




Umweltforschung-Journal 2006

 Umweltforschung in Baden-Württemberg – Beiträge für eine sichere Zukunft.
Aktuelle Forschungsergebnisse – Forschung und Praxis – Projektförderung 2003-2006 – Kontakte.

- HERAUSGEBER** LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
Postfach 100163, 76231 Karlsruhe, www.lubw.baden-wuerttemberg.de
Umweltministerium Baden-Württemberg
Postfach 103439, 70029 Stuttgart, www.um.baden-wuerttemberg.de
- BEARBEITUNG** LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
Andrea Mehling (S. 12, 14, 23, 24, 30, 33, 35, 36, 37, 45)
Monika Schempp (S. 48)
Steffen Volkmer (S. 50)
- EcoText International – Fendrich, Weimper & Partner, 70178 Stuttgart
Mechthild Fendrich (S. 38)
Peter Fendrich (S. 5)
Stefan Kriz (S. 20, 26, 28, 40)
Dr. Andreas Lehmann (S. 16, 18)
Dr. Iris Lehmann (S. 5, 8, 10, 15, 22, 34)
Peter Streiff (S. 6, 29, 32, 44)
Norbert Weimper (S. 42, 43)
- REDAKTION** LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
Referat 21 – Grundsatz, Forschung, Nachhaltigkeit
Andrea Mehling
- BEZUG** Die Broschüre ist kostenlos erhältlich bei der Verlagsauslieferung der LUBW,
JVA Mannheim – Druckerei
Herzogenriedstraße 111, 68169 Mannheim
Telefax 0621/398-370
bibliothek@lubw.bwl.de
sowie als Download unter: www.lubw.baden-wuerttemberg.de
- STAND** August 2006, 1. Auflage
- DRUCK** SchwaGeDruck, 76287 Rheinstetten-Forchheim
Gedruckt auf Recyclingpapier
- BILDNACHWEIS** N. Goldscheider, P. Fendrich, A. Mehling (2)

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

PROLOG

Umweltforschung – Partner der Umweltpolitik
 Vorwort von Umweltministerin Tanja Gönner. 4

GESUNDHEIT

Gefährliche Sicherheit
 Haben Flammschutzmittel eine dioxin-ähnliche Wirkung? 5

Strahlende Partikel im Körper
 Verfeinerte Therapien zur schnelleren Ausscheidung radioaktiver Stoffe aus dem menschlichen Körper. 5

Ultrafeinstaub am Arbeitsplatz
 Die Konzentration von kleinsten Feinstaubpartikeln in Arbeitsräumen hängt von mehreren Faktoren ab. 6

Blut als Bioindikator
 Staub vom Schweinestall dient als Testobjekt. 8

Probe aufs Exempel
 Eignet sich der Comet Assay, ein Test zum Nachweis von DNA-Schäden in Einzelzellen, für das Biomonitoring? 10

Lärmen oder Lernen?
 Schlechte Raumakustik erhöht Lärmpegel im Klassenzimmer – Kinder lernen schlechter. 12

Arzneimittel im Wasserkreislauf
 Kongress über Hormone, Pseudohormone und Arzneimittel in Gewässern. 14

BODEN

Phosphor aus der Asche
 Rückgewinnungsstrategien für Klärschlamm. 15

Aufwerten oder Abreißen?
 Nachhaltige Strategien gegen die Degradierung von Wohnquartieren der Nachkriegszeit zu Ghettos. 16

Handelbare Flächenkontingente
 Eine Studie soll zeigen, wie handelbare Zertifikate für nachhaltiges Flächenmanagement eingesetzt werden können. 18

Neues zum Phänomen POP
 Eine Pionierstudie zur „POP-Kultur“ erobert die internationalen Hitparaden der Umweltforschung. 20

Kompost bedingt einsatzbereit
 Schadstoffbelastung aus der Atmosphäre nachgewiesen. 22

WASSER

Welche Zukunft hat der Bodensee?
 Beim Bodensee-Kolloquium diskutierten Wissenschaftler, Fachleute und Bürger über die Zukunft des Sees. 23

Baden im See künftig verboten?
 Vogelschutz und Baden – ein Widerspruch? 24

Boden als Hochwasser-Indikator
 Entwicklung eines Verfahrens zur Hochwasserfrühwarnung in kleinen und mittleren Einzugsgebieten. 26

Vom Regen in den Filter
 Kann abfließendes Oberflächenwasser durch technische Filtration von Schadstoffen befreit werden? 28

Wasserschutzgebiete zu klein?

Optimierte Markierungstechnik ermöglicht es, Quellen besser vor Verunreinigungen durch Bakterien zu schützen. 29

Nano-Eisen im Untergrund

Schadstoffe im Grundwasser: Eisenkolloide sollen helfen. 30

Was den Kies bewegt

Laboruntersuchungen zeigen die Wechselwirkung einer Flussströmung mit einer Kiessohle. 32

Giftalarm am Seegrund?

Die Algenblüte im Gewässer ist bekannt – gibt es Blaualgengifte auch in Sedimenten? 33

ÖKOLOGIE

Genetische Vielfalt in Gefahr
 Umweltgifte wirken sich negativ auf die genetische Vielfalt der Zuckmücke *Chironomus riparius* aus. 34

Konkurrierende Flusskrebse
 Eingeführte Flusskrebarten verdrängen sich gegenseitig. 35

Zooplankton im Bodensee
 Zooplankton ist die Nahrungsgrundlage von Fischen – wo werden Fische fündig? 36

Wenn Wasserflöhe schwächeln
 Verfahren für die biologische Gewässerüberwachung. 37

Ursachen von Wildunfällen
 Lassen sich Zusammenstöße zwischen Mensch und Tier vermeiden? 38

ÖKONOMIE

Spurensuche im Nebel
 Charakterisierung und Abscheidung von Ölnebeln, wie sie bei zahlreichen industriellen Prozessen entstehen. 40

Diesel wird zum Saubermann
 Neues Einspritzverfahren zur Reduktion der Rußpartikel aus Dieselmotoren. 42

Nicht sauber, sondern rein
 Mit hocheffizienten Katalysatoren lässt sich der Stickoxid-Ausstoß von Dieselmotoren deutlich senken. 43

Jobs durch Umweltschutz
 Beschäftigungseffekte des Umweltschutzes in Baden-Württemberg. 44

Energiesparen ist Klimaschutz
 Das Land fördert Forschungsprojekte zur Reduktion des Energieverbrauchs – und schützt damit das Klima. 45

BWPLUS-FÖRDERUNG

Eine Auswahl von geförderten Projekten. 48

KONTAKTE

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

Umweltforschung – Partner der Umweltpolitik

VORWORT DER UMWELTMINISTERIN TANJA GÖNNER.

 Liebe Leserin, lieber Leser,

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

Ich freue mich, Ihnen das neue Umweltforschung-Journal 2006 vorstellen zu können. Es bietet Ihnen wieder einen guten Überblick über den aktuellen Stand unserer Umweltforschung.

Baden-Württemberg verfolgt das Leitziel einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung. Umweltschutz in diesem Sinne fördert Wachstum und Beschäftigung. Er bietet Chancen für uns alle. Umweltforschung mit klarem Anwendungsbezug soll daran mitwirken. Das Journal unterstützt mein Anliegen, die gewonnenen Ergebnisse allen interessierten Bürgerinnen und Bürgern zugänglich zu machen. Geboten wird Ihnen eine Auswahl herausragender aktueller Projekte. Die meisten werden über den Projektträger BWPLUS beim Forschungszentrum Karlsruhe betreut.

Zu allen aktuellen Schwerpunkten unserer Umweltpolitik leistet die Umweltforschung wertvolle Beiträge.

Besondere Bedeutung hat der Klimaschutz. Eine Reihe der vorgestellten Projekte befasst sich mit erneuerbaren Energien und Energieeffizienz. In diesen Bereichen sehen wir die größten Potenziale für den Klimaschutz und für das Land.

Wir wollen die Flächeninanspruchnahme für Siedlung und Verkehr bis 2010 deutlich zurückführen. Unser langfristiges Ziel ist die „Netto-Null“ beim Flächenverbrauch. Das heißt: Neu verbaut wird nur noch so viel, wie auch wieder entsiegelt wird. Verschiedene Projekte der Umweltforschung entwickeln dazu wertvolle Instrumente. Das Journal bietet Ihnen Beispiele dafür.

Lärm ist nach wie vor eines der drängendsten, noch immer ungelösten Umweltprobleme. Lärm beeinträchtigt – und das ist besonders schlimm – nachweislich die Lernfähigkeit von Grundschulkindern. Zwei in diesem Heft präsentierte interdisziplinäre

BWPLUS-Projekte untersuchen die Lärmwirkung auf die Entwicklung unserer Kleinen. Vorgeschlagen werden insbesondere auch wirksame praktische Maßnahmen.

Umweltpolitisch weiter aktuell bleibt die Luftreinhaltung. Umweltforschung trägt dazu bei, die bereits erzielten Erfolge auszubauen. Mehrere aktuelle Projekte befassen sich mit dem Feinstaubproblem und anderen Luftverunreinigungen. Weitere Vorhaben zielen darauf, umweltfreundlicher zu produzieren oder den Schadstoffausstoß aus Verbrennungs-

motoren zu vermindern.

Der Hochwasserschutz und die Erhaltung einer hohen Boden- und Wasserqualität stehen weiter auf der politischen Tagesordnung.

Auch hier bringt sich die Umweltforschung ein. Zu den genannten Themen werden im vorliegenden Journal mehrere aufschlussreiche Projekte vorgestellt. Entwickelt werden vor allem für die Praxis nutzbare Methoden und Werkzeuge. Diese dienen dem besseren Erkennen



Umweltministerin Tanja Gönner (CDU)

und der wirkungsvolleren Sanierung von Schäden in Böden und Gewässern.

Wie immer bietet Ihnen das Journal zu allen beschriebenen Vorhaben weiterführende Informationen. Beim Lesen wünsche ich Ihnen viel Freude.

Tanja Gönner

Umweltministerin

des Landes Baden-Württemberg

Gefährliche Sicherheit

HABEN FLAMMSCHUTZMITTEL EINE DIOXIN-ÄHNLICHE WIRKUNG?

Die fast wahllose Ausstattung vieler in Gebäuden verwendbarer Materialien mit Flammenschutzmitteln (FSM) hat einen hohen Preis: Extrem schwer abbaubar sind diese Substanzen und potenziell hochgiftig. Dem Hinweis, dass einige FSM eine dioxin-ähnliche Wirkung hätten, gehen Wissenschaftler am Forschungszentrum Karlsruhe nach.

Um brennbares Material schwer entflammbar zu machen, nutzt man Chemikalien, die durch Verbindung mit sehr reaktions-trägen Halogenen wie Brom fast unangreifbar gemacht wurden. Das bedeutet aber auch, dass es ausgesprochen schwierig ist, diese Substanzen wieder loszuwerden. Umso wichtiger ist es, die Wirkungsmechanismen bis ins Detail zu kennen. Erst allmählich verhärteten sich derzeit Hinweise darauf, dass FSM,

ähnlich wie Dioxine, über die „Ah-Rezeptoren“ im Körper Wirkung entfalten. Das sind Rezeptoren für aromatische Kohlenwasserstoffe, die in Wechselwirkung mit der Gen-Substanz stehen und bei Aktivierung eine Vielzahl unterschiedlichster Reaktionen auslösen können, bis hin zu Krebs-Wucherungen. Wissenschaftler am Forschungszentrum Karlsruhe konnten nun zumindest für eine der verwendeten Substanzen belegen, dass sie sich tatsächlich mit Ah-Rezeptoren verbindet und diese dadurch aktiviert. Die Möglichkeit, dass Spuren von Dioxin-Verunreinigungen in den FSM diese Wirkung erzielen, konnte ausgeschlossen werden. Dagegen ist es noch nicht gelungen, auch Spuren von Furanen, die eine ähnliche Wirkung haben, garantiert zu vermeiden.

Iris Lehmann

KONTAKT

Dr. Siegfried Strack
Institut für Toxikologie
und Genetik, Forschungs-
zentrum Karlsruhe
Postfach 3640
76021 Karlsruhe
Tel.: 07247/82-2708
siegfried.strack@itg.fzk.de
http://itgm1.fzk.de

PROJEKT

Projekttitle:
Molekular-toxikologische
Untersuchungen
(poly)bromierter
Flammenschutzmittel
Projektlaufzeit:
8/2004 – 12/2007

Strahlende Partikel im Körper

BIOKINETISCHE MODELLE ERMÖGLICHEN VERFEINERTE THERAPIEN, UM RADIOAKTIVE STOFFE AUS DEM MENSCHLICHEN KÖRPER BESSER AUSZUSCHIEDEN UND DAMIT DIE BELASTUNG ZU SENKEN.

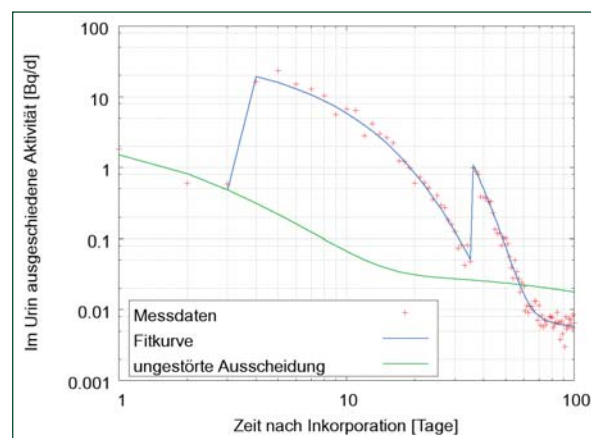
Werden offene radioaktive Stoffe in den Körper aufgenommen, nehmen sie an den normalen Stoffwechselprozessen teil. Sie werden im Körper transportiert, in Organen gespeichert und ausgeschieden. Um die damit verbundene kurz- und langfristige Strahlenbelastung bewerten und gegebenenfalls therapeutische Maßnahmen zu deren Reduktion treffen zu können, müssen die Stoffwechselläufe mathematisch modelliert werden. Für die in diesem Projekt betrachteten Radionuklide, Plutonium und andere Transurane, ist eine direkte Messung der Aktivität im Körper nicht oder nur schwer möglich. Daher werden vorwiegend Stuhl und Urin untersucht. Beim Vergleich der gemessenen Ausscheidungsverläufe mit den aus einem mathematischen Modell berechneten können die Aktivität der in den Körper aufgenommenen Radionuklide und die damit verbundene Dosisexposition bestimmt werden.

Zur Reduktion dieser Exposition hat sich die sogenannte Dekorporationstherapie mit DTPA (Diethylen-Triamin-Penta-Acetat) bewährt, die die Radiometallausscheidung aus dem Körper intensiviert. Dieses Arzneimittel verbindet sich mit den Radionuklidmetallen und wird schnell ausgeschieden. Interessant ist dabei

der sogenannte Nachklangeffekt einer DTPA-Gabe, denn danach wird eine größere Menge Transurane ausgeschieden als eigentlich durch das DTPA gebunden werden konnte.

In diesem Projekt werden Modelle modifiziert und geschaffen, um auch nach einer DTPA-Gabe eine Berechnung der aufgenommenen Aktivität und eine Dosisabschätzung zu ermöglichen. Zusätzlich kann mit Hilfe der biokinetischen Modelle die Dosisreduktion für weitere DTPA-Gaben berechnet werden.

Peter Streiff



KONTAKT

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

PROJEKT

Projekttitle:
Entwicklung
biokinetischer Modelle
zur Beschreibung der
Wirkung von DTPA im
Hinblick auf die Diagnos-
tik und Therapie bei
Inkorporationen von
Plutonium und anderen
Transuranen
Projektlaufzeit:
1/2005 bis 12/2007

*Nachklangeffekt jeweils
einer DTPA-Gabe am 3.
bzw. 35. Tag nach einer
Plutonium-Inkorporation*

Graphik: Forschungs-
zentrum Karlsruhe

Ultrafeinstaub am Arbeitsplatz

DIE KONZENTRATION VON KLEINSTEN FEINSTAUBPARTIKELN IN ARBEITSRÄUMEN HÄNGT VON MEHREREN FAKTOREN AB.

Die Feinstaub-Diskussion wird in der Öffentlichkeit meistens im Zusammenhang mit Auto- und Industrieabgasen geführt. Die Grenzwerte werden insbesondere an stark befahrenen Straßen zu häufig überschritten. Kaum diskutiert wird jedoch die Belastung durch Feinstaub am Arbeitsplatz. Im Zusammenhang mit der Anwendung von Nanotechnologien nehmen kritische Stimmen zu, die eine Gesundheitsgefahr beim Freiwerden derart kleiner Partikel vermuten. Von Nanomaterialien werden zwar vielfältige technische Nutzungsmöglichkeiten und großes Wachstumspotenzial erwartet, gesonderte Grenzwerte für deren spezifische Produktionsabfälle – ultrafeine Partikel – existieren jedoch bisher in Deutschland nicht und sind auch aus anderen Ländern nicht bekannt.

KONZENTRATION NIMMT ZU

Doch vorab eine Klärung der Begriffe: Bei Feinstaub spricht man von sehr kleinen, nicht sichtbaren Partikeln, die sich in unserer Atemluft befinden. Diese Staubpartikel entstehen

Agglomeration genannt. Der zunehmende Einsatz von Filteranlagen in Fabriken und Autos infolge gesetzlicher Luftreinhaltepläne reduziert zwar die Anzahl größerer Partikel in der Luft. Da die verbleibenden kleineren Partikel – auch Feinstaub genannt – nicht mehr an die groben Partikel andocken können, nimmt die Konzentration der gesundheitsschädigenden Winzlinge in der Umgebung zu.

Teilchen mit einem Durchmesser, der größer als 10 Mikrometer (μm) ist, werden als grobe Partikel bezeichnet (vgl. Tabelle). Zu dieser Gruppe zählen neben Straßenstaub, Regen und Sporen auch Zementstäube, Düngesalze und Sprühnebel. Sie gelangen durch Einatmen in den menschlichen Körper, werden allerdings in den Nasenschleimhäuten und im Rachen adsorbiert und größtenteils wieder heraustransportiert.

Besondere Aufmerksamkeit der Wissenschaftler finden die lungengängigen Feinstäube aus Autoabgasen und vom Reifenabrieb sowie die ultrafeinen Partikel, die über die Lungenbläschen direkt in die Blutbahn, von dort ins Gewebe und in alle Organe gelangen können. Letztere – auch Nanopartikel genannt mit einem Durchmesser von weniger als 100 Nanometern (nm) – entstehen bei der Verarbeitung von Silizium, Titan, Aluminium und anderer nanotechnischer Materialien. Sie bilden sich in der Regel als Kondensationsprodukte thermischer und chemischer Reaktionen und sind vor allem da anzutreffen, wo Rauche sind – beispielsweise beim Schweißen und Lötten, der Materialbearbeitung mit Laserstrahlen, in Metallrauchen, Holz- oder Mehlstäuben.

UNTERSCHIEDLICHE MESSERGEBNISSE

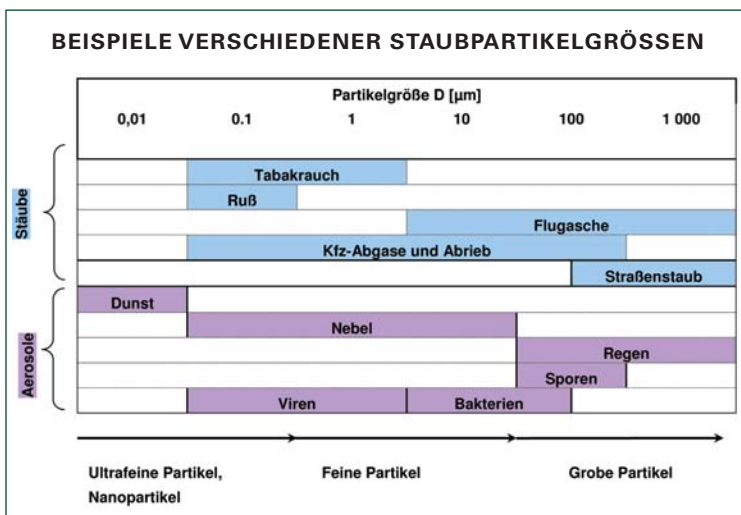
Zwei Projekte der LUBW sollten dazu dienen, Messverfahren von Ultrafeinstäuben in verschiedenen realen Arbeits- und Aufenthaltsräumen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Umgebungsbedingungen zu testen. Zur Beurteilung der festgestellten Messergebnisse waren zusätzliche Messungen im lokalen Außenbereich erforderlich. Der zu messende Partikelgrößenbereich lag bei 10 bis 10.000 nm, eingesetzt wurde ein Partikelkondensationszähler mit vorgeschaltetem Klassierer. Das Messprinzip beruht auf der Mobilität von geladenen Partikeln in einem elektrischen Feld, möglich ist eine Trennung in Größenklassen sowie eine anschließende Zählung.

KONTAKT

Ulrich Würster, LUBW
Griesbachstr. 1
76185 Karlsruhe
Tel.: 0721/5600-2319
Fax: 0721/5600-2339
Ulrich.Wurster@lubw.bwl.de
www.lubw.baden-wuerttemberg.de

PROJEKTE

Projekttitel:
Untersuchung von Ultrafeinstaubpartikeln an verschiedenen Arbeitsplätzen (Florence Bacle)
Projektlaufzeit:
3/2005 bis 8/2005
Projekttitel:
Ultrafeinstäube – Teilchenkonzentrationen in Arbeitsräumen in Abhängigkeit von Umgebungsbedingungen (Sabine Gabriel)
Projektlaufzeit:
9/2005 – 2/2006



heute überwiegend durch Abgase aus der Industrie, durch Hausfeuerungen und Autoabgase. Sie sind sehr reaktionsfreudig, da sie im Verhältnis zu ihrem Volumen eine relativ große Oberfläche besitzen. Inzwischen wurde nachgewiesen, dass viele Milliarden Staubteilchen an jeder Hauptstraße in jedem Kubikmeter Luft schweben, sich dort längere Zeit halten, mit jeder Luftströmung aufwirbeln und sich relativ schnell zu größeren Teilchen zusammenschließen. Dieser Vorgang wird



Bild: Tulkivi

Ultrafeine Partikel in hohen Konzentrationen entstehen bei der Verbrennung von Holz.

Versuche zur Messung von Innenraumpartikeln in öffentlichen Arbeits- und Aufenthaltsräumen ergaben große Unterschiede bei den Partikelkonzentrationen: Die kleinsten Werte liegen im Bereich von 2.000 Partikeln pro cm^3 für das Labor, von bis zu 75.000 Partikeln in der Nähe von Tabakrauch und mehr als 35.000 Partikeln bei besonderen Fällen wie beispielsweise an einem Schießstand. Das Beispiel einer Messreihe in der öffentlichen Uni-Cafeteria verdeutlichte, dass die Partikelkonzentration nicht nur direkt bei einer Rauchergruppe, sondern auch in der Nähe zu den Rauchertischen nach oben schnell (vgl. Graphik). Die ersten beiden Messungen erfolgten bei weitgehend vollem Raum mit vielen Rauchern, wobei am Tag der ersten Messung schlechtes Wetter herrschte und daher die Fenster geschlossen blieben. Die vierte und fünfte Messung erfolgten im Nichtraucherbereich, wobei die vierte Messung an einem Platz durchgeführt wurde, der weiter weg vom Raucherbereich lag.

Die Schleifversuche von Buchen- und Nadelholz ergaben Partikelgrößen von 10 bis 300 nm, wobei der Schwerpunkt eindeutig im ultrafeinen Bereich lag. Die Abbildung zeigt, dass die Partikelkonzentration bei einer Partikelgröße von 10 nm von oben nach unten stark abfällt, was darauf schließen lässt, dass auch Partikel existieren, die kleiner als diese Nachweisgrenze sind. Die Partikelzahl war bei Nadelholz etwa doppelt so hoch wie bei Buchenholz. Dies ist möglicherweise auf die unterschiedliche Härte der Hölzer zurückzuführen. Da die meisten Ultrafeinpartikel in der Luft bei Verbrennungsvorgängen entstehen, wurden Versuche zur Holzfeuerung durchgeführt. Die häufigste gemessene Partikelgröße fand sich im Bereich der Nanopartikel mit einer Anzahl von 20.000 bis 35.000 Partikel pro cm^3 . Dies war im Vergleich zu den Zahlen im Außenbereich relativ hoch. Durch Lüftungsversuche nach der Messung konnte gezeigt werden, dass Vermischungsprozesse stattfinden. Die verunreinigte Luft

wird verdrängt und verdünnt, das heißt die Partikeldurchmesser stiegen an, während die Partikelzahl auf 15.000 zurückging. Sowohl bei der Holzbearbeitung als auch bei der Verbrennung ist es wahrscheinlich, dass sehr feine Teilchen – kleiner als 50 nm – innerhalb kurzer Zeit zu Partikeln mit einem größeren Durchmesser agglomerieren. Dieser Vorgang wird Koagulation genannt.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die teilweise recht unterschiedlichen Messergebnisse zeigten, dass die Messverfahren noch zu wenig ausgereift sind für eine Standardisierung. Sinnvoll erscheint es dabei, nicht nur die Partikelkonzentration sondern auch deren Größenverteilung für die Beurteilung von möglichen Risiken von Nanopartikeln zu verwenden. Im Verlaufe der Messungen haben sich eine Reihe von Fragen eröffnet, die noch nicht beantwortet werden konnten: Beispielsweise konnte festgestellt werden, dass die Partikelentstehung bei der Bearbeitung von Holz näher untersucht werden sollte.

