandel  
 Laufzeit: 2006 bis 2009  
 Institution: Landesanstalt für Umweltschutz, Messungen und Naturschutz (LUBW)  
 Adresse: Griesbachstraße 1-3, 76185 Karlsruhe  
 Telefon: 0721/5600-1423
- Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de  
 E-Mail: werner.franke@lubw.bwl.de  
 Partner: Prof. Dr. Christoph Kottmeier  
 Projekt: Extremereignisse, Forschungsprogramm Herausforderung Klimawandel  
 Laufzeit: 10/2006 bis 09/2009  
 Institution: Universität Karlsruhe (TH), Institut für Meteorologie und Klimaforschung der Universität Karlsruhe  
 Adresse: Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe  
 Telefon: 0721/608-6370,  
 Internet: www.imk.uni-karlsruhe.de  
 E-Mail: kottmeier@imk.uka.de  
 Partner: Prof. Dr. Helmut Mayer  
 Projekt: RESTER, Forschungsprogramm Herausforderung Klimawandel  
 Laufzeit: 10/2006 bis 09/2009  
 Institution: Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Meteorologisches Institut  
 Adresse: Werderring 10, 79085 Freiburg  
 Telefon: 0761/203-3591  
 Internet: www.meteo.uni-freiburg.de  
 E-Mail: helmut.mayer@meteo.uni-freiburg.de  
 Partner: Dr. Michael Kunz  
 Projekt: RESTER, Forschungsprogramm Herausforderung Klimawandel  
 Laufzeit: 10/2006 bis 09/2009  
 Institution: Universität Karlsruhe (TH), Institut für Meteorologie und Klimaforschung der Universität Karlsruhe  
 Adresse: Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe  
 Telefon: 0721/608-8711  
 Internet: www.imk.uni-karlsruhe.de  
 E-Mail: michael.kunz@imk.fzk.de  
 Partner: Prof. Dr.-Ing. Bodo Ruck  
 Projekt: RESTER, Forschungsprogramm Herausforderung Klimawandel  
 Laufzeit: 10/2006 bis 09/2009  
 Institution: Universität Karlsruhe (TH), Institut für Hydromechanik  
 Adresse: Kaiserstraße 12 76131 Karlsruhe  
 Telefon: 0721/608-3897  
 Internet: www.ifh.uni-karlsruhe.de  
 E-Mail: ruck@uka.de  
 Partner: Prof. Dr. Werner Konold  
 Projekt: Klimawandel und Biotope, Forschungsprogramm Herausforderung Klimawandel  
 Laufzeit: 10/2007 bis 09/2009  
 Institution: Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Institut für Landespflege  
 Adresse: Tennenbacher Straße 4, 79106 Freiburg  
 Telefon: 0761/203-3634  
 Internet: www.landspflege-freiburg.de  
 E-Mail: werner.konold@landespflege.uni-freiburg.de  
 Partner: Dr. Thomas Gabrio  
 Projekt: Ambrosia, Forschungsprogramm Herausforderung Klimawandel  
 Laufzeit: 06/2006 bis 06/2009  
 Institution: Regierungspräsidium Stuttgart, Landesgesundheitsamt  
 Adresse: Nordbahnhofstraße 135, 70191 Stuttgart  
 Telefon: 0711/904-39660  
 Internet: www.rp-stuttgart.de  
 www.gesundheitsamt.bw.de  
 E-Mail: thomas.gabrio@rps.bwl.de  
 abteilung9@rps.bwl.de  
 Partner: Dr. Beate Alberternst  
 Projekt: Ambrosia, Forschungsprogramm Herausforderung Klimawandel  
 Laufzeit: 06/2006 bis 06/2009  
 Institution: Projektgruppe Biodiversität und Landschaftsökologie  
 Adresse: Hintern Alten Ort 9, 61169 Friedberg  
 Telefon: 06031/1609233  