Unabhängig von diesen Untersuchungen ist unklar, welche synthetischen Nanopartikel die Gesundheit des Menschen beeinträchtigen. Da die toxikologischen Befunde bei der Exposition mit ultrafeinen Partikeln in Arbeits- und Aufenthaltsräumen derzeit nicht eindeutig aussagefähig sind, sollte bei Tätigkeiten mit ultrafeinen Teilchen eine geeignete Prävention vorrangig sein. Vorbeugende Schutzmaßnahmen wie Atem- und Hautschutz gegenüber ultrafeinen Partikeln sollten insbesondere bei Tätigkeiten mit gezielt hergestellten Nanomaterialien am Arbeitsplatz im Vordergrund stehen. Sinnvoll wäre die Entwicklung von unterschiedlichen Grenzwerten für Nanopartikel je Arbeitsplatz, für die eine Reihe von Grunderhebungen notwendig wäre.

Peter Streiff

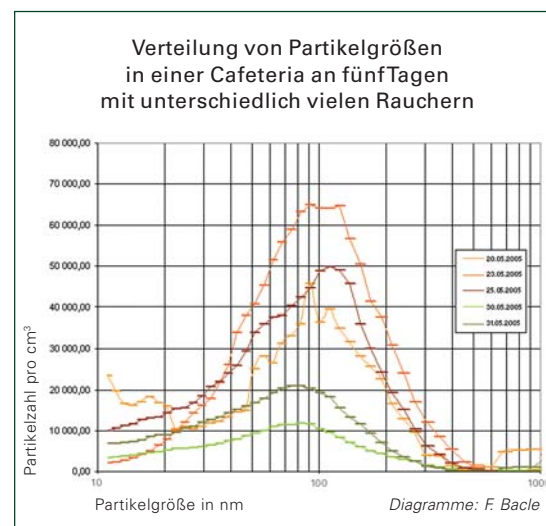
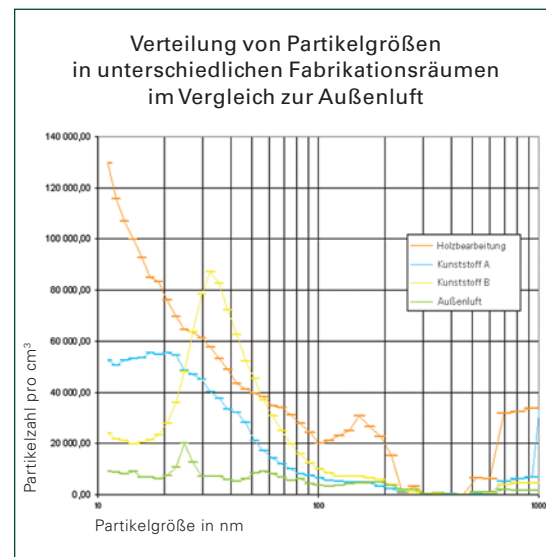


Diagramme: F. Bacle

Blut als Bioindikator

STAUB VOM SCHWEINESTALL DIENT ALS TESTOBJEKT.

Was manche Krankheit verhindert und Allergiker quält, soll der Gesamtbevölkerung von Nutzen sein: Wenn fremde Stoffe über die Atemluft in den Körper und ins Blut geraten, beginnt dort sofort eine Abwehrreaktion des Immunsystems. Ein empfindlicher Indikator für Luftverschmutzung, der auch außerhalb des Körpers funktioniert, aber derzeit noch tauglich für den Praxiseinsatz gemacht werden muss. Zugleich ein Vorhaben, das viele wissenschaftliche Herausforderungen birgt.

Unsere Atemluft ist chemisch gesehen in der Regel längst nicht so sauber und rein, wie es mit bloßem Auge den Anschein hat. Neben anorganischem Staub sind darin auch viele für den Menschen ungesunde Partikel enthalten, von Schimmelsporen über Pollen bis hin zu Bakterien oder Viren aller Art. Um die Wirkung dieser Bestandteile auf den Menschen einschätzen zu können, wird zurzeit an der Universität Konstanz ein Bioindikator für „luftgetragene Kontaminationen“ entwickelt. Das Prinzip dieses Indikators baut auf der Abwehrreaktion des Körpers auf, die immer dann stattfindet, wenn Partikel, zum Beispiel Mikroorganismen, in Kontakt mit Blut kommen: Sobald die Fremdstoffe in den

Körper eindringen, werden sie von bestimmten weißen Blutzellen erkannt. Diese geben die Meldung über eine regelrechte Kaskade von Signalen weiter. Am Ende der Signalkette steht die Bildung von Abwehrstoffen, den Zytokinen, die eine umfassende Entzündungsreaktion auslösen. Um diese Reaktion für die Entwicklung des Bioindikators auch außerhalb des Körpers zu nutzen, wird Luft über einen speziellen Filter gepumpt, an dem sich die Partikel sammeln. Der Filter kann dann in Kontakt mit Blut von Spendern gebracht und die dadurch ausgelöste Reaktion gemessen werden.

STARKER REIZ – STARKE REAKTION

Was einfach klingt, erfordert aufwändige Vorarbeiten, bei denen immer wieder wissenschaftliches Neuland betreten werden muss. Ein Team von Wissenschaftlern um Prof. Thomas Hartung vom Lehrstuhl für Biochemische Pharmakologie im Fachbereich Biologie der Universität Konstanz, arbeitet seit Jahren beharrlich an der gestellten Aufgabe. Ein wesentliches Detail ist etwa, einen Filter zu entwickeln, der für die Partikel-Sammlung geeignet ist und der die Abwehrreaktion im Blut nicht schon selbst auslöst. Dies ist der Gruppe inzwi-

KONTAKT

Prof. Dr. Dr. med.
Thomas Hartung
Dr. Sonja von Aulock
Universität Konstanz
Lehrstuhl für Biochemische Pharmakologie
Universitätsstraße 10,
78457 Konstanz
Tel.: 07531/88-2121
Fax: 07531/88-4156
thomas.hartung@uni-konstanz.de
www.biologie.uni-konstanz.de

PROJEKT

Projekttitel:
Charakterisierung luftgetragener Toxine und Entwicklung von Standard-/Referenzmaterialien zum Aufbau eines auf humanem Vollblut basierenden IPT-Bioindikator zur Erfassung luftgetragener Kontaminationen

Projektlaufzeit:
9/2003 bis 8/2006



Wo frei laufende Tiere gehalten werden, wird viel Staub aufgewirbelt.

Bild: Th. Stephan/BLE

schen ebenso gelungen, wie mit Hilfe von Feldmessungen zu belegen, dass der Test tatsächlich zuverlässig die Luftbelastung anzeigt. Fragestellungen, die derzeit bearbeitet werden oder zu denen die Forschungen gerade abgeschlossen wurden, sind außerdem: Unterscheiden sich verschiedene Gruppen von Blutspendern in Hinsicht auf ihre Immunreaktion? Verändert sich die Reaktion auf den gleichen Auslöser über die Zeit? Gibt es eine Alternative zu dem nicht immer verfügbaren und wenig haltbaren „frischen“ Blut?

Um die Frage zu klären, ob sich die Immunreaktion verschiedener Menschen grundsätzlich voneinander unterscheidet, wurde das Blut von 160 gesunden Freiwilligen untersucht. Im Wesentlichen konnten die Wissenschaftler für eine große Anzahl von Parametern keine Unterschiede in der Reaktionsfähigkeit auf die eingebrachten Proben feststellen, die die Immunreaktion stimulieren.

Beobachtete man die Reaktion eines Spenders auf denselben Stimulus über die Dauer von einem Monat, ließ sich kein Unterschied feststellen. Auch die Immunreaktion des Blutes verschiedener Spender auf verschiedene Proben war in sich schlüssig. Das heißt, immer wieder löste ein starker Reiz auch eine starke Reaktion, ein schwacher Reiz auch eine schwache Reaktion aus. Wobei die Schwelle, ab der verschiedene Blutspender überhaupt auf einen Reiz durch die Ausschüttung von Zytokinen reagierten, stets gleich blieb. Daraus schlossen die Forscher, dass eine spezielle Vorauswahl unter gesunden Blutspendern für die Bestimmung der biologischen Belastung einer Luftprobe mit Hilfe des Indikators nicht notwendig ist.

FESTLEGUNG DER STANDARDS

Nicht immer und überall ist es möglich, auf gespendetes Blut in frischem Zustand zurückzugreifen. Darum testeten die Konstanzer Forscher auch, wie die Messungen bei Verwendung von Blut ausfallen, das durch Einfrieren haltbar gemacht wurde, und stellten fest: So konserviertes Blut kann ohne Probleme in größeren Chargen aus gemischten Blutspenden gewonnen werden und ist lange Zeit haltbar. Die Bildung von Zytokinen ist verzögert, die absolut gebildete Menge der Substanz ist höher als bei frischem Blut. Sind beide Faktoren bekannt und können entsprechend einkalkuliert werden, steht einer Verwendung dieses Blutreservoirs vermutlich nichts entgegen. Allerdings sind hier die Forschungen noch nicht abgeschlossen.

Für einen als Indikator zu verwendenden Test ist die Standardisierung besonders wichtig. Zur Optimierung des Verfahrens für die Anwendung von Luftproben wurde darum

ein Vergleichsstandard entwickelt, der die sehr unterschiedliche Partikelzusammensetzung, wie sie in der Luft typischerweise auftritt, widerspiegelt. Dazu wurde in Schweineställen – in denen an Luftpartikeln kein Mangel herrschen dürfte – Staub gesammelt. Der Staub wurde zunächst gesichtet und in unterschiedliche Größenfraktionen aufgeteilt. Ziel war, festzustellen, wie stark reizauslösend die unterschiedlichen Fraktionen sind. Tatsächlich unterschieden sich die Teil-



In einem Spezial-Filter werden die Partikel der Umgebungsluft gesammelt.

Proben nicht wesentlich in ihrer biologischen Aktivität und konnten somit zusammen zu einer Größenordnung zermahlen werden, die die für den Test relevante Sortierung der „einatembaren“ Partikel umfasst (neunzig Prozent kleiner als zehn Mikrometer). Es zeigte sich, dass dieses Material unter verschiedenen Bedingungen mindestens vier Monate problemlos gelagert werden kann, ohne dass in Bezug auf seine reizauslösende Aktivität eine Veränderung zu messen ist. Die Haltbarkeitsstudien laufen weiter.

Ebenso wie die zur Standardisierung verwendete reizauslösende Probe selbst, muss auch die gesamte Luftsammel-Apparatur so beschaffen sein, dass der Filter möglichst in jedem Durchgang in gleicher Weise mit dem Staub in Berührung gebracht wird. Eigens zu diesem Zweck wurde von den Wissenschaftlern in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Konstanz ein „Staubkanal“ entwickelt und gebaut. In diesen können verschieden zusammengesetzte Stäube kontrolliert eingeleitet werden, die sich in der Luftströmung verteilen. Gemessen wird der Staub über eine Sonde, an der ein Partikelzähler angeschlossen ist. Zurzeit werden an der Universität Konstanz die Strömungsbedingungen und Vorhersagen überprüft, um anschließend die Feldmessungen unter optimalen Bedingungen durchführen zu können. Ist dieser Schritt getan, ist der Weg bis zum praxistauglichen Bioindikator nicht mehr weit.

Iris Lehmann

Probe aufs Exempel


OB SICH DER EINFACH DURCHZUFÜHRENDE COMET ASSAY, EIN TEST ZUM NACHWEIS VON DNA-SCHÄDEN IN EINZELZELLEN, FÜR DAS BIOMONITORING EIGNET, HAT EIN FORSCHUNGSTEAM AN DER UNIVERSITÄT ULM HINTERFRAGT.

KONTAKT

Prof. Dr. Günter Speit
Universitätsklinikum Ulm,
Abt. Humangenetik
Albert-Einstein-Allee 11
89081 Ulm
Tel.: 0731/500-23429
Fax: 0731/500-23438
guenter.speit@uni-ulm.de
www.uni-ulm.de/klinik/

PROJEKT

Projekttitel:
Optimierung des Comet
Assay für den Einsatz im
Biomonitoring
Projektlaufzeit:
12/2001 bis 9/2004

 Was Raucher nachdenklich stimmen sollte, ist für Gen-Forscher praktisch: Weil Zigarettenrauch zahlreiche erbgut-verändernde Stoffe enthält, ist Raucher-Blut für die Feststellung von Schäden an der Erbsubstanz (DNA) besonders gut geeignet. Wenn jedoch kein Unterschied zu den Zellen von Nichtrauchern nachweisbar ist, liegt der Verdacht nahe, dass die Untersuchungsmethode Schwächen hat. Diesen Umstand nutzten Professor Dr. Günter Speit und Diplom-Biologin Heike Hoffmann von der Abteilung Humangenetik des Universitätsklinikums Ulm, um die Effizienz und Ergebnisqualität des „Comet Assay“ (wörtlich: „Kometen-Test“), einer Einzelzell-Gelelektrophorese, zu überprüfen, der zum Nachweis von DNA-Schäden eingesetzt wird.

Da Forschung auf der Ebene der Gene sehr komplex und zeitraubend sein kann, ist die Versuchung groß, dabei den vergleichsweise einfach durchzuführenden Comet Assay einzusetzen. So wird dieser Test auch zunehmend im Rahmen des „Human Biomonitoring“, einem groß angelegten Programm zur Erfassung von Umweltbelastungen der Bevölkerung durch Schadstoffe, genutzt. Auch wenn sich der Comet Assay grundsätzlich sehr gut eignet, um verschiedene, durch erbgutgefährdende Chemikalien hervorgerufene DNA-Schäden in Einzelzellen nachzuweisen, stellte das Ulmer Forschungsteam seine Tauglichkeit beim Biomonitoring in Frage: Da dabei auch kleine Effekte erkannt werden müssten, stellen die normalen Schwankungen in den Effekten des Comet Assay selbst ein grundsätzliches Problem dar.

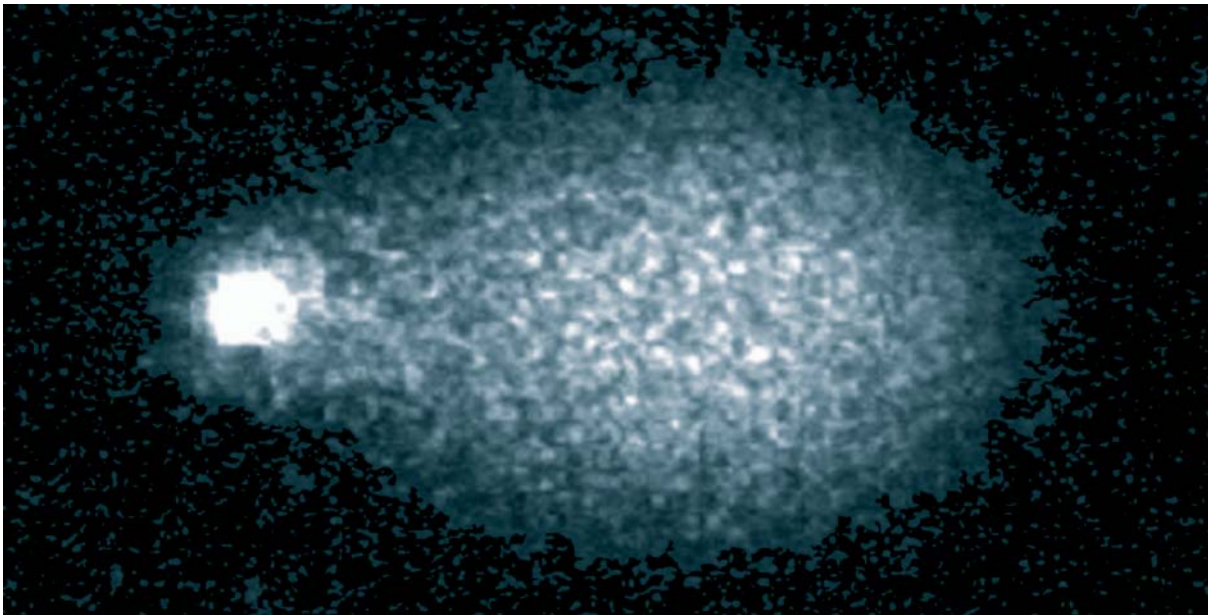
PROBANDEN UND METHODEN

Um der Frage nach der Eignung des Comet Assays für das Biomonitoring wissenschaftlich nachgehen zu können, musste zunächst eine möglichst homogene Gruppe von freiwilligen Probanden zusammengestellt werden: Nach einem differenzierten Kriterienkatalog wurden schließlich unter Ulmer Studenten jeweils rund 50 Raucher und Nichtraucher – allesamt männlich, jung, gesund – für die Testreihe ausgewählt: So durften die Studenten in den letzten sechs Monaten vor der Untersuchung weder einer Strahlen- oder Chemotherapie noch einer Röntgenuntersuchung ausgesetzt gewesen sein. Zu den Ausschlusskriterien zählte außerdem die Einnahme von Medikamenten oder Vitaminpräparaten und der Konsum größerer Mengen Alkohol oder die exzessive sportliche Betätigung während der letzten Woche vor der Probenentnahme. Unter genau definierten Bedingungen hat man dann den Versuchspersonen zweimal zehn Milliliter Venenblut entnommen und es unter verschiedenen Fragestellungen mit Modifikationen des Comet Assay untersucht. Dabei wurden zuvor etablierte empfindliche Versuchsprotokolle verwendet und verschiedene Maßnahmen zur Qualitätssicherung berücksichtigt (parallele Auswertung verschlüsselter Präparate, Doppelbestimmungen, Zweitauswertungen durch einen anderen Mitarbeiter sowie das Mitführen einer Referenzprobe, d. h. einer Probe aus einer Zellkultur mit definiertem Effekt, die die Stabilität der Testbedingungen anzeigt). Die Blutproben von Rauchern und

Mikrofotografie von menschlichen Blutzellen (Lymphozyten) im Comet Assay: hier eine unbehandelte Kontrollzelle.

Bild: Universität Ulm





Mikrofotografie von menschlichen Blutzellen (Lymphozyten) im Comet Assay: hier eine Zelle mit starker DNA Migration (Kometenschweif) nach Behandlung mit einer DNA-schädigenden Substanz.

Bild: Universität Ulm

Nichtrauchern wurden einerseits im Hinblick auf mögliche Unterschiede in der Menge vorhandener DNA-Schäden untersucht. Andererseits wurde geprüft, ob sich die Blutproben hinsichtlich der Empfindlichkeit gegenüber DNA-schädigenden Stickoxiden oder hinsichtlich ihrer Fähigkeit, DNA-Schäden zu reparieren, unterscheiden.

DNA-BRUCHSTÜCKE MIT KOMETENSCHWEIF

Zunächst ging es darum, eine genaue Vorstellung über die Empfindlichkeit des Comet Assays zu bekommen. Dazu wurden unbehandelte Kontrollzellen mit voraussichtlich nur geringen Mengen an DNA-Schäden unter mehrfach variierten Testbedingungen untersucht. Die gewünschte hohe Empfindlichkeit des Untersuchungsinstruments ist erreicht, wenn die in unbehandelten Zellen nur in geringer Menge vorliegenden DNA-Schäden bereits eine Wanderung von DNA-Bruchstücken im elektrischen Feld hervorrufen und zu einem kleinen Kometenschweif führen, der unter dem Fluoreszenzmikroskop sichtbar ist und dem Comet Assay den Namen gab.

Im Rahmen dieser Voruntersuchungen legte das Ulmer Forschungsteam die optimalen Bedingungen für eine hohe Empfindlichkeit des Comet Assays für die folgenden Tests fest. Mal an Vollblut, mal an isolierten Lymphozyten wurden nun die in den Zellen vorhandenen DNA-Schäden analysiert und die Wirkung von verschiedenen, potenziell genverändernden Substanzen oder Einflüssen wie Strahlung auf das Erbgut geprüft. Dabei stand die Frage im Mittelpunkt des Interesses, ob sich mit Hilfe des Comet Assays signifikante und reproduzierbare Unterschiede zwischen den Blutproben der Raucher und der Nichtraucher feststellen lassen.

Auch der Einfluss genetischer Unterschiede der einzelnen Proben war Untersuchungsgegenstand. Für einzelne Tests teilten Speit und Hoffmann die Rauchergruppe in weniger starke und starke Raucher auf und verglichen somit auch die Gruppe derjenigen, die am Tag mehr als 20 Zigaretten rauchten, mit den Nichtrauchern.

ERGEBNISSE UND KONSEQUENZEN

Allerdings führte keine der Versuchsvarianten – ob an Vollblut oder Lymphozyten, ob mit allen Rauchern oder nur mit den starken Rauchern – zu signifikanten Unterschieden zwischen den Blutproben von Rauchern und Nichtrauchern. Daran änderte auch der Einsatz des Proteins Formamidopyrimidin-Glycosylase („FPG-Protein“) nichts, das häufig verwendet wird, um die Empfindlichkeit des Comet Assays für bestimmte DNA-Schäden zu erhöhen.

Daraus folgern Professor Günter Speit und Diplom-Biologin Heike Hoffmann, dass sich ein DNA-schädigender Effekt des Rauchens mit Hilfe des Comet Assays nicht eindeutig nachweisen lässt. Da davon auszugehen ist, dass die Schadstoffbelastungen durch DNA-schädigende Substanzen in der Umwelt und am Arbeitsplatz geringer sind als die des Rauchens, eignet sich diese Methode für das Biomonitoring „wesentlich weniger gut“, als dies „eine Vielzahl von Studien suggeriert“.

Soll der Comet Assay dennoch im Rahmen des Biomonitorings eingesetzt werden, müsste die Durchführung der Untersuchungen „wesentlich höheren“ Qualitätsanforderungen gerecht werden, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten. Erste Ansatzpunkte für entsprechende Leitlinien werden in der Studie bereits genannt.

Iris Lehmann

Lärmen oder Lernen?

SCHLECHTE RAUMAKUSTIK ERHÖHT LÄRMPEGEL IM KLASSENZIMMER – KINDER LERNEN SCHLECHTER.

KONTAKT

Dr.-Ing. Philip Leistner
Fraunhofer Institut für Bau-
physik
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
Tel.: 0711/970-3346
philip.leistner@ibp.fraunhofer.de

Prof. Dr. Jürgen Hellbrück
Katholische Universität
Eichstätt-Ingolstadt
Ostenstraße 26-28
85072 Eichstätt
Tel.: 08421/93-1699
juergen.hellbrueck@ku-
eichstaett.de

Dr. Maria Klatte
Universität Oldenburg
Institut für Psychologie
26111 Oldenburg
Tel.: 0441/798-5511
maria.klatte@uni-
oldenburg.de

PROJEKT

Projekttitel:
Lärm in der schulischen
Umwelt und kognitive
Leistungen bei Grund-
schulkindern
Teilprojekt A:
Umwelt- und bauakus-
tische Untersuchungen
Teilprojekt B:
Kognitionspsychologische
Untersuchungen
Projektlaufzeit:
10/2003 bis 8/2006

*Durchführung der Unter-
suchung in einer zweiten
Grundschulklasse*

Die Qualität unserer Bildungseinrichtungen wird gerne diskutiert. Wird dabei auch betrachtet, in welcher Umwelt gelernt und gelehrt wird? Genau hier setzen Wissenschaftler des Fraunhofer Instituts für Bauphysik (IBP), der Katholischen Universität Eichstätt und der Universität Oldenburg an. Gibt es Zusammenhänge zwischen Lärm im Klassenzimmer und der Lernfähigkeit der Grundschüler? Verstehen Kinder ihre Lehrer und können sie die Informationen verarbeiten? Oder stimmt es, was Schopenhauer postulierte: „Der Lärm aber ist die impertinenteste aller Unterbrechungen, da er sogar unsere eigenen Gedanken unterbricht, ja zerbricht.“? Und müssen folglich Bauphysiker dem Aufruf Robert Kochs folgen: „Eines Tages wird der Mensch den Lärm so unerbittlich bekämpfen müssen wie die Cholera und die Pest.“?

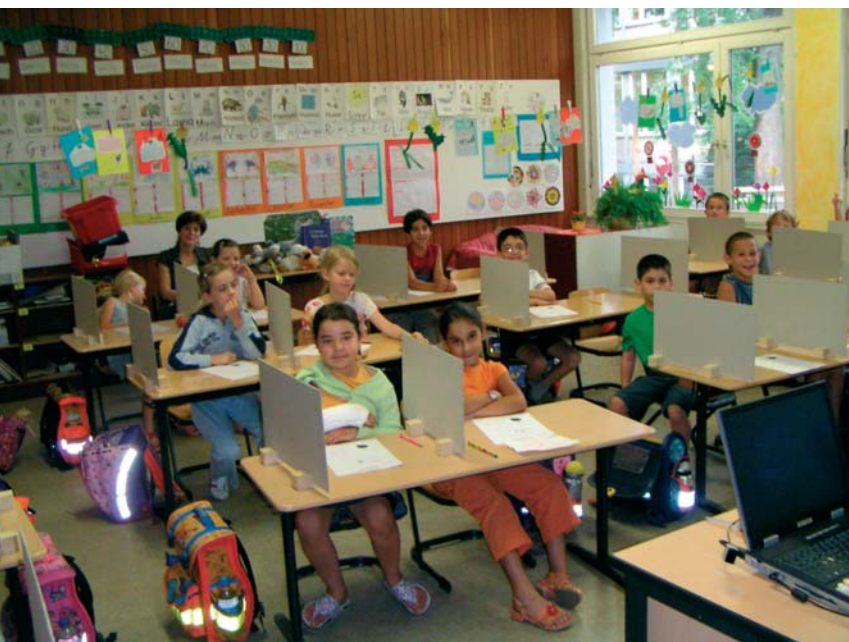
Die Wissenschaftler suchten in Stuttgart für ihre Feldstudie nach vergleichbaren Grundschulen. Acht Schulen mit insgesamt 21 Klassen bzw. Klassenräumen wurden ausgewählt, darunter 17 zweite und 4 erste Klassen. Diese wurden eingehend untersucht: Schallpegel bei geschlossenem und geöffnetem Fenster, Nachhallzeiten und die Übertragungsqualität der gesprochenen Worte wurden gemessen. Einige Messungen wurden während des Unterrichts durchgeführt, die meisten in leeren Räumen. Fast alle Räume waren zu den Nachbarräumen ausreichend oder gut isoliert. Die Tü-

ren zu den Fluren sind meist nicht ausreichend schalldämmt. In den meisten Schulen waren die Flure ruhig, so dass der Unterricht nicht gestört wurde. In anderen Schulen kam Lärm über die Treppenhäuser in die Flure und Klassenzimmer. Sind die Treppenhäuser durch Türen von den Fluren getrennt, verbessert dies die Schalldämmung der Klassenzimmer. Die Räume waren überwiegend schlecht trittschallisoliert, so dass Geräusche aus darüber liegenden Klassenzimmern den Unterricht störten. Die Nachhallzeiten in den Klassenräumen waren teilweise gut, teilweise schlecht; extrem ungünstige Verhältnisse wurden nicht gefunden. Als wesentlicher Störfaktor wurde die „Nachhallzeit“ erkannt, also die Zeitspanne, in der der Lärm um 60 dB abnimmt. Diese lagen zwischen 0,49 und 1,11 Sekunden. Lange Nachhallzeiten bewirken höhere Grundgeräuschpegel, da alle Geräusche länger im Raum nachklingen. Die gesprochenen Worte und Sätze werden schlechter verstanden.


Die Wissenschaftler teilten die Klassenräume entsprechend der Nachhallzeiten ein: in Räume mit Nachhallzeiten bis 0,55 Sekunden, in Klassenräume mit Nachhallzeiten zwischen 0,68 und 0,92 Sekunden (entsprechend DIN 18041, unbesetzt) und in ungünstige Klassenräume mit einer Nachhallzeit von mehr als einer Sekunde.

In den Schulen wurden zeitweilig akustisch optimierte Untersuchungsräume eingerichtet. Wände wurden provisorisch mit Schall absorbierenden Platten verkleidet und so die Nachhallzeiten auf ca. 0,5 Sekunden reduziert. Ausgewählte Schulklassen wurden zweimal getestet: einmal im eigenen Klassenraum, einmal im optimierten Raum. Mit umfangreichen Tests wurden Kurzzeitgedächtnis und Lautverarbeitung der Kinder in akustisch unterschiedlichen Klassenräumen miteinander verglichen. Die Ergebnisse der Tests in eigenen und optimierten Räumen wurden ebenfalls verglichen.

Als Teil der Studie durften Kinder Fragebögen ausfüllen. Je länger die Nachhallzeiten sind, desto mehr fühlen sich die Kinder durch ihre Mitschüler gestört, sobald diese in Schultaschen wühlen oder Stühle rücken. Die Kinder sollten angeben, ob die Lehrerin häufig zur Ruhe mahnt. Je schlechter die Raumakustik, desto häufiger wurde diese Frage bejaht. In akustisch ungünstigen Räumen empfanden mehr Kinder ihre Lehrer als weniger freundlich und geduldig als in für Kinder güns-



Kinder-Lärmfragebogen (cand.psych. Andrea Henze)




Stimme Stimme nicht

1	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
5	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>

Lärm in der Schule

Innenlärm
„In der Stillarbeit ist es wirklich still.“

Lärm von außen
„Im Klassenzimmer höre ich Autos an der Schule vorbeifahren.“



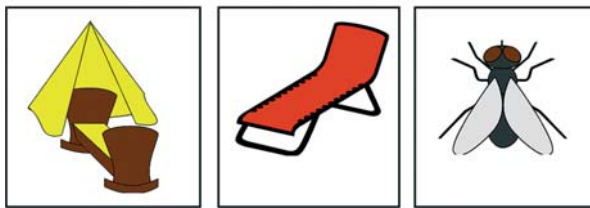
1	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
5	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>

Lärm zu Hause

„Ich höre zu Hause Autos von der Straße“

„Bei mir zu Hause kann man gut draußen spielen“

Beispielaufgabe „Lautdiskrimination“: Wiege – Liege – Fliege (das zu dem gehörten Wort passende Bild soll angekreuzt werden)



tigeren Räumen. Ob es bei der Stillarbeit wirklich still sei, beantworteten 80 Prozent der Kinder günstiger Klassenräume mit ja. In ungünstigen Klassenräumen waren es nur 60 Prozent. Doch nicht nur die Kinder leiden unter schlechter Raumakustik. Denn je länger die Nachhallzeiten sind, desto lauter müssen Lehrer sprechen – ein höherer Krankenstand ist die Folge, wie aus anderen Studien bekannt ist.

Auch die Eltern wurden befragt, denn der familiäre Hintergrund der Kinder wurde in der Studie ebenfalls berücksichtigt. Der Anteil von Schülern mit fremder Muttersprache sollte gleich sein, denn die Lesekompetenz von Kindern steigt mit der Sprachkenntnis. Auch der Schulabschluss (Haupt-, Realschule oder Gymnasium) der Mütter beeinflusst die Leistungen. Diese Daten wurden durch statistische Methoden in der Studie berücksichtigt.

Die Zweitklässler beteiligten sich an einigen Tests, die auf das Sprachverständnis und das Kurzzeitgedächtnis abzielten. Für den Lautdiskriminationstest bekamen die Kinder Bilder von phonetisch ähnlichen Begriffen vorgelegt (z. B. Wiege – Liege – Fliege). Ein geschulter Sprecher sagte ein Wort (z. B. Wiege) und die Kinder mussten das entsprechende Bild ankreuzen. Um vergleichbare Testergebnisse zu erzielen, kam die Stimme des Sprechers über einen Aktivlautsprecher – als Sounddatei vom Laptop eingespielt. Zugemischt war ein Stimmengewirr, dessen Lautstärke vorab in Tests optimiert wurde. Der Test sollte weder zu leicht noch zu schwer sein. Das Band wurde in jedem Klassenraum mit dem gleichen Schallpegel abgespielt. Im optimierten Raum erreichten die Kinder ein um etwa 10 Prozent besseres Ergebnis als im eige-

nen ungünstigen Klassenraum. Bei Kindern, die in einem guten Klassenraum lernten, waren beide Ergebnisse vergleichbar.

Eine ungünstige Raumakustik bewirkt nicht nur akute Lernprobleme. In der Studie konnten auch chronische Wirkungen der Nachhallzeit nachgewiesen werden. Kinder aus akustisch günstigen Klassenräumen bewältigten komplexe Aufgaben zur phonologischen Verarbeitung erfolgreicher als Kinder aus einem ungünstigen Lernumfeld.

Die Wissenschaftler konnten nachweisen, dass eine ungünstige Akustik das Lernklima beeinträchtigt. Die Kinder sind angespannt, wenn sie dem Unterricht folgen wollen. Sie empfinden das Verhältnis zu Lehrkräften und Mitschülern als weniger angenehm als Kinder im günstigen Lernumfeld. Auf Dauer kann dies zur Unlust führen. Dies betrifft Muttersprachler und Nicht-Muttersprachler gleichermaßen.

Beispielaussagen aus dem Lärmfragebogen. Die Aussagen wurden den Kindern vorgelesen und von ihnen durch Ankreuzen der Alternativen „stimmt“ oder „stimmt nicht“ beantwortet.

Bilder: M. Klatte

FAZIT

Nicht die Kinder sind das Problem. Ob Kinder gut oder schlecht lernen, hängt auch vom akustischen Umfeld ab. Denn Kinder können unvollständig verstandene Sätze nur schwer zu Informationen verarbeiten. Und: Kinder fühlen sich in einem guten akustischen Umfeld von ihren Mitschülern besser angenommen und in die Gruppe integriert als in „schlechten“ Klassenräumen. Auch Lehrer leiden: Der Krankenstand der Lehrkräfte ist geringer, wenn die Akustik stimmt. Die Ergebnisse sind also volkswirtschaftlich bedeutend. Akustisch optimierte Räume begünstigen gute Lernerfolge. Gute Absolventen bereichern die Wirtschaft. Gesunde und motivierte Lehrer tragen zusätzlich zum guten Lernklima bei.

Andrea Mehling

Messung der Sprachübertragungsqualität mit einem Lautsprecher an der klassischen Lehrposition im Klassenraum.

Bilder: ibp Stuttgart



Arzneimittel im Wasserkreislauf

KONGRESS ÜBER HORMONE, PSEUDOHORMONE UND ARZNEIMITTEL IN GEWÄSSERN.

Arzneimittel sind Bestandteil einer modernen Gesellschaft. Mittlerweile finden wir sie auch in Böden, im Grundwasser, in Flüssen und Seen. Nur gehören sie da nicht hin. Wann immer Menschen oder Tiere Medikamente einnehmen, geht ein Teil davon über das Abwasser zur nächsten Kläranlage – oder über Stallung auf die Felder. Wie wirken sich Arzneimittel in der Umwelt aus? Diese Frage wurde am 17. Mai 2006 auf dem Kongress „Hormone und Arzneimittel im Wasserkreislauf“ mit Expertinnen und Experten diskutiert.

Der Kongress wurde von Umweltministerin Tanja Gönner eröffnet. In den letzten zwölf Jahren investierte ihr Ressort zwei Millionen Euro in die Erforschung von Arzneimitteln in der Umwelt. Dabei wurden Industriechemikalien als „Pseudohormone“ enttarnt. Diese Stoffe, zum Beispiel Weichmacher, wirken ähnlich wie „echte“ Hormone. Auch wurden analytische Methoden entwickelt, denn viele Substanzen kommen nur in Spuren in der Umwelt vor und wirken dennoch auf manche Organismen toxisch. Die Folgen dieser Stoffe lassen sich durch vorbeugenden Umweltschutz vermeiden. Dazu gehört, Klärschlämme thermisch zu verwerten, statt sie in der Landwirtschaft auszubringen.

Und wie gelangen die Medikamente in die Umwelt? Sie können über schadhafte Kanäle in den Untergrund sickern. Ein großer Teil der von Menschen eingenommenen Substanzen gelangt über Ausscheidungen in das Abwasser. Über Kläranlagen gelangen sie in Oberflächengewässer und von dort in Böden und Grundwasser. Werden Klärschlämme ausgebracht, gelangen ebenfalls Schadstoffe in den Untergrund.

Einige Medikamente, zum Beispiel solche gegen Krebs, wurden bislang fast ausschließlich in Kliniken eingenommen. Dies könnte ein Grund dafür sein, Klinikabwasser entsprechend zu reinigen. Doch die Krebspatienten kommen immer häufiger nur für einen Tag in die Klinik und werden dann entlassen. Die Medikamente haben eine Halbwertszeit von ca. drei bis sechs Tagen. Das heißt, dass diese Arzneimittel fast ausschließlich zu Hause wieder ausgeschieden werden. Mit ca. 60 bis 80 Prozent sind private Haushalte die größten Emittenten für Humanpharmaka, Arztpraxen und Kliniken tragen zu etwa 10 bis 20 Prozent bei. Vor allem Schmerzmittel (z. B. Diclofenac und Ibuprofen), Antiepileptika (z. B. Carbamazepin und Premidon), Röntgenkontrast-

mittel und Wirkstoffe von Insektenabwehrmitteln gelangen in Kläranlagen. Je nach Substanz und je nach Kläranlagentyp werden zwischen 15 und 98 Prozent der Wirkstoffe abgebaut. Einige Substanzen, die biologisch schlecht abbaubar sind, lassen sich durch Ozonierung oder durch Aktivkohle entfernen.

Doch auch über die Tierzucht werden Arzneimittel in der Umwelt angereichert: Über Stallung gelangen die Stoffe in Böden, Grund- und Oberflächenwasser. Problematisch sind Antibiotika, die teilweise schlecht abgebaut werden. Ein Teil der in der Fischzucht verwendeten Arzneimittel verbleibt im Gewässer.

DEN STOFFEN AUF DER SPUR

Viele Substanzen kommen in der Umwelt nur in Spuren vor. Deshalb sind die Untersuchungen aufwändig. Wird von einem Stoff ein Nanogramm pro Liter gefunden, entspricht dies der Menge von einem Würfelzucker in 2,5 Milliarden Liter Wasser (das entspricht der Wassermenge vor einer Talsperre). Da stets zahlreiche Stoffe im Wasser oder in Böden vorkommen, werden diese zunächst chromatographisch getrennt. Daran schließt sich die sehr empfindliche Detektion durch Massenspektrometrie an. Es wird vorher festgelegt, nach welchen Stoffen gesucht wird. Denn auch die modernsten Geräte werfen nicht einfach die Konzentrationen aller vorhandenen Stoffe aus.

Obschon ein Teil der Verbindungen lediglich in sehr niedrigen Konzentrationen in den Gewässern vorhanden sind, wirken sie sich beispielsweise auf männliche Regenbogenforellen negativ aus. Muscheln laichen – bedingt durch Pharmaka – zu anderen Zeitpunkten als es die Biologische Uhr vorgibt. Eierstöcke von Krebsen entwickeln sich zur „falschen“ Zeit. Dies wurde jedoch nur punktuell festgestellt. Von einem flächendeckenden Problem kann bisher nicht ausgegangen werden. Eine Gefahr für Menschen wird derzeit nicht gesehen. Aber nach dem Vorsorgegrundsatz sollen die Kommunen ihre Kläranlagen im Rahmen anstehender Modernisierungen optimieren. Klärschlämme werden zunehmend thermisch verwertet, um Böden und Grundwasser zu schützen. Mit den Erkenntnissen der Forschung und vorbeugenden Aktivitäten der Kommunen wird es möglich sein, die Belastung der Gewässer mit Arzneimitteln auf ein Mindestmaß zu reduzieren.

Andrea Mehling

KONTAKT

Bruno Blattner
Umweltministerium Baden-Württemberg
Kerner Platz 9
70182 Stuttgart
bruno.blattner@um.bwl.de
Tel. 0711/126-1533

INFOS

Die Kongressdokumentation kann im Internet heruntergeladen werden: www.um.baden-wuerttemberg.de/Publikationen/Gewässerschutz.

Phosphor aus der Asche

RÜCKGEWINNUNGSSTRATEGIEN FÜR KLÄRSCHLAMM.

Phosphor ist ein nicht erneuerbarer und unverzichtbarer Rohstoff, als Nährstoff für die Landwirtschaft und als wesentliches Element in vielen chemischen Prozessen der industriellen Produktion. Entsprechend große Anstrengungen werden inzwischen unternommen, den Wertstoff möglichst rein aus Sekundärrohstoffen zurückzugewinnen. Eine Strategie ist die Rückgewinnung von Phosphor aus dem Verbrennungsrückstand von Klärschlamm.

Für die Rückgewinnung von Phosphor aus Abwasser und Schlamm wurden verschiedene Verfahren entwickelt. Schon aus Umweltschutzgründen ist es schon lange ein Ziel, den Pflanzennährstoff möglichst weitgehend aus Abwasser zu entfernen. Wird Phosphor in der Kläranlage aus dem Wasser zurückgewonnen, bleibt jedoch ein nicht unwesentlicher Teil von bis zu 50 Prozent im Schlamm zurück und ist damit für die weitere Verwendung verloren. Konzentriert sich die Rückgewinnung auf den sich absetzenden Schlamm, ist es theoretisch möglich, mehr als 90 Prozent des vorhandenen Phosphors wieder zurückzuführen. Statt aus dem Abwasser oder Klärschlamm kann Phosphor allerdings auch in einem zweiten Schritt, nach Verbrennung der organischen Substanz, aus der entstandenen Asche gelöst werden. Ein Vorteil eines solchen Vorgehens wäre es auch, dass für eine Rückgewinnung von Phosphor die Aschen aus verschiedenen Verbrennungsanlagen gesammelt, Schwerpunkte gebildet und die Technik für die Rückgewinnung effektiver eingesetzt werden könnte.

In Deutschland gibt es derzeit 15 bis 17 Anlagen, die kommunalen Klärschlamm verbrennen, zwei davon stehen in Baden-Württemberg. Doch die Quantität der Rückgewinnung ist nur die eine Seite, die andere ist die Qualität, die den Erfolg einer Rückgewinnung mit entscheidet: Dabei ist für die industrielle Verwendung von Phosphor-Verbindungen aus Klärschlamm deren hoher Eisengehalt das größte Problem. Dieser resultiert nicht nur aus den im Schlamm vorhandenen Metallgehalten, sondern wird auch durch die verwendeten Fällmittel für die Phosphatfällung im Klärprozess verursacht. In einem Forschungsprojekt haben Wissenschaftler vom Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen IVD an der Universität Stuttgart unter anderem untersucht, in welchem Umfang das für die industrielle

Verwendung störende Eisen in den Aschen durch Verzicht auf eisenhaltige Fällmittel reduziert werden kann, welche Hauptminerale in verschiedenen Klärschlämmen auftreten und ob die mineralogische Zusammensetzung der Aschen durch die Feuerungstechnik (Verbrennung/Vergasung) beeinflusst wird. Zu diesem Zweck führten die Wissenschaftler gezielte Verbrennungs- und Vergasungsversuche in Versuchsanlagen unter definierten Bedingungen durch.

Drei Klärschlämme, die aus unterschiedlichen Behandlungsverfahren hervorgingen, wurden ausgewählt: ein Klärschlamm mit maximalem Eisengehalt, einer mit einer mittleren Fe-Konzentration (Mischschlamm aus unterschiedlichen Kläranlagen) und ein Klärschlamm aus einer Bio-P-Anlage, in der keine eisenhaltigen Fällmittel eingesetzt werden und der darum einen minimalen Eisengehalt hat. Unabhängig vom Schlamm lag Phosphor hauptsächlich als Whitlockit, einem Mineral, das überwiegend aus Kalzium, Phosphor und Eisen besteht, vor.

Die Analysen zeigten, dass die angewendete Technik der Phosphor-Ausfällung nur einen geringen Einfluss auf die mineralogische Zusammensetzung der Aschen hatte. Es sei darum nicht zielführend, so die Stuttgarter Wissenschaftler, Klärschlämme getrennt zu sammeln und zu verbrennen. Der hierfür entstehende logistische Aufwand könne entfallen. Auch vom eingesetzten thermischen Verfahren (Verbrennung/Vergasung) seien die mineralischen phosphorhaltigen Aschebestandteile weitgehend unabhängig.

Iris Lehmann

KONTAKT

Dipl.-Ing. Jörg Maier
Universität Stuttgart
Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen (IVD)
Pfaffenwaldring 23
70569 Stuttgart
Tel.: 0711/685-63396
Fax: 0711/885-63491
maier@ivd.uni-stuttgart.de
www.ivd.uni-stuttgart.de

PROJEKT

Projekttitel:
Systematische Untersuchungen zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlammaschen unter besonderer Berücksichtigung von Feuerungsparametern
Projektlaufzeit:
10/2004 bis 9/2006

*Kläranlage in Rülzheim.
Bild: S. Volkmer*



Aufwerten oder Abreißen?

NACHHALTIGE STRATEGIEN SOLLEN VERHINDERN, DASS DIE WOHNQUARTIERE DER NACHKRIEGSZEIT ZU GHETTOS FÜR ALTE ODER ZU SOZIALEN BRENNPUNKTEN DEGENERIEREN.

Die Erneuerung der Stadtquartiere aus den fünfziger und sechziger Jahren steht unumstritten an. Im Zeichen eines geschärften Problembewusstseins soll die Aufwertung der Nachkriegssiedlungen zukunftsfähig sein und das Ziel der effizienten Flächennutzung verfolgen. Die Frage nach dem „Wie“ beantwortet eine Pilotstudie zu Revitalisierungsstrategien für diese Wohngebiete. Tatsächlich entsprechen die inzwischen häufig unternutzten Nachkriegssiedlungen nicht mehr dem heutigen Wohnstandard und drohen Problemstandorte zu werden. Dabei bieten diese bisher wenig beachteten urbanen Wohn- und Lebensräume enorme Entwicklungspotenziale. So stammen 29 Prozent des aktuellen landesweiten Wohnungsbestands aus der Periode der ersten zwanzig Nachkriegsjahre. Allerdings greifen die bekannten städtebaulichen Konzepte des Baulücken- und Brachflächenmanagements bei den durch Grünflächen aufgelockerten,

aber monotonen Mehrgeschosswohnungen und Reihenhaussiedlungen nicht – die Freiflächen sind für eine Nachverdichtung schlicht zu klein.

MASSNAHMENBÜNDEL

Der Vorschlag der Forschungsgruppe Stadt + Umwelt zur Revitalisierung der Nachkriegssiedlungen sieht deshalb ein ganzes Maßnahmenbündel vor, aus dem im Einzelfall die passende Strategie zu konzipieren wäre. Zunächst ist umweltfreundliche Renovierung für einkommensschwache Nutzer vorgesehen. Dieser Ansatz steht im Kontrast zur ebenfalls vorgeschlagenen umfassenden Modernisierung der Gebäude und einer attraktiven Freiflächengestaltung für die Zielgruppe der jungen Haushalte. Schließlich bleibt noch die Möglichkeit des Abrisses und der Neuentwicklung.

Optimal zusammengestellte Maßnahmenbündel erreichen

nicht nur die geforderte Energieeinsparung, vielmehr können sie den Rahmen für ein harmonisches, generationenübergreifendes Zusammenleben bilden. Dabei sind Details wie soziale Angebote, zu Fuß erreichbare Dienstleister und naturnah gestaltete Freiflächen wichtig. Soweit die grundlegenden Erkenntnisse der Studie von Experten aus den Bereichen Architektur, Statistik, Geographie und Psychologie.

BEFRAGUNG DER ENTSCHEIDER

Wie sehen jedoch die Planungsbehörden und Wohnungsbaugesellschaften die Situation der Wohngebiete aus den Wirtschaftswunderzeiten? Eine Befragung diagnostizierte diesen Planern ein noch recht geringes Problembewusstsein. Das veranlasst die Fachleute von Stadt + Umwelt, nachdrücklich für eine frühzeitige Modernisierung der Nachkriegssiedlungen zu plädieren, zumal der augenscheinlichen Ghettoisierung, dem Leerstand und Verfall nur noch mit massivem Mittlereinsatz zu begegnen ist.

KONTAKT

Prof. Günther Schöffl
ARGE Forschungsgruppe
Stadt + Umwelt
Blumenstraße 6
71638 Ludwigsburg
Tel.: 07141/920052
Fax: 0741/978463
info@stadt-umwelt.de
www.stadt-umwelt.de

PROJEKT

Projekttitel:
Pilotstudie zur nachhaltigen Entwicklung von Nachkriegssiedlungen (1945-65) unter besonderer Berücksichtigung von Flächenökonomie und Flächenmanagement
Projektlaufzeit:
8/2004 bis 7/2005



Die Wohnungsnot nach dem Zweiten Weltkrieg führte zu einem Bauboom.
Unten: die Vision der Wirtschaftswunderjahre.
Bilder: Haus der Geschichte



PERSPEKTIVEN

In einem weiteren Schritt analysierte die Forschergruppe elf Fallstudien, um ihre Einschätzung von Ist-Situation und Entwicklungsmöglichkeiten der um die fünfzig Jahre alten Siedlungen Baden-Württembergs zu überprüfen. Die für elf derartige Wohnquartiere von Biberach bis Mannheim und von Pforzheim bis Aalen gesammelten Informationen bestätigten die grundsätzlichen Annahmen. So gibt es inzwischen zwar genug Kindergärten, Schulen und Spielplätze, doch die fehlenden Kinder gefährden die Rentabilität der Einrichtungen. Zukünftig wird auch der Verlust des einstmals guten Dienstleistungsangebots zum Problem, da der fortlaufend ansteigende Anteil der hochaltrigen und eingeschränkt mobilen Bevölkerung auf fußläufige Angebote angewiesen ist. Auf der anderen Seite herrscht in Nachkriegssiedlungen ein Mangel an Parkplätzen, da sich seit deren Bauzeit der Pkw-Bestand mehrfach verdoppelt hat. Auch leidet die Lebensqualität in den Nachkriegssiedlungen nicht nur unter der Monotonie der Bebauung und der Grünflächen, häufig bestimmt Öde und Ereignislosigkeit das Freizeitangebot. Besonders unternutzt sind Siedlungsgebiete mit freistehenden Einfamilien- und Reihenhäusern, denn hier ist der Anteil der älteren Bevölkerung sehr hoch. Alles in allem ist dies Grund genug für Stadt + Umwelt, einen neuen Typ des Flächenmanagements im verbleibenden Projektzeitraum zu entwickeln. Das Ziel ist bereits klar: die sanierungsbedürftigen Nachkriegssiedlungen in attraktive und dynamische Wohnquartiere umzuwandeln, damit durch Innenentwicklung die Inanspruchnahme der freien Landschaft minimiert wird.