 E-Mail: b.alberternst@online.de  
 Partner: Dr. Klaus Bucher  
 Projekt: Ambrosia, Forschungsprogramm Herausforderung Klimawandel  
 Laufzeit: 06/2006 bis 06/2009  
 Institution: Deutscher Wetterdienst, Abteilung Medizin-Meteorologie  
 Adresse: Stefan-Maier-Straße 4-6, 79104 Freiburg  
 Telefon: 0761/28202-56  
 Internet: www.dwd.de  
 E-Mail: klaus.bucher@dwd.de
- Partner: Prof. Dr. med. Heidrun Behrendt  
 Projekt: Ambrosia, Forschungsprogramm Herausforderung Klimawandel  
 Laufzeit: 06/2006 bis 06/2009  
 Institution: Technische Universität München, Zentrum für Allergie und Umwelt  
 Adresse: Biedersteiner Str. 21, 80802 München  
 Telefon: 089/41403450  
 Internet: www.lrz.tum.de  
 E-Mail: Heidrun.Behrendt@lrz.tum.de  
 Partner: Prof. Dr. Ute Mackenstedt  
 Projekt: Klimawandel und die Ausbreitung von vektorübertragenen Krankheiten, Forschungsprogramm Herausforderung Klimawandel  
 Laufzeit: 10/2006 bis 10/2008  
 Institution: Universität Hohenheim, Institut für Zoologie, FG Parasitologie  
 Adresse: Emil-Wolff-Str. 34, 70599 Stuttgart  
 Telefon: 0711/4592275  
 Internet: www.uni-hohenheim.de  
 E-Mail: mackenst@uni-hohenheim.de  
 Partner: Dr. G. Schädler  
 Projekt: Probabilistische Abschätzung regionaler Klimaänderungen, Forschungsprogramm Herausforderung Klimawandel  
 Laufzeit: 06/2007 bis 12/2009  
 Institution: Universität Karlsruhe (TH), Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK)  
 Adresse: Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe  
 Telefon: 07247/822085  
 Internet: www.imk.uni-karlsruhe.de  
 E-Mail: gerd.schaedler@imk.fzk.de  
 Partner: Prof. Dr. Andreas Hense  
 Institution: Universität Bonn, Meteorologisches Institut  
 Adresse: Auf dem Hügel 20, 53121 Bonn  
 Telefon: 0228/735190  
 Internet: www.meteo.uni-bonn.de  
 E-Mail: ahense@uni-bonn.de  
 Partner: Dr. Frank Kreienkamp, Dr. Wolfgang Enke  
 Institution: Climate&Environment Consulting Potsdam GmbH  
 Adresse: Telegrafenberg A31, 14473 Potsdam  
 Telefon: 0331/2882692  
 Internet: www.cec-potsdam.de  
 E-Mail: frank.kreienkamp@cec-potsdam.de  
 wolfgang.enke@cec-postdam.de
- Leitung: Prof. Dr. Jürgen **Hellbrück**  
 Projekt: Lärm in der schulischen Umwelt und kognitive Leistungen bei Grundschulkindern – Teilprojekt B: Kognitionspsychologische Untersuchungen  
 Laufzeit: 10/2003 bis 08/2006  
 Institution: Kath. Universität Eichstätt-Ingolstadt, Interdisziplinäres Zentrum für Gesundheitswissenschaften (IZG)  
 Adresse: Ostenstraße 26-28, 85072 Eichstätt  
 Telefon: 08421/93-1410  
 Internet: www.ku-eichstaett.de  
 E-Mail: juergen.hellbrueck@ku-eichstaett.de  
 Partner: Dr. Maria Klatte  
 Institution: Parmenides Learning-to-Think-Stiftung  
 Adresse: Kardinal-Faulhaber-Straße 14a, 80333 München  
 E-Mail: maria.klatte@parmenides-foundation.org
- Leitung: Prof. Dr. Heinz **Hötzl**  
 Projekt: Entwicklung einer optimierten Tracertechnik unter Verwendung von fluoreszierenden Mikrokügelchen zur Bewertung der hygienischen Grundwassergeräuführung  