Andreas Lehmann



Die Block- und Reihenhausbauung der Nachkriegsjahre ist meist nicht mehr vermittelbar. Die Mängelliste ist lang, das Umfeld oft verwahrlost, eine Renovation entsprechend aufwändig.

Bilder: Forschungsgruppe Stadt + Umwelt

Das Luftbild zeigt die aufgefrischte Nordstadt in Karlsruhe. Detailansicht links: Wohnblock mit kindgerechtem Umfeld.



Handelbare Flächenkontingente

EINE STUDIE SOLL ZEIGEN, WIE HANDELBARE ZERTIFIKATE FÜR EIN NACHHALTIGES FLÄCHENMANAGEMENT EINGESETZT WERDEN KÖNNEN.

Das Prinzip der handelbaren Flächenausweisungskontingente ist einfach. Zum Einstieg bekommt jede Kommune Flächenkontingente zugeteilt, entsprechend kann dann bebaut oder verkauft werden. Ziel dieser Politikinnovation ist es, das Bauen auf innerörtlichen Flächen attraktiver zu machen und die fortschreitende Zersiedelung der Landschaft zu vermindern. Die Kosten für Umbau, Abriss, oder gar Dekontamination bei der Wiedernutzung von Flächen im Siedlungsraum fallen so weniger ins Gewicht, da beim Bauen im Bestand ja keine teuren Flächenzertifikate einzulösen sind. Beim Bauen auf der „Grünen Wiese“ würden diese verbraucht werden. So wäre für jeden Bauherrn spürbar, wenn er Flächen beansprucht, die dem Gemeinwohl dienen. Erbringt doch unbebauter Boden Wertschöpfung durch ökologische Leistungen, wie den Hochwasserschutz oder das Erneuern der Trinkwasserressourcen. Auch der Freizeit- und Erholungswert von Flächen in der freien Landschaft ist bedeutend.

MIT KONTINGENTEN ODER STEUERN BREMSEN?

Zwar stellt niemand mehr in Frage, dass Flächen sparen das Gebot der Stunde ist. Doch folgt der Einsicht nur selten die nötige Rücksicht. Deshalb muss ein Instrumentarium geschaffen werden, das den Flächenverbrauch rigoros einschränkt. Ansonsten wird unser Lebensraum irgendwann zu 100 Prozent zersiedelt sein. Allerdings fehlen noch Detailkenntnisse zu entsprechenden Lenkungsmaßnahmen. An dieser Stelle setzt eine Studie eines volkswirtschaftlich und raumplanerisch orientierten Teams an, das die Machbarkeit des Instruments für Baden-Württemberg untersucht und somit auch Sachargumente für die Diskussion Flächenkontingen-

tierung versus Flächennutzungssteuer liefert. Dabei greift das Projektteam im Wesentlichen auf Erfahrungen mit dem Emissionshandel zurück. So wird aus der erfolgreichen Einführung der CO₂-Zertifikate geschlossen, dass auch eine Flächenkontingentierung prinzipiell machbar ist. Ernsthaftige rechtliche Konflikte sind nicht zu erwarten, da man nicht prinzipiell in die Hoheit von Gemeinden eingreift und auch die gesetzlich geregelten planerischen Abwägungsprozesse im Kern unangetastet lässt.

Das Instrument, mit dem das Angebot bebaubarer Äcker, Wiesen und Wälder verknappt werden soll, steht sozusagen neben dem Regelwerk Flächennutzungs- und der Bebauungsplanung. Die Akzeptanz der handelbaren Flächenkontingente wird auch deshalb als recht hoch eingeschätzt, da diese große Handlungsspielräume und Flexibilität zulassen. Neben diesen Einschätzungen zeigt die Studie einige „Stellschrauben“ der Flächenkontingentierung im Allgemeinen auf. Zunächst wird generell vorgeschlagen, Flächen schlicht zweifach zu kategorisieren und nur siedlungs- und verkehrsbeanspruchte, unkontingentierte Flächen von davon unbeanspruchten, kontingentierten Flächen zu unterscheiden. Damit sich dann die Siedlungsräume nicht zu Betonwüsten entwickeln, sind die im Siedlungsraum ausgewiesenen Grünflächen als unbeanspruchte und kontingentiert einzustufen. Bei der Überlegung, zu welchem Zeitpunkt die Regelung greifen soll, erscheint der Zeitpunkt praktikabel, zu dem der Bebauungsplan in Kraft tritt. Die Veränderungen der Kontingente durch Flächenbeanspruchung, Zukauf und Zuteilung von Zertifikaten ließen sich recht problemlos im Liegenschaftskataster bilanzieren.

KONTAKT

Dr. rer. pol. Rainer Walz,
Fraunhofer Institut für
System- und Innovations-
forschung (ISI)
Breslauer Straße 48,
76139 Karlsruhe
Tel.: 0721/6809-236
Fax: 0721/6809-135
r.walz@isi.fraunhofer.de
www.isi.fraunhofer.de

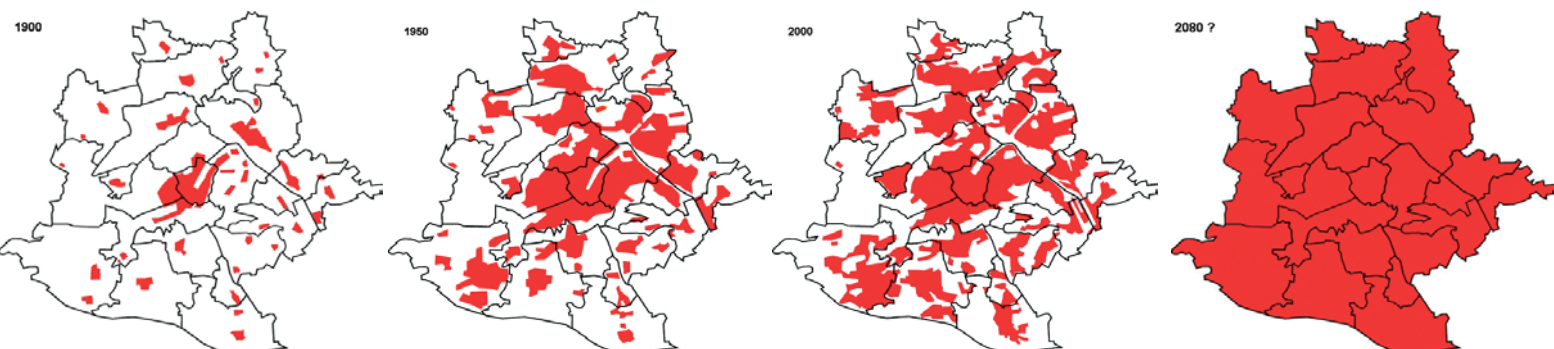
PROJEKT

Projekttitel:
Handelbare Flächenaus-
weisungskontingente zur
Begrenzung des Flächen-
verbrauchs – Ansätze für
Baden-Württemberg

Projektlaufzeit:
9/2003 bis 5/2005

Handelbare Flächenaus-
weisungskontingente
können dazu beitragen,
den fortschreitenden
Flächenverbrauch in
Stuttgart einzuschränken.

Bild: Amt für Stadtplanung
und Stadterneuerung Stutt-
gart, Abt. Stadtentwicklung



Aufgabe der Politik sei es, die Erstzuteilung von Flächenkontingenten bzw. das Maß des Flächenverbrauchs pro Bemessungszeitraum festzulegen. Ebenso sei es eine politische Frage, ob der bisherige Flächenverbrauch beispielsweise einfach undifferenziert halbiert werden soll oder ob eine andere Begrenzung durchzusetzen ist. Die Option, reichen Handelspartnern stärkere Einschränkungen aufzuerlegen, um deren weiter reichende Möglichkeiten zum Zertifikatkauf zu kompensieren, sei ebenfalls nur politisch zu lösen. Erwogen wird auch, den erlaubten Flächenverbrauch an das prognostizierte Bevölkerungswachstum zu binden.

Grundsätzlich wird festgehalten: Je größer und kaufkräftiger der Markt für Kontingente ist, desto effizienter ist der Handel. Aus dieser Überlegung heraus wird ein bundeseinheitliches System, mit oder ohne Länderbeteiligung, oder ein nach Größe der Bundesländer modifiziertes Ländermodell vorgeschlagen. Tatsächlich durchsetzbar erscheint die Flächenkontingentierung nur, wenn durch die Erstzuteilung an Flächen keine Kosten in den Kommunen entstehen.

SZENARIEN EINER FLÄCHENKONTINGENTIERUNG

Die Einbindung und Wirkungsweise des innovativen Instrumentariums zum Flächen sparen werden dann detaillierter und konkreter mit Szenarien einer im Karlsruher Raum angesiedelten Vorstudie dargestellt. Damit werden das Zusammenwirken mit bestehenden Regelungen, die Entwicklung eines Marktes für Flächenzertifikate und die Rolle von geschützten oder besonders hochwertigen Flächen mit Szenarien in zwölf sehr unterschiedlichen Gemeinden im Nachbarschaftsverband Karlsruhe veranschaulicht. Einbezogen wurden dabei Gemeinden wie das kleine Marxzell im Nordschwarzwald und die überregional bedeutende Großstadt Karlsruhe in der Oberheinebene. Marxzell sticht durch einen nur siebenprozentigen Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Gesamtfläche hervor. Im Falle einer Kontingentierung entstünde hier der interessante Fall, dass in einer Gemeinde kein Quadrat-



Der Traum vom Eigenheim führt vielerorts zum Kahlschlag ortsnaher Streuobstwiesen.

Bild: R. Hofbauer

meter des Grünen-Wiese-Kontingents bebaubar wäre. Tatsächlich ist in Marxzell schon heute keine Bebauung im Außenbereich möglich. Das verbieten dort der Natur- und Wasserschutz flächendeckend. Demnach wäre für Marxzell eine Flächenkontingentierung ausschließlich ein finanzieller Zugewinn. Ganz anders ist die Situation in Karlsruhe: Dort nehmen Siedlung und Verkehr fast 50 Prozent der Gesamtfläche ein. Im Außenbereich sind noch 13 Prozent potenziell bebaubar. Eine Kontingentierung könnte diese Bebauung vermindern oder durch den Erwerb von Zertifikaten zumindest verteuern.

Zur Abschätzung der Wirksamkeit von Zertifikaten zur Flächenbeanspruchung wurde mit Quadratmeterkosten von 50 Euro gerechnet. Dies erwies sich allerdings als ein zu geringer Anreiz, um statt der „Grünen Wiese“ eine wahrscheinlich sanierungsbedürftige Brachfläche zu bebauen. Andererseits können 50 Euro für einen Quadratmeter sehr wohl Anreiz sein, um eine Baulücke zu nutzen. So fallen bei einer Baulücke und bei Nachverdichtung keine Kosten an, mit denen der Eingriff in die „Grüne Wiese“ ausgeglichen werden müsste. Ebenso entstehen beim innerörtlichen Bauen keine Erschließungskosten. Viele Argumente sprechen also für einen Erfolg der Flächenkontingentierung, um Flächen zu gewinnen. In der Studie wird dann auch abschließend eine „grundsätzliche Machbarkeit derartiger Politikinnovationen“ diagnostiziert, aber auch weiterer Forschungsbedarf für zahlreiche noch zu klärende Einzelfragen.

Andreas Lehmann

Rund um Stuttgart setzen immer noch zahlreiche Kommunen auf Wachstum und weisen großzügige Wohn- und Gewerbeflächen aus.

Bild: P. Fendrich



Neues zum Phänomen POP

EINE PIONIERSTUDIE ZUR „POP-KULTUR“ IN SCHÖNBUCH UND SCHWARZWALD EROBERT DIE INTERNATIONALEN HITPARADEN DER UMWELTFORSCHUNG.

KONTAKT

Prof. Dr. Peter Grathwohl
Universität Tübingen
Zentrum für Angewandte
Geowissenschaften
Sigwartstraße 10
72076 Tübingen
Tel.: 07071/29-75429
Fax: 07071/5059
grathwohl@uni-
tuebingen.de
www.uni-tuebingen.de

PROJEKT

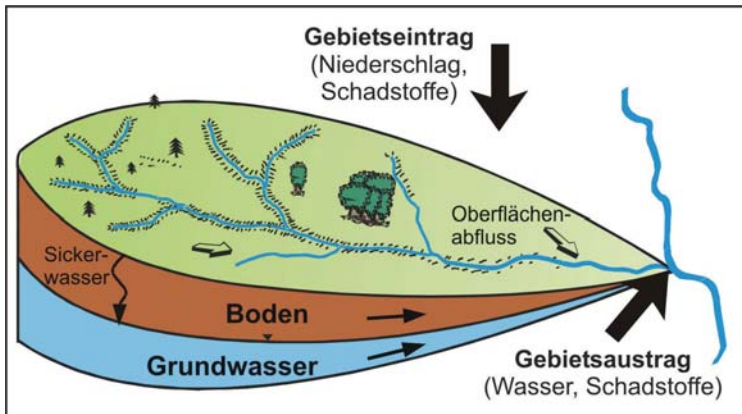
Projekttitel:
Erfassung schädlicher
Bodenveränderungen
durch atmosphärische
Deposition von
persistenten organischen
Verbindungen (POP)

Projektlaufzeit:
10/2002 bis 9/2005

Nein, es geht nicht um Musik. POP – in Großbuchstaben – steht für „persistente organische Schadstoffe“ (polutants). Anders als so mancher Pop-Song zeichnen sich diese Verbindungen durch eine sehr lange Lebensdauer aus. POPs sind überall und stammen aus vielerlei Quellen. Nach ihrem Transport in der Atmosphäre reichern sie sich in Böden und Sedimenten langsam aber stetig an. Dem Phänomen POP auf den Grund zu gehen, haben sich Professor Peter Grathwohl und seine Mitarbeiter am Zentrum für Angewandte Geowissenschaften der Universität Tübingen zum Ziel gesetzt. „Wie verläuft ihre Anreicherung in den Böden? Und besteht die Gefahr, dass die toxischen Substanzen ins Grundwasser gelangen können?“ Mit diesen zwei Leitfragen beschreibt Grathwohl das vorliegende Forschungsprojekt.

EIN PROJEKT MIT VORGESCHICHTE

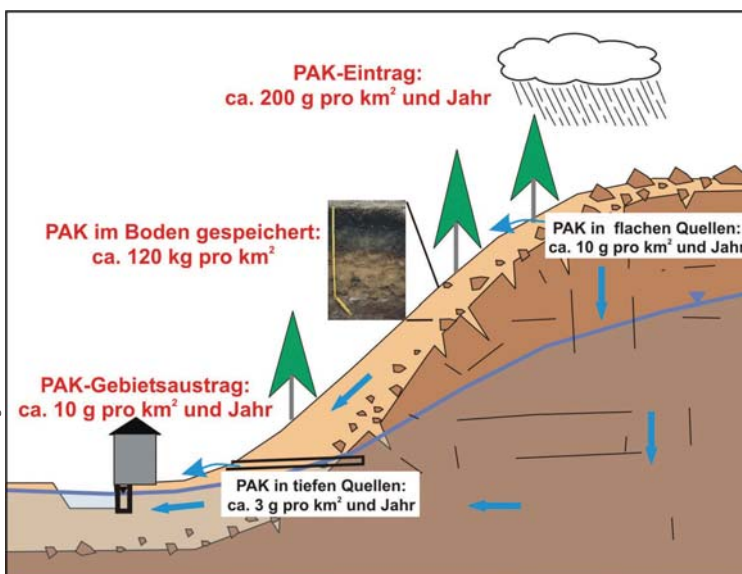
Ohne ein ausgeklügeltes Messverfahren hätten die Tübinger Geowissenschaftler ihr von Anfang 2004 bis Ende 2005 laufendes Vor-Ort-Monitoringprogramm nicht starten können. Es stammt aus dem eigenen Haus und heißt „Trichter-Adsorberkartusche-Verfahren“. Klingt nicht gerade hitverdächtig, doch immerhin stand dieses 2000 im Auftrag der LfU entwickelte Verfahren Pate für die deutsche Norm DIN 19739. Nun also stand die Methode in der freien Natur auf dem Prüfstand. Anders als im Labor sind hier die Messbedingungen nur schwer zu kontrollieren – zumal bei einem ubiquitär, also überall vorkommenden Untersuchungsgegenstand. „Wir brauchten überschaubare Gebietseinheiten, die ihren Schadstoffeintrag nur aus der Atmosphäre erhalten haben konnten, nicht aus internen Quellen wie Deponien oder Altlasten,“ erläutert Projektleiter Grathwohl. Fündig wurde man im Naturpark Schönbuch. In diesem „grünen Hinterhof“ der Uni Tübingen konnten die Wissenschaftler auf eine vorhandene Datenbasis zum Wasser- und Stoffhaushalt zurückgreifen. Gleiches galt für das Einzugsgebiet des Seebaches im Nordschwarzwald sowie für ein Testgebiet im Fichtelgebirge, das von bayerischen Kollegen bereits genauer unter die Lupe genommen worden war. Schließlich wurde auch die Boden-Dauerbeobachtungsfläche der LUBW bei Kehl genutzt. Aus dem früheren und aktuellen atmosphärischen Eintrag, der Bodenbelastung und dem Austrag per Abfluss ergaben sich Massenbilanzen (siehe Modellschema).



Landschaftsmodell: In überschaubaren Raumeinheiten wurden Stoffeintrag, Verhalten im Untersuchungsgebiet sowie Stoffaustrag gemessen und bilanziert.

VON POP ZU PAK

Im Fokus der Geowissenschaftler standen die PAKs, sozusagen die Promis unter den POPs. Diese polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe entstehen als Nebenprodukt unvollständig ablaufender Verbrennungen von fossilen Brennstoffen – ob bei Waldbränden oder Vulkanausbrüchen, in Heizungen oder Motoren. Natürliche Quellen sind für den aktuellen Eintrag jedoch vernachlässigbar. Die vom Menschen verursachten Quellen nahmen mit der Industrialisierung zu und erreichten ihren Höhepunkt in den sechziger und siebziger Jahren. Der darauf folgende rückläufige Trend – hervorgerufen etwa durch bessere Filter in Kraft-



Bilder: Zentrum für Angewandte Geowissenschaften



werken – hat sich in den letzten zehn Jahren abgeschwächt. Viele der insgesamt rund 200 PAK-Verbindungen gelten als Krebs erzeugend, rund 20 typische Vertreter wurden schließlich untersucht.

Erstes wichtiges Ergebnis: Das Verfahren funktioniert. Und zwar so genau, dass sogar die PAK-Belastung aus einer Jahrhunderte dauernden Nutzungsgeschichte nachvollzogen werden konnte: Die vorindustrielle Produktionsweise mit ihrer massiven Holzverbrennung führte in den Böden des Nord-



An der Form der oben um den Faktor 400 vergrößerten Partikel können die Wissenschaftler feststellen, ob sie aus der Holz- (Hk), Kohle- (K) oder der Öl-, Diesel- und Benzinverbrennung (Ruß) stammen.

schwarzwalds zu einer stärkeren PAK-Vorbelastung als im Schönbuch. Peter Grathwohl: „Damit konnten wir gleichzeitig auch eine erstaunliche Stabilität der Schadstoffe in den Böden nachweisen. Ein PAK-Abbau in den Böden findet nur sehr langsam statt.“

EINMAL DRIN – IMMER DRIN?

Im Grundwasser dagegen wurden sehr geringe Konzentrationen gemessen. Über 90 Prozent der eingetragenen PAKs verbleiben in den Untersuchungsgebieten, ein Sickerwasser-Transport findet nicht statt. „Doch die gute Nachricht fürs Grundwasser ist gleichzeitig eine schlechte für den Boden“, fasst der Projektleiter zusammen, „denn es kommen mehr PAKs rein ins Untersuchungsgebiet als abtransportiert werden. Und was drin ist, bleibt zum überwiegenden Teil auch drin.“

Seit Jahrhunderten scheint also der Boden erfolgreich POPs und PAKs zu puffern. Wie lange wird er das noch schaffen? Schreibt man die aktuell immer noch hohen Einträge fort, werden in etwa 150 Jahren in den empfindlichsten Bodenhorizonten Humusaufgabe und Oberboden die Vorsorgewerte der Bundesbodenschutzverordnung erreicht. Geschätzte mehr als 500 Jahre wird es laut der Studie dauern, bis dies bei ungebremstem Eintrag flächenhaft auftritt. „Was mit den Schadstoffen langfristig passiert, ob zum Beispiel eine schlagartige Auswaschung droht, ist unklar“, bemerkt Grathwohl. Eine wichtige Variable ist dabei die Art des Schadstoffein-

trags: Der zurzeit dominierende Eintrag über Rußpartikel, zum Beispiel aus dem Straßenverkehr, erhöht gleichzeitig die Sorptionskapazität der Böden.

DAS PROJEKT WIRD POPULÄR

„Pkw-Abgasproben haben ergeben, dass der Verkehr in der Tat maßgeblich für die aktuelle PAK-Emission verantwortlich ist“, so Projektmitarbeiter Tilman Gocht. Genau dieser Sachverhalt verhalf dem Forschungsprojekt zu plötzlicher Popularität – auch wenn meist die Wirkung von Rußpartikeln und Feinstaub auf die Atemwege des Menschen im Vordergrund steht. „Die meisten Untersuchungen befassen sich mit dem Feinstaub nur, so lange er sich in der Luft befindet“, erklärt Gocht. „Wir Geowissenschaftler haben dagegen Böden und Grundwasser im Blick und denken zudem in

deutlich längeren Zeiträumen.“ Dank dieses speziellen Ansatzes gelang dem Projekt „BWR 22006“ weltweit der Sprung in die Hitparade der Umweltforschung: Ergebnisse der Untersuchung sind in das EU-Umweltforschungsprojekt „AquaTerra“ eingeflossen. Es umfasst 45 Kooperationspartner in zwölf EU-Ländern und wird vom Tübinger Zentrum für Angewandte Geowissenschaften geleitet. „Auch eine erste Studie in den USA wird gerade auf der Basis unseres Pionierprojekts begonnen“, berichtet Peter Grathwohl stolz. So sind die Tübinger Geowissenschaftler also zu echten POP-Stars geworden ...

Zufrieden sind die Wissenschaftler allerdings noch nicht. Mit neuen Laser-Methoden wollen sie nun die Schadstoffe direkt auf den Feinstaubpartikeln messen. Außerdem möchten sie den verschiedenen PAK-Quellen mit Hilfe der Kohlenstoff-Isotopie, einer Art Fingerabdruck der Schadstoffe, zu Leibe rücken. Und auch das Langzeitverhalten der POPs in den Böden über Jahrhunderte hinweg muss weiter untersucht werden. „Damit würden wir ein komplettes Bild darüber erhalten, was mit den Schadstoffen von der Quelle bis zur Senke, also den Böden, passiert“, erläutert Gocht.



Die „Trichter-Adsorberkartusche“ im Einsatz: Mit ihrer Hilfe wird der Eintrag aus der Atmosphäre gemessen.

Stefan Kriz

Kompost bedingt einsatzbereit

SCHADSTOFFBELASTUNG AUS DER ATMOSPHÄRE NACHGEWIESEN.

Die gute Nachricht: Kompost ist deutlich weniger mit organischen Schadstoffen belastet als Klärschlamm. Die schlechte Nachricht ist jedoch folgerichtig, dass Wissenschaftler in Proben verschiedenster Komposte von aromatischen Kohlenwasserstoffen bis zu polychlorierten Biphenylen eine ganze Anzahl gefährlicher Substanzen gefunden haben.

Die Idee, Grüngut und andere organische Abfälle zu kompostieren, ist bestechend: Bakterien und Kleintiere aller Art bauen den Bio-Müll so um, dass er Landwirtschaft und Garten wieder zugeführt werden kann und dort für neues Wachstum sorgt. Doch dieser sinnvolle Kreislauf wird zum Problem, wenn mit den Nährstoffen zugleich Schadstoffe auf Acker und Wiese ausgebracht werden. Insbesondere über den Gehalt an organischen Schadstoffen in Komposten weiß man derzeit noch wenig. Darum haben sich Wissenschaftler des Instituts für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart unter Leitung von Professor Jörg Metzger daran gemacht, Proben aus 16 Kompostierungsanlagen in ganz Baden-Württemberg auf ihren Gehalt an bestimmten organischen Problemstoffen zu untersuchen. Immerhin werden im Land jährlich rund 287.000 Tonnen Kompost erzeugt und davon fast die Hälfte an die Land- und Forstwirtschaft abgegeben. Organische Schadstoff-„Klassiker“ wie PCB (polychlorierte Biphenyle) und PAK (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) wurden ebenso zur Beprobung ausgewählt, wie eine Auswahl an Stoffen und Stoffgruppen, zum Beispiel Octyl- und Nonylpheno-

nole, die nachgewiesenermaßen endokrin wirksam sind, oder zumindest unter dem Verdacht stehen, den Hormonhaushalt von Organismen zu beeinflussen.

Untersucht wird auch, ob sich der Gehalt der Problemstoffe im Sommer- und im Winterkompost unterscheiden. Landet während der Vegetationszeit vor allem Grün- und Grasschnitt in den Kompostwerken, sind es im Herbst und Winter vor allem auch Laub, Südfrüchte oder deren Schalen und nach Neujahr zudem viele Weihnachtsbäume. Neben zehn Bioabfallkompostierungsanlagen gingen auch jeweils drei Anlagen, in denen entweder nur Grünabfälle verarbeitet oder in denen die Abfälle vergoren statt kompostiert werden, in die Untersuchung ein. Alle gängigen verfahrenstechnischen Varianten sowie ländliche und städtische Einzugsgebiete wurden berücksichtigt.

Nach allen Regeln der Wissenschaft wurden bislang die „Sommer-Kompost“-Proben gefriergetrocknet, gemahlen und unter Zugabe von verschiedenen Chemikalien aufgearbeitet, um tatsächlich noch so kleinste Mengen der Gefahrstoffe aus dem Kompost herauszulösen. Das Ergebnis: In allen Proben konnten die zu den PAK gehörigen Substanzen, nach denen gesucht worden war, nachgewiesen werden. Die Gehalte lagen über alle Kompostanlagen hinweg in einer ähnlichen Größenordnung, was sehr deutlich für den Eintrag per Luftfracht spricht. Im Mittel waren es 3,69 Milligramm pro Kilogramm Trockensubstanz. Auch PCB wurden überall gefunden. Hier lagen die Gehalte der Grüngutkompostierungsanlagen leicht unter dem Mittelwert von 38,8 Mikrogramm pro Kilogramm Trockensubstanz. Auch hier gehen die Wissenschaftler davon aus, dass die Gifte in der Hauptsache aus der Atmosphäre stammen. Für die Gruppe der PBDE (polybromierten Diphenylether) wichen die Ergebnisse stärker voneinander ab (Mittelwert 38,9 Mikrogramm/Kilogramm TS) – gefunden wurden sie jedoch in allen Proben.

Ob sich die Werte in der Winterprobe unterscheiden, wird derzeit noch untersucht. Auch zu den teilweise äußerst schwer zu analysierenden hormonähnlichen Substanzen können die Forscher noch keine Aussage machen. Allerdings ist anzunehmen, dass für diese Substanzen, die häufig als Duft- und Hilfsstoffe in Kosmetika, Reinigungs- und Pflegeprodukten eingesetzt werden, vor allem der Wasserweg eine Rolle spielt.

Iris Lehmann

KONTAKT

Prof. Dr. Jörg Metzger
Dipl.-Chem. Silke Rupp
(Ansprechpartnerin)
Universität Stuttgart,
Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft
Bandtäle 2
70569 Stuttgart
Tel.: 0711/685-63721
Fax: 0711/685-63729
joerg.metzger@iswa.uni-stuttgart.de
www.iswa.uni-stuttgart.de

PROJEKT

Projekttitel:
Untersuchungen von
Komposten und
Gärs substraten auf
organische Schadstoffe
in Baden-Württemberg
Projektlaufzeit:
10/2005 bis 9/2006

Parallel durchgeführte
Flüssig-Flüssig-
Extraktion von getrockneten Kompostproben.

Bild: J. Metzger



Welche Zukunft hat der Bodensee?

BEIM ERSTEN BODENSEE-KOLLOQUIUM AM INSTITUT FÜR SEENFORSCHUNG IN LANGENARGEN
DISKUTIERTE WISSENSCHAFTLER, FACHLEUTE UND BÜRGER ÜBER DIE ZUKUNFT DES SEES.

Forscher und Praktiker nutzten beim Bodensee-Kolloquium die Chance, gemeinsam Zukunftsvisionen für den See und sein Umfeld zu erarbeiten und zu diskutieren. Zunächst wurde geschaut, was im See ist: Stimmt die Gewässerqualität? Dr. Hans Güde von der LUBW konnte mit seinen Forschungen nachweisen, dass von Wasservögeln ausgeschiedene Fäkalkeime keine relevante Gefahr für Badegäste darstellen (vgl. S. 24f). Prof. Peter Kimmig vom Regierungspräsidium Stuttgart referierte über aktuelle Erkenntnisse zur Badermatitis. Deren äußerst unangenehme Folgen können zukünftig durch Quallenschutzmittel verhindert werden (vgl. Umweltforschung-Journal 2005, S. 30). Andere Sorgen bereiten Cyanobakterien. Sie bilden „Microcystine“, Stoffe, die auch für Menschen giftig sind. Laut Dr. Christian Frank können sich die Organismen bei zu hoher Nährstoffbelastung, also in „eutrophen“ Gewässern, massenhaft vermehren. Badegewässer werden daher – wie auch Trinkwasser – regelmäßig auf Cyanobakterien untersucht (vgl. S. 33).

Nicht nur die Gewässerbiologie fordert die Wissenschaftler: Seit einigen Jahren werden in Gewässern Rückstände von Arzneimitteln festgestellt. Diese gelangen über das Abwasser in Flüsse und Seen. Die von Prof. Daniel Dietrich (Uni Konstanz) nachgewiesenen Konzentrationen sind zwar noch nicht Besorgnis erregend, lassen jedoch Handlungsbedarf erkennen. Spätestens wenn mit dem Klimawandel die Niederschläge nachlassen und Gletscher abgeschmolzen sind, wird Wasser knapp. Und das bedeutet, dass Abwässer geringer verdünnt in die Gewässer gelangen und damit die Schadstoffkonzentrationen steigen.

Mit den Folgen des Klimawandels für die Region rund um den See beschäftigt sich Dr. Dietmar Straile. Der Wissenschaftler von der Uni Konstanz prognostiziert die Temperaturen und Niederschläge für die nächsten 100 Jahre. „Die Temperaturen werden auch hier steigen, möglicherweise sogar um sechs bis acht Grad“, so Straile. Es ist vor allem im Winter mit geringeren Niederschlägen zu rechnen. Veränderte Wasserstände bei gleichzeitig steigenden Wassertemperaturen sowie Veränderungen im Artenspektrum werden die Folge sein.

Ähnliche Sorgen beschäftigen Dr. Marion Mertens an der Uni Basel. Die Bachforellenbestände in Schweizer Flüssen gehen

deutlich zurück. Mit dem Forschungsprojekt „Fischnetz“ wurden Ursachen untersucht. Auch hier sind steigende Temperaturen mit verantwortlich. Forellen brauchen kaltes Wasser. „In tieferen Lagen sind sie kaum noch zu finden; sie sind heute schon um 100 bis 150 Meter die Bäche hoch gewandert“, so Mertens. Was das für die Zukunft mit weiter steigenden Temperaturen bedeutet, lässt sich leicht errechnen.

Als weiterer Referent berichtete Sascha Damaschun, PLENUM Stockach, über neuartige Naturschutzkonzepte. An praktischen Beispielen konnte er verdeutlichen, dass eine durchdachte Regionalplanung Vorteile für die Bewohner der Region, die Wirtschaft und für Gäste bietet.

Die Veranstaltung endete mit einer Podiumsdiskussion: „Sind wir auf dem richtigen Weg?“, lautete die Frage an die Referenten und das Auditorium. Der aktuelle Flächenverbrauch ist – nicht nur in der Bodensee-Region – hoch. Und schon heute sind 50 Prozent des Bodenseeufers verbaut. Planer



und Kommunen müssen entscheiden: Wollen wir Flächen fressende Freizeitangebote für Touristen, sind wir gar auf dem Weg zum Disney-Land Bodensee? Oder wollen wir unseren Gästen ein einigermaßen intaktes Ökosystem Bodensee erlebbar machen?

In einem Punkt waren sich alle einig: Das Bodensee-Kolloquium muss fortgesetzt werden. Viele Fragen sind offen. Wissenschaftler, Politiker, Regionalplaner und die Bevölkerung müssen die Zukunft gemeinsam diskutieren. Die nächste Veranstaltung ist für den 15. März 2007 geplant. Den Schwerpunkt werden Themen der Regionalplanung bilden.

Andrea Mehling

KONTAKT


Dr. Herbert Löffler
LUBW, Institut für Seenforschung
Argenweg 50/1
88085 Langenargen
Tel.: 07543/304-167
Fax: 07543/304-299
herbert.loeffler@lubw.bwl.de

Andrea Mehling
LUBW, Referat Grundsatz,
Forschung, Nachhaltigkeit
Griesbachstraße 1-3
76185 Karlsruhe
Tel. 0721/5600-1469
Fax: 0721/5600-1414
andrea.mehling@lubw.bwl.de
www.lubw.baden-wuerttemberg.de

Auf dem Podium saßen von links nach rechts: Dr. Marion Mertens, Dr. Hans Güde, Dr. Heinz Gerd Schröder (Moderator), Sascha Damaschun, Prof. Dr. Daniel R. Dietrich, Dr. Dietmar Straile.

Baden im See künftig verboten?

VOGELSCHUTZ UND BADEN AM BODENSEE – EIN WIDERSPRUCH?

 Schwimmen ist gesund. Und in Seen zu schwimmen kann ein echter Genuss sein. Zuweilen gibt es jedoch Probleme mit der Wasserqualität. Zerkarien verursachen juckende Hautausschläge, Badegäste bleiben fern (Umweltforschung-Journal 2005). Auch Blaualgen haben verschiedentlich zu leeren Stränden geführt (vgl. S. 33). Und wie sieht es aus, wenn Wasservögel die Strände bevölkern? Wo Vögel sind, sind auch Fäkalkeime und die können die Gesundheit gefährden. Ist das Baden am See riskant?

Damit heute und zukünftig das Baden in unseren Seen möglich ist, hat die EU die Badegewässer-Richtlinie von 1976 überarbeitet. Vorhandene Grenzwerte für Bakterien werden deutlich verschärft (zum Beispiel für Kolibakterien, *E. coli*); für bisher nicht erfasste Organismen wurden Grenzwerte eingeführt (intestinale Enterokokken).

Diese Bakterien gefährden zwar nicht die menschliche Gesundheit, sind aber verhältnismäßig leicht nachzuweisen. Und: wo sie gehäuft auftreten, muss auch mit schwerer analysierbaren Krankheitserregern wie Salmonellen gerechnet werden. Die neue EU-Badegewässer-Richtlinie (2006/7/EG) ist am 24.03.2006 in Kraft getreten, die alte Richtlinie wird Ende 2014 aufgehoben.

Kein See in Baden-Württemberg hat so viele Badegäste wie der Bodensee. Das Umweltministerium ließ deshalb den See auf die von der EU vorgeschlagenen Keime untersuchen. Wissenschaftler der Universität Stuttgart forschten nach Keimen im Abwasser und Fließgewässer. Gleichzeitig ermittelte das Institut für Seenforschung (ISF) der LUBW natürliche Keimkonzentrationen in Vogelschutzgebieten und an Stränden. Denn wenn das Wasser in Schutzgebieten belastet ist, ergeben sich Konflikte zwischen Naturschutz und Badebetrieb.

ÜBERWACHUNGSDATEN ALLER BADEPLÄTZE

Das ISF wertete zunächst vorhandene Daten des Landesgesundheitsamts (LGA) aus, die die Überwachungsdaten aller Badeplätze enthielten: Darunter waren solche mit hoher und niedriger Wasservogeldichte. Aus diesen langjährigen Daten konnte kein klarer Hinweis auf erhöhte Werte durch Wasservögel abgeleitet werden. Auffällig war, dass nahe der Siedlungen und der Zuflüsse gehäuft Kolibakterien gefunden wurden, was durch Siedlungsabwässer hervorgerufen wird. In siedlungsfernen Gebieten mit dichteren Vogelbeständen überwogen intestinale Enterokokken.

KONTAKT

Dr. Hans Güde (Ltg.)
LUBW, Institut für
Seenforschung
Griesbachstraße 1-3
76231 Karlsruhe
Tel.: 07543/304-166
hans.guede@lubw.bwl.de
www.lubw.baden-
wuerttemberg.de

Dr.-Ing. Jörg Krampe (Ltg.)
Juliane Gasse
(Ansprechpartnerin)
Universität Stuttgart
Institut für Siedlungs-
wasserbau, Wassergüte
und Abfallwirtschaft
Bandtäle 2
70569 Stuttgart
Tel.: 0711/6856-5420
juliane.gasse@iswa.uni-
stuttgart.de
www.iswa.uni-stuttgart.de

PROJEKT

Projekttitel:
Untersuchungen zur
Novellierung der EU-
Badegewässer-Richtlinie
und deren Auswirkungen
auf den Badebetrieb
am Bodensee
Projektlaufzeit:
1/2004 bis 10/2005

Hohe Wasservogel-
dichte im Naturschutz-
gebiet Hegner Bucht.

Bilder: H. Güde





Das vogelreiche Untersuchungsgebiet Gnadensee vor der Insel Reichenau.

Das ISF wertete nicht nur die Dauerbeobachtungen aus, sondern untersuchte im Sommer 2004 zehn Badestellen intensiv auf die Bakterien. Die ausgewählten Areale sind unterschiedlich stark mit Vögeln besiedelt. Auch Sedimente und Vogelschutzgebiete wurden untersucht. An keiner Stelle wurden die derzeit noch gültigen Grenzwerte der EU überschritten. Vogelschutzgebiete wiesen geringere Keimzahlen auf als Badestrände in Siedlungsnähe. Badegäste können sich freuen: Der Bodensee lädt zum Baden ein. Und Vogelfreunde können sich freuen: Durch Wasservögel entstehen keine Risiken für Badegäste.

Noch während des Projektverlaufs kündigte sich die nächste Frage an: Sind Badegäste vor einer Infektion mit Vogelgrippe sicher? Hierzu wird es weitere Forschungen geben. Manches ist schon bekannt: Viren sterben im Wasser sehr schnell ab. Für eine Grippeinfektion ist eine hohe Dosis an Erregern notwendig, im Bodensee werden sie aber sehr schnell verdünnt. Somit ist für Badegäste das Risiko einer Infektion praktisch auszuschließen.

SIND DIE SEEZULÄUFE SAUBER?

Da in Mündungsbereichen von Fließgewässern in den Bodensee häufig erhöhte Konzentrationen von Kolibakterien zu finden sind, untersuchten Wissenschaftler der Universität Stuttgart die Stockacher Aach und deren Zuflüsse genauer. Wenn 2015 die neue EU-Badegewässer-Richtlinie in Kraft tritt, werden die Grenzwerte vermutlich häufiger überschritten. Es gilt jetzt, Quellen zu orten und – so möglich – zu eliminieren. Überraschend war, dass bereits nahe der Quelle der Stockacher Aach Keime im Wasser zu finden waren. Menschliche Einflüsse konnten hier ausgeschlossen werden. Vermutlich werden tierische Fäkalien eingeschwemmt. Die Grenzwerte nach neuer EU-Badegewässer-Richtlinie werden hier bei Regenwetter durchgängig überschritten.

Weitere Proben wurden flussabwärts in einem landwirtschaftlich genutzten Gebiet genommen und analysiert. Hier waren die intestinalen Enterokokken in bis zu neunfach höheren Konzentrationen vorhanden als die Kolibakterien. Nach dem Einlauf der Kläranlage Mühlingen stiegen die Konzentrationen weiter an, insbesondere die der Kolibakterien. Im weiteren Verlauf reinigt sich die Aach an unbelasteten Gewässerabschnitten selbst. Der Zustand ändert sich hinter den Zuflüssen Mahlspürer Aach und Krebsbach. Das Einzugsgebiet der Mahlspürer Aach ist landwirtschaftlich geprägt. Über diesen Zufluss erhöht sich die Konzentration an intestinalen Enterokokken in der Stockacher Aach. Der Krebsbach nimmt Siedlungsabwässer auf und ist damit durch höhere Konzentrationen an Kolibakterien erkennbar.

Kurz vor der Mündung in den Bodensee weist die Stockacher Aach gemäß der neuen Badegewässer-Richtlinie bereits bei Trockenheit häufig überhöhte Werte an Kolibakterien und intestinalen Enterokokken auf. Bei Regenwetter werden die Werte teilweise um den Faktor zehn erhöht. Bevor die Aach in den Bodensee mündet, fließt sie noch auf einem Kilometer Länge durch ein Naturschutzgebiet. Die Zahl der Keime nimmt durch natürlichen Abbau vermutlich wieder ab.

Die neuen Grenzwerte können in der Stockacher Aach derzeit nicht durchgängig unterschritten werden. In Regenzeiten nehmen die Keime im Wasser deutlich zu. Verantwortlich sind im Falle der Kolibakterien hauptsächlich urbane Abwässer. Im Falle der intestinalen Enterokokken trägt die Landwirtschaft zu erhöhten Werten bei. Auch in Gebieten, die nicht von Menschen beeinflusst sind, können die Keim-Konzentrationen teilweise über den neuen Grenzwerten liegen. Die Stellschrauben für eine verbesserte Badegewässerqualität in Fließgewässern sind bekannt. Jetzt kann daran gedreht werden, um auch Badestellen in Mündungsnähe zu erhalten.

Andrea Mehling

Boden als Hochwasser-Indikator

NACH DER ENTWICKLUNG EINES MESSVERFAHRENS IM LABOR WIRD NUN EIN KLEINRÄUMIGES HOCHWASSER-FRÜHWARNSYSTEM IN FREIER NATUR GETESTET.

KONTAKT

Dr.-Ing. Jürgen Ihringer
Universität Karlsruhe
Institut für Wasser und
Gewässerentwicklung
Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe
Tel.: 0721/608-3907
Fax: 0721/661329
www.iwg.uni-
karlsruhe.de/
ihringer@iwg.uka.de

PROJEKT

Projekttitel:
Entwicklung eines Ver-
fahrens zur Hoch-
wasserfrühwarnung in
kleinen und mittleren
Einzugsgebieten auf der
Grundlage von verteilten
Online-Bodenfeuchte-
messungen
Projektlaufzeit:
7/2002 bis 1/2003 und
1/2004 bis 12/2005

Kündigt die Wettervorhersage Schneeschmelze und starken Regen an, dann wissen Fachleute und Anwohner oft aus Erfahrung, dass Hochwasser drohen könnte. Doch immer wieder sorgen gerade kleine Bäche binnen weniger Stunden für böse Überraschungen. Steigt der Wasserstand plötzlich bedrohlich an, ist es für eine Warnung meist zu spät. Die bislang in der Hochwasser-Vorhersage eingesetzten Niederschlag-Abfluss-Modelle berücksichtigen nach Ansicht von Dr. Jürgen Ihringer einen wichtigen Einflussfaktor viel zu wenig: den Boden. Dieser stellt einen wichtigen Puffer für das Niederschlagswasser dar. Ein klitschnasser Boden ohne Puffervermögen, das liegt auf der Hand, steigert das Hochwasserrisiko. „Neben den erwarteten Niederschlägen ist die Verteilung der Bodenfeuchte ein ganz entscheidender Hochwasser-Faktor. Sie bestimmt, in welchem Maß der Boden überhaupt in der Lage ist, den Niederschlag aufzunehmen. Die Beobachtung der Bodenfeuchte erlaubt deshalb frühere, genauere und vor allem kleinräumigere Hochwasserwarnungen“, ist Ihringer überzeugt.

Den Beweis für diese These soll ein mehrstufiges Forschungsprojekt an der Uni Karlsruhe liefern. Am Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik haben Projektleiter Ihringer und Kollegen in einer ersten Pilotstudie ein Messsystem entwickelt und erprobt, mit dem aus der Bodenfeuchtemessung kleinräumige Aussagen zum Hochwasserrisiko abgeleitet werden können (siehe Umweltforschung-Journal 2004).

Nun folgt ein Feldversuch unter realen Bedingungen, der die Praxistauglichkeit des Messsystems auf die Probe stellt. „Das System basiert auf online verfügbaren Bodenmessungen im Einzugsgebiet von Bächen und Flüssen“, erläutert Jürgen Ihringer.

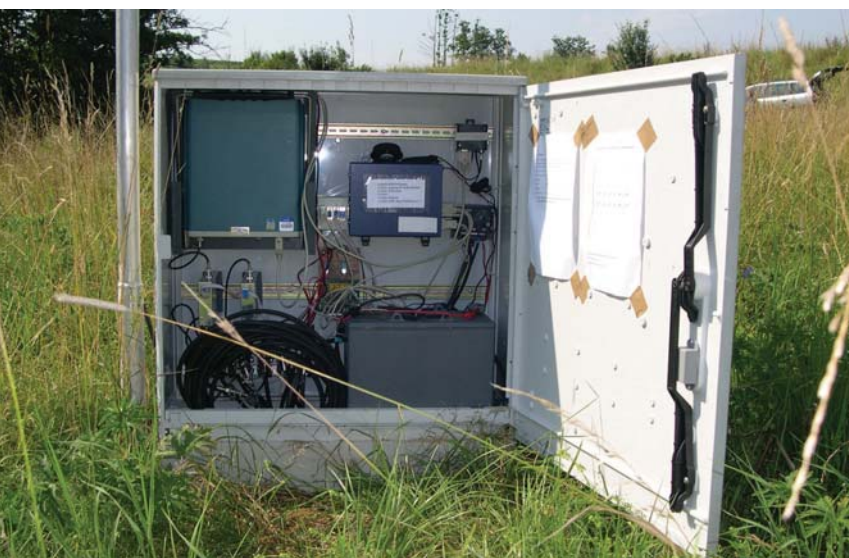
ZWEI FRAGEN

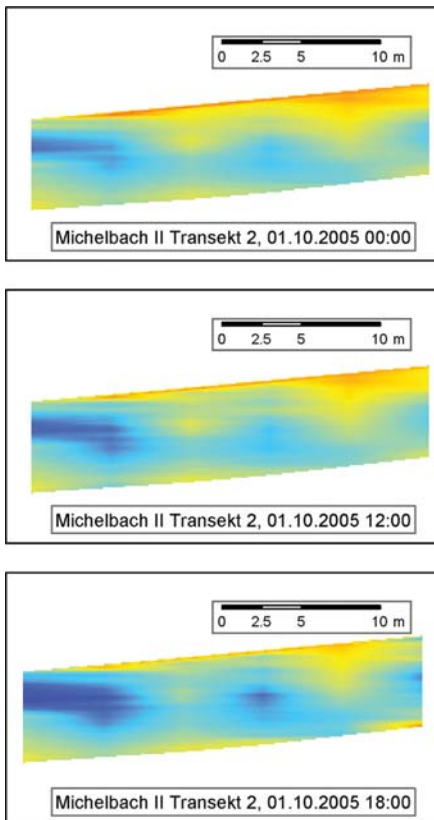
Stark vereinfacht könnte man die Aufgaben der Projektmitarbeiter auf zwei W-Fragen reduzieren: Wie und wo muss gemessen werden? Hinter dem Wie verbirgt sich die seit über zwei Jahrzehnten erfolgreich in der Bodenfeuchtemessung eingesetzte „Time-Domain-Reflektometrie“ (TDR). Sie wurde und wird von den Karlsruher Hochwasserexperten im Sinne der Problemstellung weiterentwickelt und optimiert. Die Frage nach dem Wo weist auf die Suche nach geeigneten Flächen hin: Wo müssen Sonden installiert werden, damit die Messergebnisse tatsächlich Auskunft über das Abflussverhalten eines Fließgewässers geben können?

WO MESSEN?