 Laufzeit: 03/2004 bis 02/2007  
 Institution: Universität Karlsruhe, Geologisches Institut  
 Adresse: Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe  
 Telefon: 0721/608-3096  
 Internet: www.agk.uni-karlsruhe.de  
 E-Mail: heinz.hoetzl@agk.uni-karlsruhe.de  
 Kontakt: Peter Neisecke  
 Dr. Thomas Nöltner  
 Institution: LUBW  
 Adresse: Hertzstraße 173, 76187 Karlsruhe  
 Telefon: 0721/5600-2297



- Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de  
E-Mail: peter.neisecke@lubw.bwl.de  
Thomas.Noeltner@lubw.bwl.de
- Kontakt: Dr. Bernd-M. **Kemper**  
Projekt: Einsatz von Sensortechnik zur Überwachung von Holzfeuerungen  
Laufzeit: 12/2006 bis 10/2007  
Institution: LUBW  
Adresse: Hertzstraße 173, 76187 Karlsruhe  
Telefon: 0721/5600-2298  
Telefax: 0721/5600-2339  
Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de  
E-Mail: bernd-m.kemper@lubw.bwl.de  
Partner: Prof. Dr.-Ing. Ellen Ivers-Tiffée  
Kontakt: Dr.-Ing. Wolfgang Menesklu  
Förderkz: LUBW 4500008212/31  
Institution: Universität Karlsruhe, Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik (IWE)  
Adresse: Adenauerring 20, 76131 Karlsruhe  
Telefon: 0721/608-7493  
Internet: www.iwe.uni-karlsruhe.de  
E-Mail: menesklu@iwe.uni-karlsruhe.de  
Partner: Prof. Dr.-Ing. Ellen Ivers-Tiffée  
Kontakt: Dr.-Ing. Michael Struschka  
Projekt: Untersuchung von Sensoren an Feuerungsanlagen  
Laufzeit: 07/2007 bis 10/2007  
Institution: Universität Stuttgart, Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen (IVD)  
Adresse: Pfaffenwaldring 23, 70569 Stuttgart (Vaihingen)  
Telefon: 0711/685-67776  
Internet: www.ivd.uni-stuttgart.de  
E-Mail: struschka@ivd.uni-stuttgart.de
- Leitung: Prof. Dr.-Ing. **Koenigsdorff**  
Projekt: GEO-SOLE Vergleichende hydrogeologische und anlagentechnische Bewertung von Wärmeträgerflüssigkeiten für oberflächennahe geothermische Anwendungen  
Laufzeit: 01/2006 bis 04/2008  
Institution: Hochschule Biberach, Institut für Gebäude- und Energiesysteme  
Adresse: Karlstraße 11, 88400 Biberach a. d. Riss  
Telefon: 07351/582-255  
Internet: www.fh-biberach.de  
E-Mail: koenigsdorff@fh-biberach.de  
Partner: Prof. Dr. Heinz Hötzl  
Kontakt: Dipl.-Geol. Dr. Roman Zorn  
Institution: Universität Karlsruhe, Geologisches Institut  
Adresse: Kaiserstraße 12, 76128 Karlsruhe  
Telefon: 0721/608-3096  
Internet: www.agk.uni-karlsruhe.de  
E-Mail: roman.zorn@agk.uni-karlsruhe.de
- Leitung: Vassilios **Kolokotronis**, Wolfgang Hennegriff  
Projekt: Klimawandel und Hochwasser – Erkenntnisse und Anpassungsstrategien beim Hochwasserschutz  
Laufzeit: 1999 bis 2005  
Projekt: Veränderungen des Wasserhaushalts in Baden-Württemberg in Folge der Klimaänderung  
Laufzeit: 1999 bis 12/2009  
Institution: Landesanstalt für Umweltschutz, Messungen und Naturschutz  
Adresse: Benzstraße 5, 76185 Karlsruhe  
Telefon: 0721/5600-1361  
Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de  