Ort des Feldversuchs ist das Einzugsgebiet des Flüsschens Sulm östlich und nördlich von Heilbronn. Doch vor der kleinräumigen Analyse steht unter anderem die Fernerkundung: Zur Ermittlung der Feuchtedynamik an der Erdoberfläche wurde unter anderem auch auf Landsat-Satellitenbilder zurückgegriffen. Weitere Eingangsdaten in das Rechenmodell sind Informationen zu Bodenart und Landnutzung, ein digitales Geländemodell sowie die „FLAB“-Klassifizierung von „Flächen gleicher Abflussbildung“. Als Resultat des Rechengangs ergaben sich potenzielle Messgebiete. Diese wurden nach einer Feldbegehung inklusive der Begutachtung von Bewuchs, Topographie, Grundwasserabstand und Verkehrserschließung auf ihre Eignung als Messflächen überprüft. Es fällt auf, dass die Gewässer im Einzugsgebiet selbst gar nicht als Messpunkte zur Debatte standen. „Permanent feuchte Stellen spielen für die Feuchtedynamik keine Rolle“, erklärt Ihringer kurz und bündig. Besonders im Fokus standen dagegen Auflächen am Fuß von Hängen, deren Zeigerpflanzen auf eine starke Variation der Durchfeuchtung bis zur Sättigungsgrenze schließen ließen. An solchen „konkaven Hang-

*Blick in den Messschrank:
Die gesamte Technik zur
Messung und Daten-
übertragung passt in ein
kompaktes Gehäuse.*





füßen“ sind besonders rasche Änderungen im Wasserabfluss zu erwarten. Sie eignen sich damit sehr gut als Indikatoren eines später eventuell folgenden Hochwassers. Vegetationsaufnahmen und die Entnahme von Bodenprofilen folgten an diesen ausgewählten Stellen. Zwei Messgebiete wurden schließlich zu Indikatorflächen für den Feldtest gekürt. Sie sind seit September 2005 mit jeweils zwölf 60 Zentimeter langen Bodenfeuchtesonden bestückt.

WIE MESSEN?

Bei der Time-Domain-Reflektometrie (TDR) wird die Laufzeit eines elektromagnetischen Impulses entlang eines im Boden installierten Sensors gemessen. Dabei gilt: je feuchter der Boden, desto langsamer der Impuls. Mit Hilfe mehrerer Sonden in einer definierten Fläche, mit kontinuierlichen Messungen und mit räumlich detaillierten Auswertungsverfahren lässt sich der Wassergehalt im Boden ausgesprochen exakt bestimmen. Alle drei Stunden wird bei der im Rahmen des Projekts entwickelten, dreidimensionalen „Spatial TDR“ gemessen. Die Ergebnisse gelangen über ein GPRS-Modem ins Internet und weiter in eine eigens konzipierte Datenbank auf einem zentralen Server. Hier werden sie auch in Bodenfeuchte-Profilbilder „übersetzt“ (siehe Graphik). Der Prototyp des neuartigen Verfahrens ist geschaffen. Mit den Erfahrungen aus dem Feldversuch kann nun die Genauigkeit des Messsystems verbessert, die Hard- und Software op-

timiert und nicht zuletzt der Messschrank praxistauglich ausgestaltet werden. Denn TDR-Messgeräte sind teuer. Um sie für den Alltagseinsatz im Hochwasserschutz zu perfektionieren, werden „Multiplexer“ eingesetzt. So können mehrere Feuchtesonden mit einem TDR-Gerät verbunden werden.

BALD SCHON ROUTINE?

„Wir konnten bereits nachweisen, dass die vertikale Verteilung der Bodenfeuchte einen erheblichen Einfluss auf die Abflussbildung hat“, freut sich Projektleiter Ihringer. Auch das mehrstufige Verfahren zur Ermittlung der passenden Indikatorflächen in einem Einzugsgebiet wertet er als ganz wichtigen Schritt. Und schließlich: „Die hohe räumliche und zeitliche Auflösung, mit der wir die Bodenfeuchtedynamik messen können, wurde bisher von keinem anderen Verfahren erreicht.“ Nach der erfolgreichen Erprobung soll das Messsystem in die Beobachtungsroutine des Landes aufgenommen werden. Bodenfeuchtemessungen werden also bald die Hochwasserfrühwarnung insbesondere in kleineren Gewässer-Einzugsgebieten bei der Hochwasservorhersage-Zentrale des Landes verbessern. Freuen können sich dann auch die Bewohner von Wertheim bis Waldshut und von Baden-Baden bis Ulm. Zwar kann das verbesserte Monitoring von Bodenfeuchteprozessen kein Hochwasser verhindern – doch eine exakte und rechtzeitige Warnung ist auch schon sehr viel wert.

Stefan Kriz

Ungewohnt, aber erfolgreich: Das Hochwasserfrühwarnsystem steht nicht direkt am Bach, sondern auf der grünen Wiese in einer Bachaue am Fuß eines Hangs. Ein Photovoltaik-Modul versorgt die Messeinheit mit Sonnenstrom.

Die zunehmende Durchfeuchtung nach Niederschlägen zeigt die Graphik: Im unteren Hangbereich (linker Bildrand) ist die Sättigungsgrenze des Bodens erreicht. Bald kommt es zum raschen, oberflächlichen Abfluss in den Vorfluter Sulm.

Vom Regen in den Filter

KANN ABFLIESENDES OBERFLÄCHENWASSER DURCH TECHNISCHE FILTRATION VON SCHADSTOFFEN BEFREIT WERDEN?

Regenwasser ist nach landläufiger Meinung so sauber, dass sogar Wäsche damit gewaschen werden kann. Warum also sollte das Wasser, das sich bei Regen auf einer Straße sammelt und das lediglich in ein Gewässer abgeleitet werden soll, auch noch gefiltert werden? Die Antwort von Prof. Dr. Hansjörg Brombach, dem Geschäftsführer der UFT Umwelt- und Fluid-Technik GmbH: „Die Verschmutzung von Regenabflüssen wird stark unterschätzt. Der Regen nimmt auf der Oberfläche von Siedlungsgebieten viele unerwünschte Substanzen auf.“ Dazu gehören laut Professor Brombach Staub, organische Stoffe wie Pollen, Tierkot und Laubreste, aber auch der Abrieb von Reifen und Bremsen. Ökologisch bedenklich sind vor allem die Schwermetalle, die an Feinsedimente adsorbiert sind. Feiner Schlamm lässt sich jedoch bei der „klassischen“ Behandlung durch Absetzen in Regenklärbecken nur schwer zurückhalten und gelangt mehr oder minder

cher Rechnen und Technisches Werken auf dem Plan. Berechnet wurde unter anderem, welche Filterdurchsätze bei bestimmten Schlammfrachten im Laufe der Zeit auftreten. Erschwert wird die Entwicklung eines Rechenmodells dadurch, dass nur am Anfang das Filtergewebe allein tätig ist. Schnell entwickelt sich durch die Auflagerung von Sedimenten ein „Filterkuchen“, der das Gewebe zusetzt. Dessen Wachstum und Durchlässigkeit wurde im Rahmen von Simulationen ebenfalls ermittelt.

Aufgabe beim Technischen Werken war die Entwicklung einer Apparatur zur Prüfung von Filtermaterialien aus Kunststoffen oder Metall. Maschen- und Porenweite waren ebenso Testkriterien wie die Festigkeit des Gewebes im Hinblick auf die Reinigung. Ebenso können beim Testapparat die Zu- und Abflüsse variiert und gemessen werden. Ergebnis: Um die Filterfläche auf eine praxistaugliche Größe zu reduzieren, muss mit einem erheblichen Wasserdruck auf den Filter gearbeitet werden. Trotzdem wird man um eine häufige Entfernung des Filterkuchens nicht herum kommen.

PROTOTYP IM BAU

Aus den umfangreichen Vergleichen von Materialien und Verfahren schält sich eine Filteranlage in Form eines stehenden Zylinders heraus, der von außen nach innen durchströmt wird. Das textile Filtermaterial ist außen auf einem Lochblech befestigt. Da unter Druck gearbeitet wird, umgibt ein Mantelbehälter den Filter. Ein Prototyp wird gerade gebaut. Details geben die Projektmitarbeiter aber noch nicht preis – aus patentrechtlichen Gründen.

Von vornherein wurde ein praktikabler Kompromiss zwischen dem Schadstoffrückhalt auf der einen sowie den baulichen und betrieblichen Sachzwängen auf der anderen Seite gesucht. Projektmitarbeiter Dr. Gebhard Weiß fasst das Ergebnis zusammen: „Bei vertretbaren Abmessungen und Kosten können zwar nur relativ geringe Abflüsse kontinuierlich gefiltert werden. Zusammen mit einem Regenklärbecken als Volumenpuffer verbessert sich trotzdem der Schmutzrückhalt ganz beträchtlich.“ Im Herbst, nach den ersten Feldversuchen, wird sich zeigen, ob der Optimismus berechtigt ist.

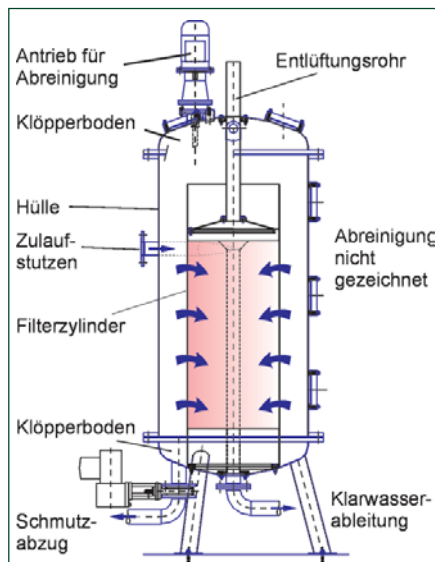
Stefan Kriz

KONTAKT

Prof. Dr.-Ing. Hansjörg Brombach
Dr.-Ing. Gebhard Weiß
UFT Umwelt- und Fluid-Technik GmbH
Steinstraße 7
97980 Bad Mergentheim
Tel.: 07931/9710-0
Fax: 07931/9710-40
www.uft-brombach.de
uft@uft-brombach.de

PROJEKT

Projekttitel:
Technische Filtration
von Oberflächenabflüssen
aus Siedlungsgebieten
Projektlaufzeit:
4/2005 bis 12/2006



Noch steht der Prototyp des Filterapparats in der Werkstatt.
Rechts: ein schematischer Schnitt.
Bilder: Umwelt- und Fluid-Technik GmbH

ungehindert ins Grundwasser oder den Vorfluter. „Wir entwickeln im Rahmen dieses Projekts ein kostengünstig zu bauendes und zu betreibendes Filtergerät, das die bisherigen Regenklärbecken in Trennsystemen ergänzen kann“, so Brombach.

EXPERIMENTIERFELD VOR ORT

Nicht weit von der Firma in einem Gewerbegebiet von Bad Mergentheim können die Projektmitarbeiter ein Regenklärbecken als Versuchsfeld nutzen. Bevor jedoch im Sommer 2006 der Startschuss für die Praxistests fällt, standen die Fä-

Wasserschutzgebiete zu klein?

EINE OPTIMIERTE MARKIERUNGSTECHNIK ERMÖGLICHT ES, SCHUTZGEBIETE FÜR QUELLEN GENAUER FESTZULEGEN UND DAMIT VERUNREINIGUNGEN DURCH BAKTERIEN ZU VERMEIDEN.

Wenn Bakterien oder andere Keime im Grund- und Trinkwasser auftreten, haben örtliche Wasserversorgungen ein Problem. Insbesondere Karstgebiete weisen eine hohe Verschmutzungsempfindlichkeit auf. Meist ist nicht bekannt, woher genau die Mikroorganismen kommen und wie sie sich ausbreiten. Um solche Probleme möglichst auszuschließen, weisen Wasserversorger entsprechende Schutzzonen um die zur Trinkwasserversorgung genutzten Quellen aus. Zur Festlegung deren Größe werden üblicherweise Markierungs- bzw. Farbe- oder Tracerversuche durchgeführt. Die für diese Versuche bisher verwendeten, in Wasser gelösten, fluoreszierenden Farbstoffe oder Salze weichen in ihrem Transportverhalten jedoch signifikant von dem von Partikeln oder beispielsweise Bakterien ab.

Daher werden in diesem Projekt unterschiedlich große Polystyrolpartikel, sogenannte Mikrosphären, als Partikeltracer eingesetzt und zum Vergleich die Bakterien „*Serratia marcescens*“ verwendet. Diese Partikel sind im Wasser unsichtbar sowie human- und ökotoxikologisch unbedenklich. Die Partikel werden mittels eines Fluoreszenzmikroskops ausgezählt und mit Messungen an einem Spektralfluorimeter verglichen. Zudem lassen sich die Ergebnisse mit einem Partikelzähler mit Fluoreszenzdetektion vergleichen. Projektziel ist, eine spezifische Bewertung der potenziellen Grundwassergefährdung durch mikrobielle Verunreinigungen zu ermöglichen.

Im Versuchsstollen Lindau im Südschwarzwald – einem geklüfteten Grundwasserleiter – wurden vergleichende und kombinierte Markierungsversuche mit unterschiedlich großen Polystyrolpartikeln durchgeführt.

Im zweiten Testgebiet – dem Porengrundwasserleiter bei Merdingen in der Freiburger Bucht südöstlich des Kaiserstuhls – konnte erstmals ein Feldversuch mit unterschiedlich großen Mikrosphären und Fluoreszenzfarbstoffen sowie Bakterien durchgeführt werden. Als Beispiel für einen Karstgrundwasserleiter diente das Testgebiet Yverdon des Partnerinstituts Centre d'Hydrogéologie de Neuchâtel (CHYN) am

Rand des Schweizer Faltenjuras. Hier wurden bei zwei Versuchen Polystyrolpartikel und Fluoreszenzfarbstoffe eingesetzt. Im Karstsystem Hölloch im Kleinwalsertal zeigte ein kombinierter Markierungsversuch ähnliche Ergebnisse.

Bereits im ersten Projektjahr stellte das Projektteam ein unterschiedliches Verhalten von Partikeltracern und gelösten Tracern in Karstgebieten fest. Die im Projektjahr 2005 durchgeführten Versuche bestätigten dieses Verhalten – für alle in Baden-Württemberg vorkommenden Grundwasserleiter: Karst, Kluft- und Porengrundwasserleiter. Als günstig haben sich gelb-grün oder rot fluoreszierende Polystyrolpartikel mit einer Größe von einem Mikrometer erwiesen. Die Messergebnisse zeigen, dass die hygienische Gefährdung von Grundwasser bei der Ausweisung von Schutzgebieten für Keime mit einer Größe von einem Mikrometer (beispielsweise Bakterien) bisher unterschätzt wurde. Daher empfiehlt das Team um Professor Hötzl eine entsprechende Vergrößerung der Schutzgebiete.

Im Verlauf des letzten Projektjahrs wird ein Schwerpunkt auf Laborversuche gelegt, die durch die exakt kontrollierbaren Bedingungen sehr gute Hinweise auf die Mechanismen des Partikeltransports geben können.

Peter Streiff

KONTAKT

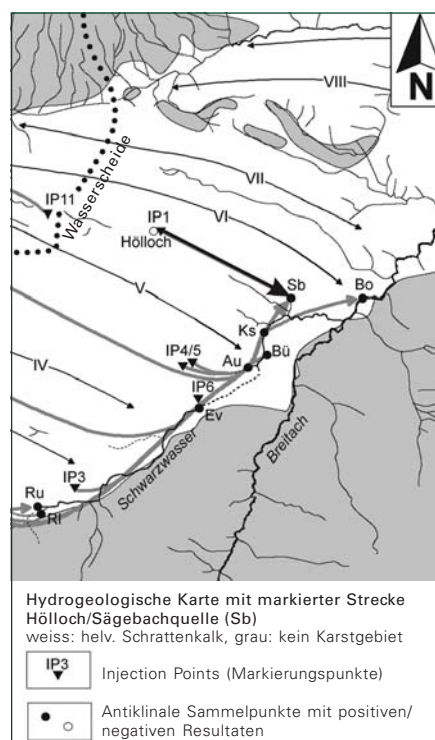
Dipl.-Geol. Nadine Göppert
Prof. Dr. Heinz Hötzl
Universität Karlsruhe,
Geologisches Institut
Kaiserstr. 12
76131 Karlsruhe
Tel.: 0721/608-7764
Fax: 0711/606-279
goepfert@agk.uka.de
www.agk.uni-karlsruhe.de

PROJEKT

Projektitel:
Entwicklung einer optimierten Tracertechnik unter Verwendung von fluoreszierenden Mikrokügelchen zur Bewertung der hygienischen Gefährdung von Grundwässern
Projektlaufzeit:
3/2004 bis 2/2007

Automatischer Probennehmer zur Wasserentnahme an der Sägebachquelle im Kleinwalsertal

Bild: N. Goldscheider



Nano-Eisen im Untergrund

SCHADSTOFFE IM GRUNDWASSER: EISENKOLLOIDE SOLLEN HELFEN.

Leichtflüchtige Chlorierte Kohlenwasserstoffe (LCKW) lösen Fette ausgesprochen gut. Deshalb wurden sie in der Vergangenheit zum Entfetten von Werkteilen eingesetzt. Die Stoffe erschienen ideal, sie waren vergleichsweise preiswert herzustellen.

Bis in die achtziger Jahre galten sie als ungiftig und nicht brennbar – ausgezeichnete Eigenschaften für den großtechnischen Einsatz. In zahlreichen Branchen, zum Beispiel der Metallindustrie, der Lackherstellung, der chemischen Reinigung und in Tierkörperbeseitigungsanlagen wurden sie verwendet. Doch die Stoffe sind leichtflüchtig und persistent. Das heißt, dass sie in der Atmosphäre oder im Grundwasserleiter nur langsam abgebaut werden. Das ist unerwünscht, denn Grundwasser wird vielfach zu Trinkwasser aufbereitet, und Luft atmen wir ein.

Mittlerweile ist bekannt, dass diese Stoffe krebserregend wirken sowie die Leber und die Haut schädigen können. Chlorierte Kohlenwasserstoffe sind spezifisch schwerer als Wasser und fließen bis in tief gelegene Grundwasserleiter.

DIE HYPOTHESE

Ein Drittel aller Altlasten in Baden-Württemberg geht auf LCKW-Kontaminationen in Grundwasserleitern zurück. Bisher werden diese Altlasten zeit- und kostenaufwändig saniert. Ist genau bekannt, wo sich die Stoffe im Boden befinden, kann das belastete Grundwasser abgesaugt und behandelt werden. Das gereinigte Wasser wird in Flüsse gepumpt oder wieder durch den Boden in das Grundwasser infiltriert. Dies ist aber nur bei „LCKW-Herden“ möglich. Breitet sich der Stoff über eine weitere Fläche aus (LCKW-Fahne), wird vielfach eine „reaktive Wand“ errichtet. In Fließrichtung des Grundwassers wird ein Graben ausgehoben, der mit Eisenpartikeln verfüllt wird. Elementares Eisen (Fe^0) reagiert mit dem LCKW. Es entstehen Chloride, Ethen und Ethan, das Problem ist gelöst. Leider rostet Eisen, das Verfahren funktioniert jedoch ausschließlich mit elementarem Eisen. Oxydierte Wände müssen folglich erneuert werden, und es wird viel Eisen benötigt. Diese Methode lässt sich zudem bei tief liegenden Kontaminationen nicht einsetzen. Deshalb arbei-

KONTAKT

Prof. Dr. Rainer Köster
Forschungszentrum
Karlsruhe GmbH, Institut
für Technische Chemie
H.-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-
Leopoldshafen
Tel.: 07247/82-2302
Fax: 07247/82-2246
Rainer.koester@itc-
wgt.fzk.de
www.fzk.de

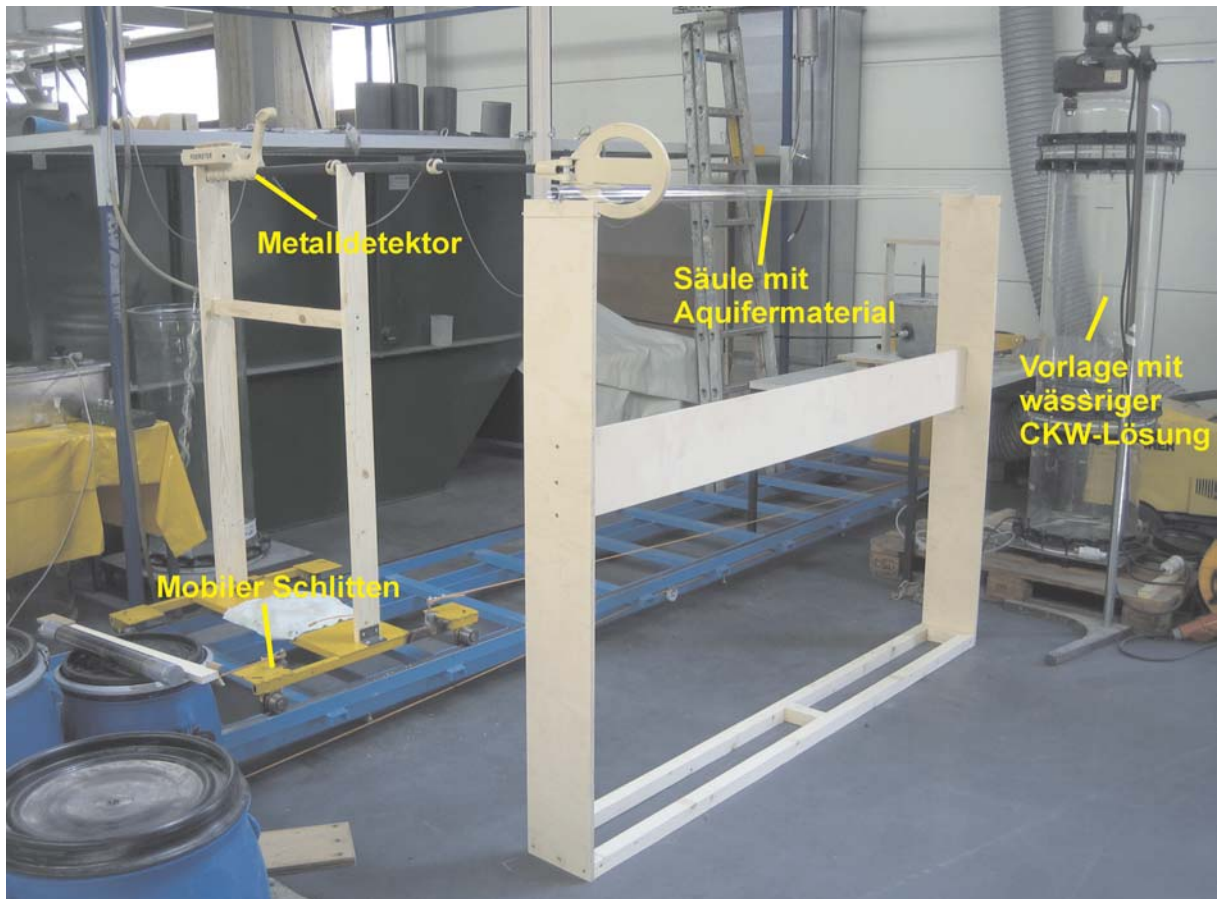
Dr. Jürgen Braun
Universität Stuttgart
Institut für Wasserbau
Pfaffenwaldring 61
70550 Stuttgart
Tel.: 0711/685-67018
Fax: 0711/685-64631
juergen.braun@iws.uni-
stuttgart.de
www.iws.uni-stuttgart.de

PROJEKT

Projekttitel:
Machbarkeitsstudie zum
Einsatz von Eisenkolloiden
zur Sanierung von CKW-
Kontaminationen
(Fahnnensanierung)
Projektlaufzeit:
10/2005 bis 9/2006

Aufbau zur Untersu-
chung der Mobilität von
Kolloidsuspensionen
(eindimensional)

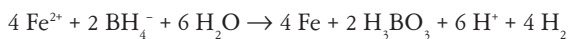
Bild: IWS, Uni Stuttgart



ten Wissenschaftler des Forschungszentrums Karlsruhe und der Universität Stuttgart daran, die Oberfläche der Eisenpartikel zu vergrößern. Je kleiner das einzelne Partikel, desto größer ist die reaktive Oberfläche bei gleicher Eisenmenge. Sind die Eisenpartikel hinreichend klein, können sie beispielsweise als wässrige Suspension ins Grundwasser gepresst oder gespült werden. Die notwendige Eisenmenge ist deutlich geringer als bei größeren Partikeln. Kleine Partikel dringen auch in kleinere Poren ein. Doch auch Nano-Eisen oxidiert.

DIE SYNTHESE

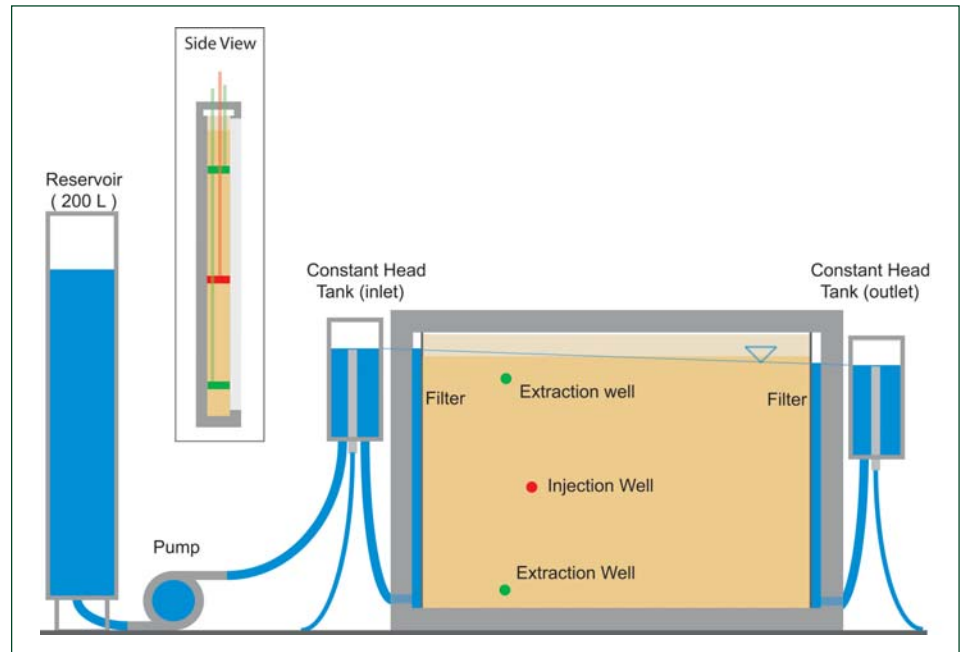
Hier setzen Wissenschaftler des Forschungszentrums Karlsruhe an. Eisensalze werden durch Natriumborhydrid reduziert, nanoskaliges Eisen entsteht. Die Synthese für die Labortests erfolgt in einer sauerstofffreien Inertgasbox, um alle Prozesse beschreiben zu können.



Die Nanopartikel müssen mit Wasser in den Untergrund gespült oder gepresst werden. Eisen reduziert Wasser zu Wasserstoff und wird dadurch zum Eisenoxid. Damit kann es die Kohlenwasserstoffe im Grundwasserleiter nicht mehr reduzieren, ist also unbrauchbar. Die Wissenschaftler umhüllten daher die einzelnen Partikel. Einmal wurden sie in eine Silika-Schicht (SiO_2) gehüllt (Coating). Einmal wurden die Eisenpartikel mit dem Tensid „TWEEN“ behandelt und teilweise zusätzlich mit Ultraschall dispergiert. Die spezifische Oberfläche wurde durch alle Maßnahmen erhöht, insbesondere durch den Zusatz von TWEEN bei der Synthese der Kolloide.

Im Labor wurde nun der Abbau der Modellsubstanz „Tetrachlorethen“ mit den verschiedenen Eisenkolloiden simuliert. Dazu wurde das Eisen auf 2 g/l „verdünnt“, das Tetrachlorethen auf 20 mg/l. Die Substanzen wurden in 240-ml-Vials gefüllt und gerührt. Der Versuchsablauf wurde 280 Stunden beobachtet. Das Silika-Coating senkt die Reaktivität der Partikel ab, dennoch wird das Tetrachlorethen vollständig abgebaut. Die mit Tensiden und Ultraschall synthetisierten Eisen-Kolloide fördern den Abbau der Modellsubstanz. Zum einen wurde die Oberfläche der Kolloide erhöht, zum anderen waren die Oberflächen reaktiver. Nach Versuchsende waren weniger als fünf Prozent des verwendeten Tetrachlorethens noch vorhanden. Reaktionszwischenprodukte wie Trichlorethen, Dichlorethene und Vinylchlorid waren nicht

mehr nachweisbar. In den nächsten Wochen und Monaten werden die Karlsruher Wissenschaftler weiter daran arbeiten, die Oberfläche der Eisenpartikel zu modifizieren, bei-



spielsweise wasserabweisend (hydrophob) zu gestalten. Die Partikel sollen dann noch selektiver die LCKWs abbauen.

Versuchsanordnung zur Untersuchung der Mobilität der Kolloidsuspension (zweidimensional)

Bild: IWS, Uni Stuttgart

DER VERSUCHSAUFBAU

Die Stuttgarter Wissenschaftler bauten eine Apparatur, die die Prozesse in einem Grundwasserleiter simulieren soll. Sie untersuchen derzeit, wie sich die Eisenkolloide im Grundwasserleiter (Aquifer) besser ausbreiten können. Sie nutzen die vom Forschungszentrum Karlsruhe produzierten Kolloide und injizieren diese unter verschiedenen Bedingungen in Säulen. Variiert werden folgende Faktoren:

- Korngröße des Grundwasserleiters
- Konzentrationen der Eisensuspension
- Fließgeschwindigkeiten bzw. Pumprate
- Vorbehandlung der Kolloide
- Chemische Modifikation der Kolloide

Die Versuche werden in einem realitätsnahen 2D-Versuch durchgeführt. Dazu wird Sand (mögliches Material eines Grundwasserleiters) in einen Versuchsstand mit Glasfront eingebaut. Der Behälter wird mit Wasser gefüllt. Über eine Eingabestelle werden Eisenkolloide zugeführt. Dadurch, dass auf einer Seite Wasser eingepumpt wird und dieses auf der anderen Seite wieder abfließt, wird eine natürliche Grundwasserströmung simuliert. Mit Ergebnissen ist in wenigen Wochen zu rechnen. Über die weiteren Ergebnisse des Projekts werden wir im nächsten Umweltforschung-Journal informieren.

Andrea Mehling

Was den Kies bewegt

LABORUNTERSUCHUNGEN ZEIGEN DIE WECHSELWIRKUNG EINER FLUSSSTRÖMUNG
MIT EINER KIESSOHLLE.

KONTAKT

Prof. Gerhard H. Jirka
Martin Detert
Universität Karlsruhe
Institut für Hydromechanik (IfH)
Kaiserstr. 12
76131 Karlsruhe
Tel.: 0721/608-3948
Fax: 0721/608-2202
jirka@uka.de
www.ifh.uni-karlsruhe.de

PROJEKT

Projekttitel:
Synoptische Messung von Druck- und Geschwindigkeitsfeldern zur Analyse der Interstitialbelastung
Projektlaufzeit:
10/2005 bis 8/2006

Turbulenz-Strukturen zweier unterschiedlich schneller Fluidballen (I/II) direkt oberhalb der Kiessohle: Fließrichtung von links, s = fortlaufende Zeit in Sekunden, Abstände in Millimetern
Graphik: IfH, Uni Karlsruhe

Unterhalb der Staustufe Iffezheim am Rhein werden im Durchschnitt jährlich 170.000 Kubikmeter Kies verklappt, um das sogenannte Geschiebedefizit auszugleichen. Im Spitzenjahr 1999 mussten aufgrund extremer Hochwässer sogar 275.000 Kubikmeter eingebracht werden. Die erforderliche Menge wird lediglich nach Peilmaß ermittelt und die Sieblinie der natürlichen Sohle dieses Rheinabschnitts angepasst. Mit einem verbesserten Verständnis der physikalischen Vorgänge an der Flusssohle, insbesondere dem Erosionsverhalten von Kies, wäre eine fundiertere Bemessung der erforderlichen Materialmenge und -güte möglich.

Ziel dieses Projekts ist deshalb die zeitlich und räumlich hochaufgelöste und simultane Messung der physikalischen Belastungen durch Druck- und Geschwindigkeitsfelder im Übergangsbereich zwischen turbulenter Hauptströmung eines Gewässers und der darunter liegenden porösen Gerinnesohle, dem sogenannten Interstitial. Fragestellungen von großer praktischer Relevanz wie Erosion und Sedimentation und die damit verknüpfte Sohlenstabilität, Verlandung und Kolmation – bedeutet: Verstopfung und Verdichtung – sowie der Stoffaustausch mit dem Grundwasser spielen dabei eine Rolle. Erstmals sollen diese Interaktionsmechanis-

men zwischen Gerinneströmung und Interstitial sowohl qualitativ als auch quantitativ beschrieben werden.

VERSUCHSAUFBAU

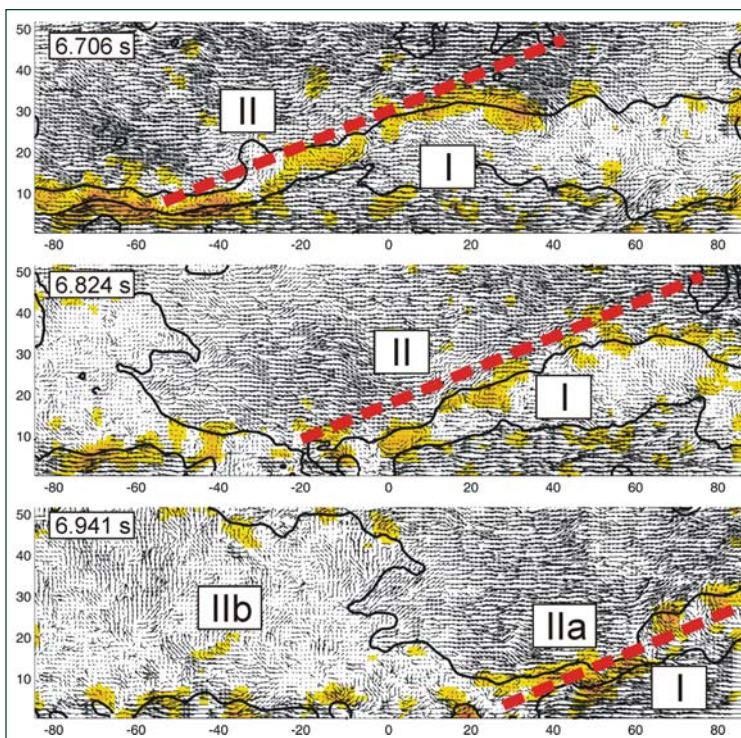
Die Laboruntersuchungen werden an einer 20 Meter langen und 0,90 Meter breiten Rinne des Instituts für Hydromechanik (IfH) durchgeführt. Die Prozessabläufe innerhalb der Sohle werden mit bis zu 16 miniaturisierten hochsensiblen Drucksensoren erfasst, die ein zeitliches Ansprechverhalten von weniger als 10 Millisekunden haben. Die Strömung oberhalb der Sohle wird simultan zu den Druckmessungen mittels eines sogenannten 2-D-Particle-Image-Velocimetry (PIV) Systems erfasst. Dazu wird eine dünne Lichtebene erzeugt, die im Strömungsraum direkt oberhalb der Sohle positioniert wird. Die Idee der PIV-Technik besteht darin, Bildpaare in zeitlich definiertem Abstand aufzunehmen und auf ihre zurückgelegte Strecke hin auszuwerten. Ergänzt werden die Geschwindigkeitsmessungen mit einem „1-D-Acoustic-Doppler-Current-Profiler“.

Die aufgezeichneten Messdaten der Drucksensoren ermöglichen es, sozusagen Fußabdrücke der räumlichen Turbulenzstrukturen an und in der Kiessohle darzustellen. Durch die 2-D-PIV-Messungen im Abstand von Zehntelsekunden lässt sich eine räumlich-zeitliche Darstellung der Strömungsvektoren oberhalb der Sohle geben (vgl. Abbildungen). Die gestrichelte rote Linie markiert hier die Trennungslinie zwischen zwei unterschiedlich schnellen Fluidzonen in einem typischen Winkel von 25 Grad.

AUSBLICK

Die Messergebnisse sollen im erweiterten Sinne Aussagen ermöglichen, die den Stoffhaushalt im Ökosystem des Sohlensubstrats, das sogenannte hyporheische Interstitial, betreffen. Das Fernziel sind verlässlichere Prognosemodelle zur Beeinflussung von Flusssedimenten, die dem Umweltschutz beziehungsweise der nachhaltigen Ressourcennutzung dienen würden. Durch einen optimierten Einsatz des eingebrachten Materials könnten beispielsweise an der Staustufe Iffezheim zukünftig bedeutende Mengen Sand und Kies eingespart werden.

Peter Streiff



Giftalarm am Seegrund?

DIE ALGENBLÜTE IM GEWÄSSER IST BEKANNT – GIBT ES BLAUALGENGIFTE AUCH IN SEDIMENTEN?

Wenn sich Seen rot oder grün färben, ist es sommerlich warm. Viele möchten baden gehen, stehen dann aber ratlos am Ufer. Ursache für dieses Naturschauspiel sind meist Cyanobakterien, besser bekannt als „Blaualg“. Sie können sich unter für sie günstigen Umständen stark vermehren. Dieses Phänomen ist als „Algen- oder Wasserblüte“ bekannt. Baden verboten – das ist die Konsequenz. Die Organismen selbst sind kein Problem, aber sie produzieren teilweise Microcystine, Leber-toxische Stoffe. Tiere können, wenn sie belastetes Wasser trinken, verenden. Auch Menschen sind gefährdet. Wir wissen bereits viel über die Cyanobakterien in Gewässern. Seit vielen Jahrhunderten gibt es Berichte über Algenblüten in Seen und Flüssen. Christoph Schmidtkunz suchte die Bakterien auf dem Gewässergrund. Sind die vorhandenen Methoden zum Nachweis von Microcystinen auch für Sedimente geeignet? Ist es möglich, die Microcystine quantitativ zu bestimmen?

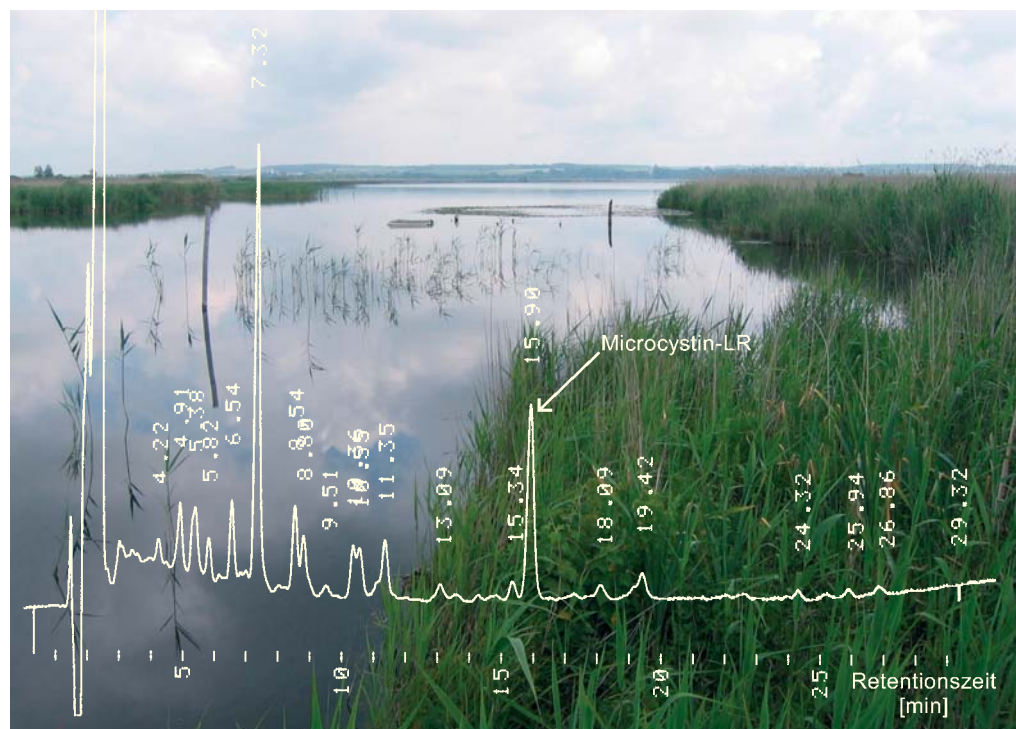
Doch bevor der Diplomand abtauchte, um Sedimente zu bergen, recherchierte er, wann sich die Bakterien besonders wohl fühlen und schnell vermehren. Dies geschieht zum Beispiel in nährstoffreichen Gewässern. Nur noch vereinzelt gelangt Abwasser ungeklärt in Seen und Meere. Auch wird in Gewässernähe weniger gedüngt – es wird weniger Nitrat und Phosphor eingespült. Das ist für Cyanobakterien eher ungünstig. Aber die Organismen mögen's heiß. Je heißer der Sommer, desto besser können sie sich vermehren. Der Klimawandel, höhere Temperaturen und längere Warmperioden wirken sich günstig aus. Ein guter Grund, auch Sedimente zu untersuchen.

VOR DER ANALYSE

Doch Sedimente können nicht durch Analysegeräte geschickt werden. Zunächst müssen die Microcystine gelöst werden. Der Wissenschaftler verglich gängige Lösungsmittel und kombinierte sie neu. Die Sedimente wurden mit Lösungsmitteln extrahiert, diese Extrakte eingengt und der Rückstand in Acetonitril/Wasser gelöst – dem optimalen Lösungsmittel für die

nachfolgende Analyse. Nun nahm er gängige Analysegeräte unter die Lupe. Er testete die Geräte einzeln und kombinierte: Die besten Ergebnisse liefert die Offline-Kopplung aus SEC (Größenausschlusschromatographie) und HPLC (Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie). Jetzt begann der angenehme Teil der Arbeit: Proben durften genommen werden. Schmidtkunz wählte den Federsee. Hier leben Bakterien-Stämme, die Microcystine produzieren. Der Federsee ist ein Naturschutzgebiet, es wird nicht gebadet. Daher wurde zusätzlich der Bodensee ausgewählt, Europas größter Badesee. Mit den vorher gewählten Methoden wurde der Forscher fündig. Er konnte zeigen, dass im Sediment des Federsees höchstwahrscheinlich verschiedene Microcystine vorkommen. Für den Bodensee konnte dies nicht belegt werden. Allerdings reichen derzeit die Methoden nur für einen positiven Beleg. Werden sie nicht detektiert, heißt dies nicht, dass es keine Microcystine gibt. Die Methode ließe sich durch zusätzlichen Einsatz eines auf die gesuchte Stoffgruppe ansprechenden Detektors weiter verbessern. Außerdem können mit dem Verfahren die Mengen noch nicht exakt bestimmt werden. Es bleiben Fragen offen, an denen sich weitere Diplomanden die Zähne ausbeißen dürfen.

Andrea Mehling



Ausschnitt eines Microcystin-Chromatogramms; Bildhintergrund: Federsee. Bild u. Graphik: C. Schmidtkunz

KONTAKT

Prof. Dr. Th. Welsch (Ltg.)
Christoph Schmidtkunz
(Ansprechpartner)
Universität Ulm
Abt. Analytische Chemie
und Umweltchemie
Albert-Einstein-Allee 11
89081 Ulm
Tel.: 0731/50-22751
thomas.welsch@uni-ulm.de
www.uni-ulm.de

Dr. Hans-Bernd Stich
LUBW, Institut für
Seenforschung
Argenweg 50/1
88085 Langenargen
Tel.: 07543/304-169
hb.stich@lubw.bwl.de
www.lubw.baden-
wuerttemberg.de

PROJEKT

Projekttitel:
Bestimmung von
Microcystinen in lim-
nischen Sedimenten:
Entwicklung einer
chromatographischen
Methode.

Projektdauerzeit:
4/2005 bis 9/2005

Genetische Vielfalt in Gefahr

DER VERDACHT, DASS SICH UMWELTGIFTE AUF DIE GENETISCHE VIelfALT EINZELNER ARTEN NEGATIV AUSWIRKEN, LÄSST SICH AM BEISPIEL DER ZUCKMÜCKE CHIRONOMUS RIPARIUS ERHÄRTEN.

KONTAKT

Dr. Matthias Oetken
Johann-Wolfgang-
Goethe-Universität
Institut Ökologie, Evolution
und Diversität
Siesmayerstr. 70-72
60323 Frankfurt/Main
Tel.: 069/798-24850
Fax: 069/798-24748
oetken@bio.uni-
frankfurt.de
www.bio.uni-frankfurt.de

PROJEKT

Projekttitle:
Genetische Verarmung
als Folge von Schad-
stoffstress bei Wirbellosen – ein Beitrag zur
Biodiversitätsforschung

Projektlaufzeit:
9/2003 bis 8/2006

Als eine von etwa 100.000 weltweit produzierten Chemikalien wurde die Organozinnverbindung Tributylzinn (TBT) verwendet. Dieses Biozid wurde ursprünglich entwickelt, um Schiffsrümpfe vor dem Besatz mit Muscheln und Seepocken sowie Zaunpfähle und Balken gegen Fäulnis und Zerfall zu schützen. Gefunden wurde das hochwirksame Gift jedoch auch schon in Radlerhosen und Fußball-Shirts – ebenso wie in Wassertieren und anderen Lebewesen. Nicht zuletzt, weil TBT in der Umwelt heute weit verbreitet ist, ist diese Substanz für die Untersuchung, die sich ein Forschungsteam um Dr. Matthias Oetken vorgenommen hat, besonders interessant. Am Beispiel der bereits gut erforschten Zuckmücken soll überprüft werden, ob das Gift die genetische Vielfalt des Insekts einschränkt. Dabei steht die Zuckmücke stellvertretend für eine ganze Anzahl von Süßwasserorganismen, TBT für ein Arsenal ähnlich wirkender Umweltgifte.

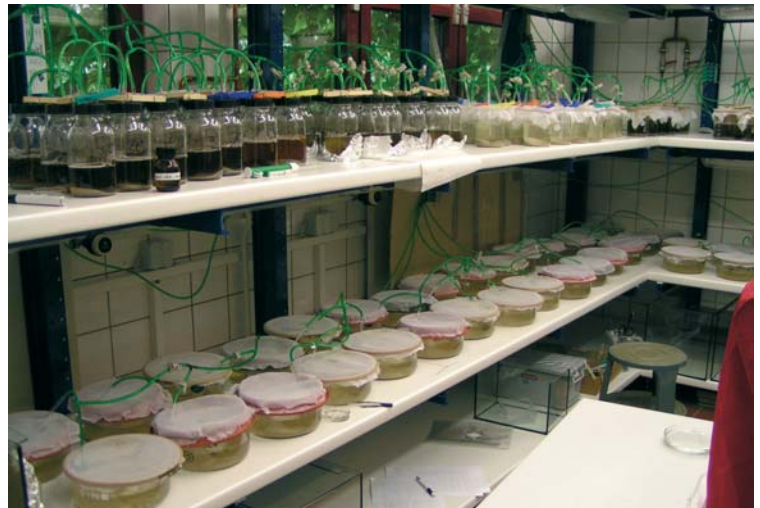
Dank ihres kurzen Lebenszyklus' war es möglich, die Mücken über 25 Generationen hinweg zu untersuchen, wobei

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die genetische Vielfalt von Populationen durch TBT-Belastung tatsächlich negativ beeinflusst werden kann. Während geringer Schadstoffstress keinen messbaren Einfluss hatte, ging die genetische Variation von höher belasteten Populationen im Laufe der Zeit deutlich zurück. Auch war die Sterblichkeitsrate der mit TBT behandelten Versuchsgruppe höher und deren Reproduktionsfähigkeit geringer als bei den Tieren der Kontrollgruppe. Weiterhin zeigten die genetisch variablen Mücken der ersten Generationen noch Anpassungseffekte an die Belastung. Dieses genetische Anpassungspotenzial verliert sich jedoch möglicherweise in späteren Generationen.

Zum jetzigen Zeitpunkt scheint es somit, dass Zuckmücken zwar die Möglichkeit haben, sich in Grenzen an eine mit Schadstoffen belastete Umgebung anzupassen, doch vor einer genetischen Verarmung schützt sie dies nicht. Da die Anpassungsfähigkeit jedoch auf der vorhandenen Vielfalt der genetischen Ausstattung beruht, heißt das, dass bei zunehmender Belastung



Probenentnahme und
Proben im Labor
Bilder: M. Oetken



das Sediment, in dem die Zuckmücke ihre Larvalentwicklung durchmacht, mit umweltrelevanten TBT-Konzentrationen belastet wurde. Dabei wurde ein im Labor gezüchteter Insektenstamm eingesetzt, dessen genetische Variabilität im Bereich derjenigen von Mücken aus dem Freiland lag. Ermittelt wurde die genetische Variabilität der Zuckmücken mit Hilfe von molekulargenetischen Laboranalysen, wie sie beispielsweise auch bei Vaterschaftstests eingesetzt werden (Mikrosatelliten-Analysen).

die Anpassungsfähigkeit auch an andere Umweltfaktoren immer weiter abnimmt. So ließ sich in der Studie zeigen, dass genetisch bereits verarmte Populationen der Zuckmücke deutlich schlechter mit einer gegenüber der Kontrollgruppe um 3 °C erhöhten Umgebungstemperatur, wie sie im Rahmen der Diskussion zur globalen Erwärmung prognostiziert wird, zurechtkamen. Insgesamt ist anzunehmen, dass die Resultate aus den durchgeführten Experimenten auch auf andere Tiergruppen übertragen werden können.

Iris Lehmann

Konkurrierende Flusskrebse

EINGEFÜHRTE FLUSSKREBSARTEN VERDRÄNGEN SICH GEGENSEITIG.

Vielfältig ist das Leben in Bächen und Flüssen. Bakterien, Algen, Wasserpflanzen, Muscheln, Schnecken und Fische besiedeln unsere Fließgewässer. Und Flusskrebse: Wo sie vorkommen, werden sie als Schlüsselarten angesehen. Sie nehmen eine bedeutende Rolle im Energie- und Stoffumsatz von aquatischen und semiaquatischen Lebensräumen ein. Den vier einheimischen Flusskrebarten in Europa stehen bereits acht nicht-einheimische Arten (Neozoen) gegenüber.