E-Mail: vassilios.kolokotronis@lubw.bwl.de  
Wolfgang.hennegriff@lubw.bwl.de
- Leitung: Dr. Christian **Kühne**  
Projekt: Förderprogramm betriebliche Umwelttechnik  
Institution: Umweltministerium Baden-Württemberg  
Adresse: Postfach 103439, 70029 Stuttgart  
Telefon: 0711/126-2297  
Internet: www.um.baden-wuerttemberg.de  
E-Mail: christian.kuehne@um.bwl.de  
E-Mail: Guenter.Tovar@igb.fraunhofer.de  
Partner: Dr. Jürgen Braun  
Projekt: Anwendung nanoskaliger Eisen-Kolloide zur In-Situ-Sanierung anthropogener CKW-Kontaminationen im Untergrund  
(Ausbreitungsuntersuchungen unter feldnahen und Feldbedingungen), Förderprogramm betriebliche Umwelttechnik  
Laufzeit: 08/2007 bis 07/2008  
Institution: Universität Stuttgart, Institut für Wasserbau, VEGAS  
Adresse: Pfaffenwaldring 61, 70569 Stuttgart  
Telefon: 0711/685-67018  
Internet: www.iws.uni-stuttgart.de  
E-Mail: jb@iws.uni-stuttgart.de  
Partner: Dr. Christian Oehr  
Projekt: Smart Membranes, Förderprogramm betriebliche Umwelttechnik  
Laufzeit: 07/2007 bis 06/2008  
Institution: Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik  
Adresse: Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart  
Telefon: 0711/970-4137  
Internet: www.igb.fraunhofer.de  
E-Mail: christian.oehr@igb.fraunhofer.de  
Partner: Dr. Thomas Schiestel  
Projekt: Entwicklung von Membranen für die Gewinnung alternativer Energie durch Osmosekraftwerke, Förderprogramm betriebliche Umwelttechnik  
Laufzeit: 07/2007 bis 03/2008  
Institution: Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik  
Adresse: Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart  
Telefon: 0711/970-4164  
Internet: www.igb.fraunhofer.de  
E-Mail: Thomas.Schiestel@igb.fraunhofer.de  
Partner: PD Dr. Günter Tovar  
Projekt: NANOCYTES – Technologie zur Reduzierung ausgewählter Schadstoffe. Spezifische Adsorption von Micropollutants aus Abwässern, Förderprogramm betriebliche Umwelttechnik  
Laufzeit: 07/2007 bis 06/2008  
Institution: Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik  
Adresse: Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart  
Telefon: 0711/970-4109  
Internet: www.igb.fraunhofer.de  
E-Mail: Guenter.Tovar@igb.fraunhofer.de
- Leitung: Dr.-Ing. Philip **Leistner**  
Projekt: Lärm in der schulischen Umwelt und kognitive Leistungen bei Grundschulkindern – Teilprojekt A: Umwelt- und bauakustische Untersuchungen  
Laufzeit: 10/2003 bis 08/2006  
Institution: FHG, Institut für Bauphysik  
Adresse: Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart  
Telefon: 0711/970-3314  
Internet: www.ibp.fhg.de  
E-Mail: philip.leistner@ibp.fraunhofer.de
- Leitung: Dr. Manfred **Loistl**  
Projekt: Herausforderung Brennstoffzelle  
Institution: Umweltministerium Baden-Württemberg  
Adresse: Kernerplatz 8, 70182 Stuttgart  
Telefon: 0711/126-2696  
Internet: www.um.baden-wuerttemberg.de  
E-Mail: Manfred.Loistl@um.BWL.DE  
Partner: Dr. Joachim Scholta  
Projekt: Entwicklung, Bau, Betrieb und Simulation eines 1-kW-HT-PEMFC-Stacks, Herausforderung Brennstoffzelle  
Laufzeit: 10/2006 bis 09/2008  
Institution: Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Geschäftsbereich 3  
Adresse: Helmholtzstraße 8, 89081 Ulm  
Telefon: 0731/9530-0  
Internet: www.zsw-bw.de  
E-Mail: info@zsw-bw.de  
Partner: Dr. Michael Specht  
Projekt: Betrieb eines 4-kW<sub>e</sub>-PEM-Brennstoffzellensystems mit regenerativen Brennstoffen – Teil 1, Herausforderung Brennstoffzelle  
Laufzeit: 10/2006 bis 03/2009  
Institution: Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)  
Adresse: Industriestraße 6, 70565 Stuttgart  
Telefon: 0711/7810-218  
Internet: www.zsw-bw.de  
E-Mail: michael.specht@zsw-bw.de  
Partner: Prof. Dr.-Ing. Oliver Sawodny
- Projekt: Betrieb eines 4-kW<sub>e</sub>-PEM-Brennstoffzellensystems mit regenerativen Brennstoffen – Teil 2, Herausforderung Brennstoffzelle  
Laufzeit: 10/2006 bis 03/2009  
Institution: Universität Stuttgart, Institut für Systemdynamik  
Adresse: Pfaffenwaldring 9, 70569 Stuttgart  
Telefon: 0711/685-66302/66303  
Internet: sekisys@isys.uni-stuttgart.de  
E-Mail: oliver.sawodny@isys.uni-stuttgart.de  
Partner: Prof. Dr.-Ing. Ulrich Nieken  
Projekt: Betrieb eines 4 kWe-PEM-Brennstoffzellensystems mit regenerativen Brennstoffen – Teil 3, Herausforderung Brennstoffzelle  
Laufzeit: 10/2006 bis 03/2009  
Institution: Universität Stuttgart, Institut für Chemische Verfahrenstechnik  
Adresse: Böblinger Straße 72, 70178 Stuttgart  
Telefon: 0711/685-85229  
Internet: www.icvt.uni-stuttgart.de  
E-Mail: ulrich.nieken@icvt.uni-stuttgart.de  
Partner: Prof. Dr.-Ing. Ellen Ivers-Tiffée  
Projekt: SOFC für regenerative Brennstoffe aus hydrothormaler Vergasung – Teil 1, Betrieb von Hochtemperatur-Brennstoffzellen (SOFC) unter transienten Lastbedingungen, Herausforderung Brennstoffzelle  
Laufzeit: 10/2006 bis 03/2009  
Institution: Universität Karlsruhe, Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik (IWE)  
Adresse: Adenauerring 20, 76131 Karlsruhe  
Telefon: 0721/608-7491  
Internet: www.iwe.uni-karlsruhe.de  
E-Mail: ellen.ivers@iwe.uni-karlsruhe.de  
Partner: Prof. Dr. Eckhard Dinjusz  
Projekt: SOFC für regenerative Brennstoffe aus hydrothormaler Vergasung – Teil 2, Herausforderung Brennstoffzelle  
Laufzeit: 10/2006 bis 03/2009  
Institution: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Institut für Technische Chemie  
Adresse: Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen  
Telefon: 07247/82-2401  
Telefax: 07247/82 2244  
Internet: www.fzk.de  
E-Mail: office@itc-cpv.fzk.de  
Partner: Prof. Dr.-Ing. Rainer Reimert  
Projekt: Minimierung des Druckverlusts durch Optimierung der CO-Entfernungsstufe für eine stationäre PEM-Brennstoffzellenanwendung, Herausforderung Brennstoffzelle  
Laufzeit: 10/2006 bis 03/2009  
Institution: Universität Karlsruhe, Engler-Bunte-Institut, Bereich Gas, Erdöl und Kohle  
Adresse: Engler-Bunte-Ring 1, 76131 Karlsruhe  
Telefon: 0721/608-2561  
Internet: www.ebig.uni-karlsruhe.de  
E-Mail: rainer.reimert@ciw.uni-karlsruhe.de  
Partner: Dr. Carsten Argert  
Projekt: Hochtemperatur-PEM auf Basis funktionsintegrierter innovativer Komponenten zum Einsatz regenerativer Kohlenwasserstoffe in der Kraft-Wärme-Kopplung – Teil 1, Herausforderung Brennstoffzelle  
Laufzeit: 10/2006 bis 09/2008  
Institution: Fraunhofer-Gesellschaft, Institut für Solare Energiesysteme (ISE)  
Adresse: Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg  
Telefon: 07 61/4588-53 46  
Internet: www.ise.fraunhofer.de  
E-Mail: carsten.argert@ise.fraunhofer.de  
Partner: Dr. Claas Müller  
Projekt: Hochtemperatur-PEM auf Basis funktionsintegrierter innovativer Komponenten zum Einsatz regenerativer Kohlenwasserstoffe in der Kraft-Wärme-Kopplung – Teil 2, Herausforderung Brennstoffzelle  
Laufzeit: 10/2006 bis 09/2008  
Institution: Universität Freiburg, Institut für Mikrosystemtechnik (IMTEK)  
Adresse: Georges-Köhler-Allee 103, 79110 Freiburg  
Telefon: 0761/2037354  
Internet: www.imtek.de  
E-Mail: claes.mueller@imtek.uni-freiburg.de





- Partner: Dr. Günter Schiller  
 Projekt: Ortsaufgelöste Charakterisierung und modellgestützte Optimierung der planaren SOFC – Teil 1, Herausforderung Brennstoffzelle  
 Laufzeit: 10/2006 bis 03/2009  
 Institution: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Technische Thermodynamik  
 Adresse: Pfaffenwaldring 38-40, 70569 Stuttgart  
 Telefon: 0711/6862-635  
 Internet: www.dlr.de  
 E-Mail: guenter.schiller@dlr.de  
 Partner: Dr. Wolfgang Bessler  
 Projekt: Ortsaufgelöste Charakterisierung und modellgestützte Optimierung der planaren SOFC – Teil 2, Herausforderung Brennstoffzelle  
 Laufzeit: 10/2006 bis 03/2009  
 Institution: Universität Heidelberg, Interdisziplinäres Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen (IWR)  
 Adresse: Im Neuenheimer Feld 368, 69120 Heidelberg  
 Telefon: 06221/54-8252  
 Internet: www.iwr.uni-heidelberg.de  
 E-Mail: bessler@uni-heidelberg.de
- Leitung: Prof. Dr.-Ing. H. Müller-Steinhagen  
 Kontakt: Dr. Henner Kerskes  
 Projekt: MonoSorp – Integrales Konzept zur solarthermischen Gebäudeheizung mit Sorptionswärmespeicher  
 Laufzeit: 10/2005 bis 03/2007  
 Institution: Universität Stuttgart, Inst. für Thermodynamik und Wärmetechnik  
 Adresse: Pfaffenwaldring 6, 70550 Stuttgart  
 Telefon: 0711/685-63534  
 Internet: www.itw.uni-stuttgart.de  
 E-Mail: kerskes@itw.uni-stuttgart.de
- Kontakt: Dr. Luise **Murmann-Kristen**  
 Projekt: Biologische Vielfalt  
 Institution: LUBW  
 Adresse: Griesbachstraße 1-3, 76185 Karlsruhe  
 Telefon: 0721/5600-1284  
 Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de  
 E-Mail: luise.murmann-kristen@lubw.bwl.de
- Leitung: Prof. Dr.-Ing. Franz. **Nestmann**  
 Projekt: Hydraulik naturnaher Fließgewässer (Teil 2)  
 Laufzeit: 09/2003 bis 08/2006  
 Institution: Universität Karlsruhe, Institut für Wasser und Gewässerentwicklung, Bereich Wasserwirtschaft und Kulturtechnik  
 Adresse: Kaiserstraße 12, 76128 Karlsruhe  
 Telefon: 0721/608-2194/6388  
 Internet: www.bgu.uni-karlsruhe.de  
 E-Mail: nestmann@iwg.uka.de
- Leitung: Dr. Matthias **Oetken**  
 Projekt: Genetische Verarmung als Folge von Schadstoffstress bei Wirbellosen – ein Beitrag zur Biodiversitätsforschung  
 Laufzeit: 09/2003 bis 08/2006  
 Institution: Universität Frankfurt, Institut für Ökologie, Evolution und Diversität  
 Adresse: Siesmayerstraße 70-72, 60323 Frankfurt  
 Telefon: 069/798-24850  
 Internet: www.bio.uni-frankfurt.de  
 E-Mail: oetken@bio.uni-frankfurt.de
- Kontakt: Dr. Henno **Rosknecht**  
 Projekt: Auswirkungen von Klimaveränderungen auf das Zirkulationsverhalten des Bodensee-Obersees  
 Institution: LUBW, Institut für Seenforschung  
 Adresse: Argenweg 50/1, 88085 Langenargen  
 Telefon: 07543/304-164  
 Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de  
 E-Mail: henno.rosknecht@lubw.bwl.de
- Leitung: Dr. David **Russell**  
 Projekt: Bodenbiologisches Monitoring: Verifizierung des Probenahmeschemas für Monitoringprogramme und Etablierung von Erwartungswerten für die Bodenbiodiversität in Auwaldhabitaten  
 Laufzeit: 08/2004 bis 7/2006  
 Institution: Staatliches Museum für Naturkunde
- Adresse: 02806 Görlitz  
 Telefon: 03581/4760-502  
 Internet: www.naturkundemuseum-goerlitz.de  
 E-Mail: David.Russell@smng-smwk.sachsen.de
- Kontakt: Dr. Heinz Gerd **Schröder**  
 Dr. Martin Wessels  
 Projekt: Untersuchung zur Wiederbesiedlung des Seebodens nach der Verbringung von Baggergut im Bodensee  
 Laufzeit: 07/2005 bis 11/2006  
 Institution: LUBW, Institut für Seenforschung  
 Adresse: Argenweg 50/1, 88085 Langenargen  
 Telefon: 07543/304-200  
 07543/304-171  
 Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de  
 E-Mail: gerd.schroeder@lubw.bwl.de  
 martin.wessels@lubw.bwl.de
- Kontakt: Dr. Heinz Gerd **Schröder**  
 Dr. Martin Wessels  
 Projekt: Bodensee-Untersuchungen-Seeboden  
 Laufzeit: 07/2003 bis 06/2006  
 Institution: LUBW, Institut für Seenforschung  
 Adresse: Argenweg 50/1, 88085 Langenargen  
 Telefon: 07543/304-200  
 07543/304-171  
 Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de  
 E-Mail: gerd.schroeder@lubw.bwl.de  
 Martin.wessels@lubw.bwl.de
- Leitung: Prof. Dr. Karl **Stahr**  
 Projekt: Bewertung von Strategien zur Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der landwirtschaftlichen Nutzung in Baden-Württemberg  
 Laufzeit: 08/2004 bis 12/2007  
 Institution: Universität Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortslehre (310)  
 Adresse: Emil-Wolff-Straße 27, 70599 Stuttgart  
 Telefon: 0711/459-3980  
 Internet: www.uni-hohenheim.de  
 E-Mail: kstahr@uni-hohenheim.de
- Leitung: Dr. Theo von der **Trenck**  
 Projekt: Bioindikation mit Wanderfalken  
 Institution: LUBW  
 Adresse: Griesbachstraße 1-3, 76185 Karlsruhe  
 Telefon: 0721/5600-1317  
 Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de  
 E-Mail: theo.v.d.trenck@lubw.bwl.de  
 Partner: Friedrich Schilling  
 Institution: Arbeitsgemeinschaft Wanderfalkenschutz (AGW)  
 Adresse: Limburgweg 9, 72622 Nürtingen  
 Telefon: 07022/38260  
 Internet: www.agw-bw.de  
 E-Mail: Fr.Schilling@gmx.de  
 Partner: Dr. Daniel Schmidt  
 Institution: NABU-Vogelschutzzentrum Mössingen  
 Adresse: Ziegelhütte 21, 72116 Mössingen  
 Telefon: 07473/1022  
 Internet: www.nabu-vogelschutzzentrum.de  
 E-Mail: schmidt@nabu-vogelschutzzentrum.de
- Kontakt: Prof. Dr. Günther **Turian**  
 Projekt: Kommunen auf dem Weg zu einer zukunftsfähigen nachhaltigen Entwicklung  
 Laufzeit: 2007 bis 2009  
 Institution: Umweltministerium Baden-Württemberg  
 Referat 23, Forschung, Umwelttechnik, Ökologie  
 Adresse: Kernerplatz 8, 70182 Stuttgart  
 Telefon: 0711/126-2695  
 Internet: www.um.baden-wuerttemberg.de  
 E-Mail: guenther.turian@um.bwl.de  
 Kontakt: Daniela Klebsattel  
 Institution: Umweltministerium Baden-Württemberg  
 Referat 23, Forschung, Umwelttechnik, Ökologie  
 Adresse: Kernerplatz 8, 70182 Stuttgart  
 Telefon: 0711/126-2665  
 Telefax: 0711/126-2867  
 Internet: www.um.baden-wuerttemberg.de  
 E-Mail: daniela.klebsattel@um.bwl.de  
 Partner: Gerd Oelsner  
 Institution: LUBW  
 Adresse: Griesbachstraße 1-3, 76185 Karlsruhe  
 Telefon: 0721/5600-1450  
 Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de  
 E-Mail: gerd.oelsner@lubw.bwl.de
- Leitung: Prof. Dr. Manfred **Urban**  
 Kontakt: Dr. Bastian Breustedt  
 Projekt: Entwicklung biokinetischer Modelle zur Beschreibung der Wirkung von DTPA im Hinblick auf die Diagnostik und Therapie bei Inkorporationen von Plutonium und anderen Transuranen  
 Förderkz: BWT24008  
 Laufzeit: 01/2005 bis 12/2007  
 Institution: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Hauptabteilung Sicherheit (HS), Bau 439  
 Adresse: Postfach 3640, 76021 Karlsruhe  
 Telefon: 07247/82-4756  
 Internet: www.fzk.de  
 E-Mail: bastian.breustedt@hs-fzk.de
- Kontakt: Bernd **Wahl**  
 Projekt: Einflüsse hydrometeorologischer Parameter auf den Bodensee  
 Institution: LUBW, ISF; GKSS  
 Adresse: Argenweg 50/1, 88085 Langenargen  
 Telefon: 07543/304-158  
 Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de  
 E-Mail: bernd.wahl@lubw.bwl.de
- Leitung: Prof. Dr. Drs. h.c. J. **Zeddies**  
 Projekt: Bewertung von Strategien zur Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der landwirtschaftlichen Nutzung in Baden-Württemberg  
 Laufzeit: 08/2004 bis 12/2007  
 Institution: Universität Hohenheim, Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre (410B)  
 Adresse: Emil-Wolff-Straße 27, 70599 Stuttgart  
 Telefon: 0711/459-2566  
 Internet: www.uni-hohenheim.de  
 E-Mail: kstahr@uni-hohenheim.de



**Projekträger**  
Forschungszentrum  
Karlsruhe (PTKA)



**Baden-Württemberg**  
UMWELTMINISTERIUM