Einer der jüngsten Einwanderer ist der aus Nordamerika stammende Kalikokrebs (*Orconectes immunis*), der erstmals 1997 beim badischen Bühl nachgewiesen wurde. Von dort aus hat sich die Art entlang des Rheins bis nach Mannheim ausgebreitet. Gleichzeitig ging die Populationsdichte des vor Jahrzehnten eingewanderten Kamberkrebse (*Orconectes limosus*) merklich zurück. Dies ist einer der ersten dokumentierten Fälle, in denen sich „invasive“ Flusskrebse verdrängen. In seiner Diplomarbeit untersuchte Christoph Chucholl verschiedene Aspekte des Konkurrenzverhaltens zwischen

den beiden Arten. Ein Ziel war es, die Verdrängungs-Mechanismen bei Flusskrebsen besser zu verstehen.

VERHALTEN DER LABORKREBSE

Am Institut für Seenforschung (ISF) in Langenargen führte er Laborexperimente durch. Er analysierte die inter- und intraspezifische Aggression der Krebse und deren Konkurrenz um Deckung. Zusätzlich verglich er die Lebenszyklen beider Arten im Labor und ergänzte seine Erkenntnisse mit Daten der Freilandforschung.

Wenn sie aufeinandertreffen, dominiert der Kalikokrebs den Kamberkrebs. Teilen sich die Krebse ein Aquarium, besetzt der Kalikokrebs häufiger vorhandene Verstecke als sein Konkurrent. Beide Arten haben einen ähnlichen Lebenszyklus, jedoch ist der Kalikokrebs flexibler. Der Zeitpunkt der Eiablage ist variabel, einige Weibchen legen bereits über den Winter Eier; Kamberkrebse erst im Frühjahr. Zusätzlich weist der Kalikokrebs ein rascheres Jugendwachstum auf. Teilweise werden die Jungtiere bereits im ersten Sommer geschlechts-

KONTAKT

Dr. Hans Bernd Stich
LUBW – Institut für
Seenforschung
Argenweg 50/1
88085 Langenargen
Tel.: 07543/304-169
hb.stich@lubw.bwl.de
www.lubw.baden-
wuerttemberg.de

PROJEKT

Projekttitel:
Konkurrenz zwischen
zwei Neozoen: Mögliche
Mechanismen für die
Verdrängung des
Kamberkrebse
(*Orconectes limosus*)
durch den Kalikokrebs (*O.
immunis*); Diplomarbeit
von Christoph Chucholl
Projektlaufzeit:
10/2001 bis 11/2003



Bild: C. Chucholl



Bild: J. Keicher

Einer der jüngsten Einwanderer ist der aus Nordamerika stammende Kalikokrebs (*Orconectes immunis*)

reif. Aus Freilandbeobachtungen und aus der Literatur ist bekannt, dass der Kalikokrebs ein breiteres Habitatspektrum hat. Wenn Gewässer austrocknen oder zufrieren, gräbt er sich tief in das Substrat ein.

Kalikokrebse sind erfolgreich, weil sie einerseits aggressiv sind und sich andererseits häufig verstecken. Sie tolerieren und besetzen unterschiedliche Lebensräume. In weiteren Studien wird geklärt, ob Kalikokrebse durch diese Strategien seltener von Raubfischen gefressen werden.

Andrea Mehling

Weibchen des
Kamberkrebse
(*Orconectes limosus*)
mit Eiern

Bild: J. Keicher

Zooplankton im Bodensee

ZOOPLANKTON IST DIE NAHRUNGSGRUNDLAGE VON FISCHEN – WO WERDEN FISCH FÜNDIG?

KONTAKT

Dr. Hans-Bernd Stich
LUBW – Institut für
Seenforschung
Argenweg 50/1
88085 Langenargen
Tel.: 07543/304-169
hb.stich@lubw.bwl.de
www.lubw.baden-
wuerttemberg.de

Prof. Dr. Gerhard Maier
Büro für Gewässer-
ökologie
Brucknerstr. 23
89250 Senden
gmaier.limnos@t-online.de

PROJEKT

Projekttitel:
Zooplankton communities
in a large prealpine lake,
Lake Constance: compar-
ison between the Upper
and the Lower Lake.

Projektlaufzeit:
3/2005 bis 11/2005

Links: Juvenile
Wasserflöhe (Daphnien)
Rechts: Cyclops spec.
(Hüpfertling)

Die Bodensee-Region zieht alljährlich tausende von Gästen an – nicht zuletzt wegen der Fische, die in den Restaurants fangfrisch auf die Teller kommen. Doch bevor uns ein Fisch mundet, müssen die Fische wachsen. Und dazu brauchen sie Zooplankton. Wissenschaftler der LUBW und der Universität Ulm fragten sich, wo im See die Nahrung der Fische am besten gedeiht. Denn See ist nicht gleich See: Untersee und Obersee unterscheiden sich morphologisch deutlich. Der kleinere Untersee ist durchschnittlich 13 Meter tief, der Obersee immerhin 101 Meter. Die Temperaturen steigen im Untersee höher an als im Obersee. Phosphor- und Chlorophyll-Gehalte sind im Untersee etwas höher als im Obersee. Die Wissenschaftler wollten wissen, ob sich diese Unterschiede auf das Zooplankton auswirken. Alle ein bis drei Wochen fuhren sie auf den See und nahmen Proben. Im Labor wurde gezählt. Ermittelt wurde die Anzahl der Tiere pro Quadratmeter Wasserfläche. Welche Tiergruppe kam wo und wie oft vor? Für den Vergleich wurden die gefangenen Tiere, abhängig von ihrer Größe und ihrem Vorkommen, in sieben Gruppen eingeteilt: in Rädertiere, in große Wasserflöhe (*Daphnia hyalina* und *D. Parvula*); in kleine Wasserflöhe (*Daphnia cucullata*, *D. parvula*, *Ceriodaphnia pulchella*), in räuberische Wasserflöhe (*Bythotrephes longimanus*, *Leptodora kindtii*) und Rüsselkrebse (*Bosmina*); in große Hüpfertlinge (*Cyclops spp.*) und in kleine Hüpfertlinge (*Mesocyclops leuckarti* und *Thermocyclops oithonoides*).

Insgesamt waren Rädertiere im Untersee, Krebse im Obersee zahlreicher vertreten. Aber es gab noch mehr Unterschiede: Die kleinen Wasserflöhe waren ausschließlich im kleineren

und flacheren Untersee zu finden. Die großen Wasserflöhe besiedelten beide Gewässer, aber deutlich häufiger den Obersee. Sie kamen dort während des ganzen Jahres vor. Im Untersee waren sie ausschließlich im Frühling zu finden. Die räuberischen Wasserflöhe waren im Obersee ca. zehn Mal häufiger anzutreffen als im Untersee. Die großen Hüpfertlinge bevorzugten den Obersee, die kleinen Hüpfertlinge waren hier wie da zu finden, im Jahr 2003 jedoch häufiger im Untersee.

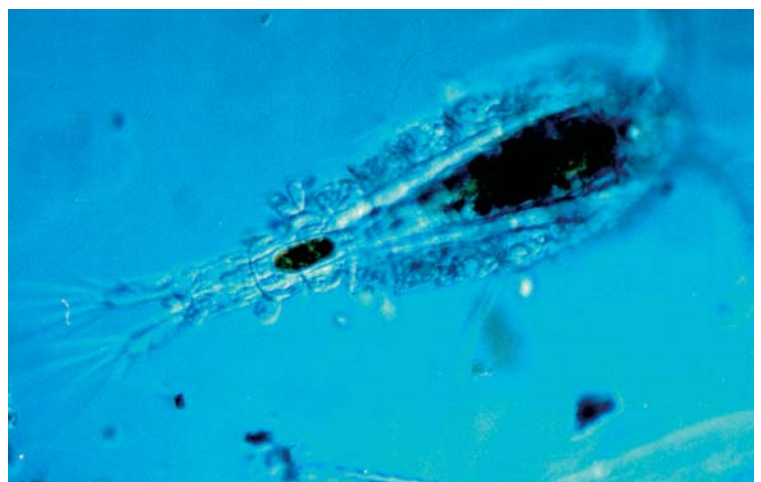
Die Unterschiede in der Nahrung können sich negativ auf die Fischbestände auswirken. Obschon die Bedingungen im Untersee für junge Felchen günstig sind, sind sie für adulte Tiere insbesondere im Sommer, wenn die größeren Krebse fehlen,

ungünstig. Denkbar ist, dass diese gerade wegen der vorhandenen Felchen fehlen. Da der Untersee sehr flach ist, können die Krebse nicht abtauchen, um sich vor dem Fressfeind zu schützen. Um dieses Phänomen zu ergünden, müssen die Fischbestände systematisch kartiert werden. Aber auch die Planktonbestände sollten in einem weiteren Projekt flächendeckend – nicht punktuell – erfasst werden. Denn wer möchte die Region besuchen, ohne wenigstens einmal die Spezialität der Region, den Felchen, verzehrt zu haben?

Andrea Mehling



Rüsselkrebs (*Bosmina spec.*)



Wenn Wasserflöhe schwächeln

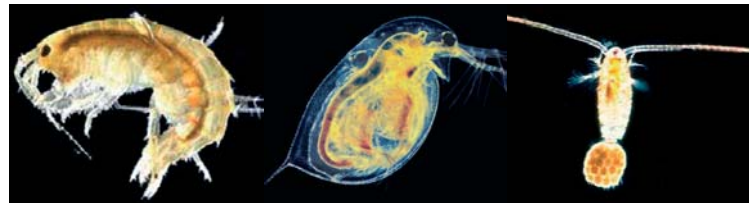
NEUE VERFAHREN FÜR DIE BIOLOGISCHE GEWÄSSERÜBERWACHUNG

Ob durch die Landwirtschaft oder durch Unfälle: Immer wieder gelangen Stoffe in Gewässer und stören das ökologische Gleichgewicht. An zahlreichen Messstellen werden deshalb Bakterien, Algen, Muscheln und Wasserflöhe eingesetzt, die empfindlich auf Chemikalien reagieren. Sind andere Organismen empfindlicher? Gibt es Methoden, die sich zur Überwachung besser eignen als die bisherigen? Mit diesen Fragen befasste sich Christine Werth von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW).

Die Zahl der Stoffe, die in Seen und Flüsse gelangen, ist unermesslich. Jede chemische Substanz hat eine spezifische Wirkung. Herbizide hemmen das Wachstum vieler Pflanzen. Insektizide wirken auf das Nervensystem, schädigen also Tiere. Die Biologin konzentrierte sich in ihrer Arbeit auf fünf Insektizide: Lindan, Dimethoat, Carbofuran, Carbaryl und Cypermethrin. Bisher wird für diese Stoffe bevorzugt der Wasserfloh *Daphnia magna* als „Gewässerpolizist“ eingesetzt. Das Tier vermehrt sich parthenogenetisch, also ungeschlechtlich und ist damit leicht und schnell zu züchten. Allerdings sind die Wasserflöhe nur in den ersten Lebensstunden sehr empfindlich, danach sind sie nur noch bedingt für Tests geeignet. Damit war die Wissenschaftlerin nicht zufrieden. „Wir benötigen Organismen, die auch als „Erwachsene“ noch sensitiv auf chemische Stoffe reagieren“, so Werth. Deshalb setzte sie den Ruderfuß-

krebs *Eudiaptomus vulgaris* als Testorganismus ein – und landete einen Treffer. Diese Tierart reagiert auf die verwendeten Chemikalien auch dann, wenn sie aus den Kinderschuhen entwachsen ist. Wasserfloh und Ruderfußkrebse sprechen auf die verwendeten Substanzen unterschiedlich empfindlich an. Deshalb ist es sinnvoll, in so genannten „Testbatterien“ beide Arten einzusetzen.

Auch mit der etablierten Testmethode war Christine Werth nicht zufrieden. In Fließgewässern lassen sich kleine Tiere



Bachflohkrebse *Gammarus roeseli*, Wasserfloh *Daphnia magna* und Ruderfußkrebse *Eudiaptomus vulgaris* (von links nach rechts)

mit der Strömung weitreiben, sobald die Schadstoffkonzentration zu hoch wird. Bisherige Testmethoden zeichnen auf, wie sich Tiere bewegen, aber nicht, wann sie „fliehen“. Deshalb ersann sie einen „Driftmesser“, ein Gerät, in dem die Bachflohkrebse so lange munter leben, wie die Wasserqualität ihren Bedürfnissen entspricht.

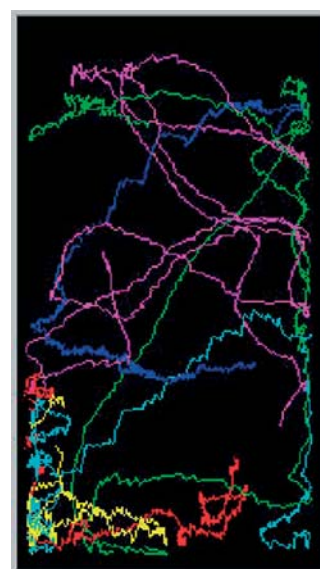
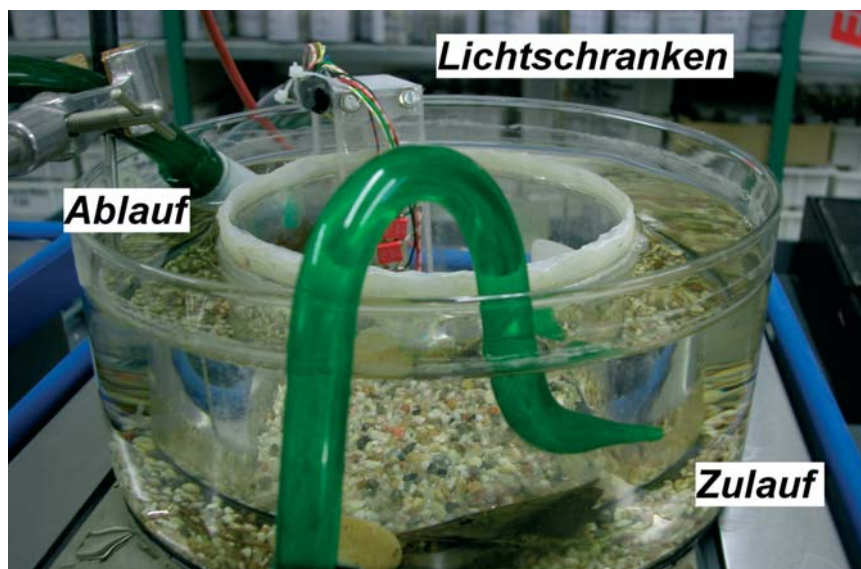
Enthält das Wasser jedoch Schadstoffe, driften sie in diesem Gerät mit der Wasserströmung im Kreis. Die Tiere entkommen nicht und können dadurch die Störung anzeigen. Lichtschranken zeichnen die Fluchtversuche als Impulse auf – somit sind die Schadstoffe „sichtbar“. *Andrea Mehling*

KONTAKT

Dr. Michael Marten
LUBW
Griesbachstraße 1-3
76185 Karlsruhe
Fax: 0721/5600-1541
Michael.Marten@lubw.bwl.de
www.lubw.baden-wuerttemberg.de

PROJEKT

Projekttitel:
Neue Testorganismen für die Immissionsüberwachung von Fließgewässern mit kontinuierlichen Biotestverfahren – Untersuchungen zur Sensitivität von *Daphnia magna*, *Eudiaptomus vulgaris* und *Gammarus roeseli* auf Insektizide (Dissertation Christine Werth)
Projektlaufzeit:
7/2002 bis 2/2006



Links: Versuchsbecken mit Driftmesser
Rechts: Mit dem etablierten bbe-Daphnientoximeter aufgezeichnete Schwimmbahnen von Wasserflöhen

Bilder: C. Werth

Ursachen von Wildunfällen

LASSEN SICH ZUSAMMENSTÖSSE ZWISCHEN MENSCH UND TIER VERMEIDEN?

KONTAKT

Dr. Rudi Suchant (Ltg.)
Martin Strein (Ansprechpartner)
Forstliche Versuchs- und
Forschungsanstalt Baden-
Württemberg (FVA),
Wonnhalde 4
79100 Freiburg
Tel.: 0761/4018-117
Fax: 0761/4018-333
www.fva-bw.de
martin.strein@forst.bwl.de

PROJEKT

Projekttitel:
Landschaftsökologische
Analyse von Wild-Unfällen
in Baden-Württemberg
Projektlaufzeit:
4/2004 bis 3/2007
Projektpartner:
Landesjagdverband Bad-
Württ.; Wildforschungs-
stelle Aulendorf; Institut
für Landespflege und
Umweltwissenschaften
der Uni Freiburg; Fach-
hochschule Rottenburg

*Wildtiere betrachten Ver-
kehr nicht als Gefahr.*

Mannigfachen Maßnahmen zum Trotz ereignen sich allein auf Baden-Württembergs Straßen und Bahngleisen Jahr für Jahr etwa 20.000 Wildunfälle nur mit größeren Tieren, Tendenz steigend. Die daraus resultierenden Personen- und Sachschäden sind Grund genug, Ursachenforschung zu betreiben, um herauszufinden, warum es mancherorts verstärkt zu Wildunfällen kommt und mittels welcher Präventionsmaßnahmen sich diese vermeiden oder wenigstens verringern ließen.

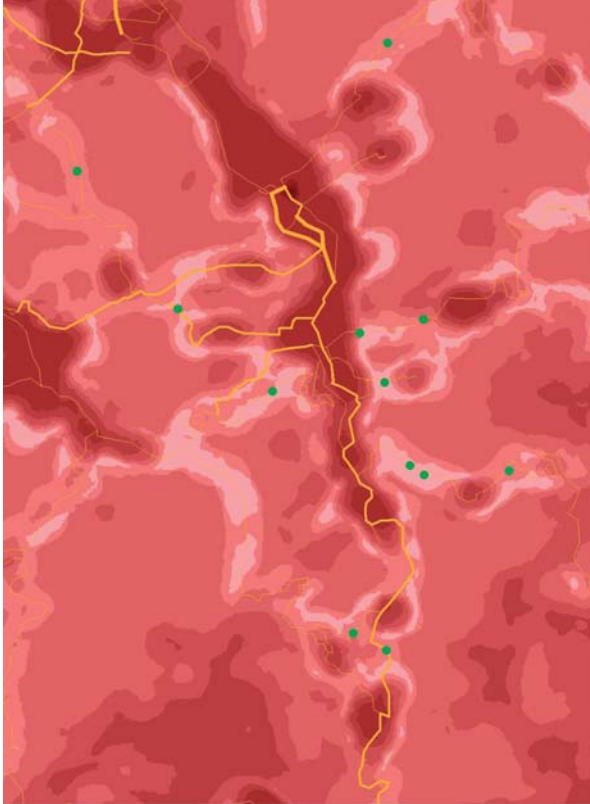
Zahlen mussten auf den Tisch. Die mit der Federführung des Projektes betraute Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) in Freiburg hatte im ersten Jahr der Projektlaufzeit einen Fragebogen erarbeitet und unter Mithilfe ihrer Projektpartner an vielerlei mit der Thematik vertraute Institutionen gestreut, so zum Beispiel an Forstämter, Kreisjägermeister, Hegeringe, Straßenbauämter, Autobahnbetriebsämter und ausgewählte Polizeistationen. Auf diese Weise wurde landesweit fast das gesamte Straßen- und Schienennetz im Hinblick auf Wildunfälle erfasst. Im Jahr 2005 wurde der Rücklauf ausgewertet, ergänzt, weiter recherchiert und dokumentiert. Als ein erstes Ergebnis kann festgestellt werden, dass es in Baden-Württemberg über 1500! Wildun-

fallschwerpunkte gibt. Für die Auswertung dieser zu verarbeitenden Datensätze wurde ein Werkzeug zur teilautomatisierten Digitalisierung entwickelt. Dieses ermöglicht die vollkompatible, auf dem ATKIS-Datensatz (s. Bild rechts) beruhende Eingabe der Straßenabschnitte mit Wildunfallhäufungen.

MIT LASER UND VIDEOKAMERA

Ergänzend wurden im Rahmen einer Diplomarbeit zwei selektierte Wildunfallsschwerpunkte hinsichtlich der tatsächlichen Anzahl von Tierquerungen, der landschaftsökologischen Bedingungen und der Straßenmortalität untersucht. Mit Hilfe einer beiderseits der Straße angebrachten Laserlichtschranke wurde erfasst, wie viele Tiere auf den jeweils ca. 350 Meter langen Straßenabschnitten in welcher Richtung die Straße überquerten. Zeitweise wurden die Querungsstellen gar per Videokamera aufgezeichnet. Mit dieser zahlenmäßigen Erfassung per Technik, die zwar mobil und netzunabhängig konzipiert ist und dennoch aufgrund im Boden verbleibender Stützen jederzeit standardisiertes und reproduzierbares Zahlenmaterial liefern kann, lässt sich in Zukunft viel leichter entscheiden, wie wichtig eventuelle Präventivmaßnahmen sind. Seither waren solche Maßnahmen vorwiegend auf





Mit dem **A**mtlichen **T**opographisch-**K**artographischen **I**nformationssystem **ATKIS** der Vermessungsverwaltungen der BRD werden die geotopographischen Informationen in digitaler Form erfasst und für vielfältige Nutzungen angeboten. Die ATKIS-Produktpalette umfasst Digitale Landschaftsmodelle (DLM), Digitale Gelände-Modelle (DGM), Digitale Topographische Karten (DTK) und Digitale Orthophotos (DOP).

der tatsächlichen Häufigkeit (Abundanz) einer Tierart – welche sehr schwer festzustellen ist – begründet.

STRASSENKATEGORIEN

Jahrelang war man davon ausgegangen, dass sich an Straßen mit niedrigerer Kategorie (Land-, Kreis- und Gemeindestraßen) mehr Unfälle als an Straßen höherer Kategorie und folglich mit höherem Verkehrsaufkommen (Bundesstraßen und Autobahnen) ereignen. Diese Annahme rührt daher, dass von Schnellstraßen bislang nur wenig Zahlenmaterial vorlag. Mittlerweile werden die als Folge der Fragebogenaktion entstandenen Kontakte zur Polizei genutzt, um entsprechende Angaben aus Unfallmeldeprotokollen entnehmen zu können. Des Weiteren wird zur Zeit im Rahmen einer weiteren Diplomarbeit die Wildunfallhäufung an den Schnittstellen zweier Wildkorridore zwischen Schwarzwald und Schwäbischer Alb mit der A81 sowie der B27 zwischen Bonndorf und Immendingen untersucht. So kristallisierte sich im Laufe des Projektes heraus, dass es bei einer auf den jeweiligen Straßentyp normalisierten Betrachtung einen Zusammenhang zwischen dem Verkehrsaufkommen und der Fahrgeschwindigkeit einerseits und der Häufigkeit der Wildunfälle andererseits gibt.

LANDSCHAFTSÖKOLOGISCHE ANALYSE

Im selben Zeitraum wurde mit der Kartierung der Umgebung von Straßenabschnitten mit Wildunfallsschwerpunkten

begonnen, um zu ergründen, weshalb das Wild gerade an diesen Stellen besonders gern die Straßen oder Gleise quert. Landnutzung und Landschaftsstrukturen, Bewaldungsgrad und Äsungsangebot sind nur einige der Attribute, die einerseits das Wild anziehen, es jedoch auch abschrecken könnten. Schließlich wurden die Straßenabschnitte, an denen es am häufigsten zu Zusammenstößen zwischen Fahrzeugen und Wildtieren gekommen war, ganz genau unter die Lupe genommen: Wie sahen sie hinsichtlich Böschungskanten, Relief, Barrieren oder bedeutsamer wildökologischer Ressourcen wie Suhlen oder Salzlecken aus? Gab es in der Nähe womöglich jagdliche Einrichtungen wie Futterstellen, die sich auf das Verhalten der Tiere auswirkten? Oder lagen diese Stellen schlicht an sogenannten „Fernwechsell“, das heißt tradierten Pfaden, die von den Tieren regelmäßig benutzt werden, um größere Distanzen beispielsweise bei der Abwanderung zurückzulegen?

VERARBEITUNG DER RESULTATE

Alle Erkenntnisse werden per Computer weiterverarbeitet. Herausgekommen ist u. a. eine Risikopotenzialkarte für das Auftreten von Wildunfallsschwerpunkten, mit deren Hilfe Vorhersagen im Rahmen von Eingriffsplanungen möglich sind. Mit vergleichsweise wenig Aufwand ließe sich diese auf den ATKIS-Daten basierende Computer-Anwendung in kurzer Zeit so verfeinern, dass weitere zugangsberechtigte Kooperationspartner wie Polizei oder Jägerschaft über Internet sowohl die Lage als auch die Charakteristika eines Wildunfallsschwerpunktes direkt eingeben könnten. Einem landesweiten Monitoring von Wildunfällen, auf das nicht zuletzt auch Kfz-Versicherungsgesellschaften zurückgreifen könnten, stünde nichts mehr im Weg.

Vergleicht man nun solche Straßenabschnitte untereinander, die ähnliche landschaftsökologische Attribute aufweisen, hinsichtlich ihrer Wildunfallhäufigkeit, lässt sich ermesen, wie effektiv eventuell vorhandene Präventivmaßnahmen wie Duftzäune, Wildreflektoren oder Wildwarnpfeifen sind.

Außerdem kann man objektiv abschätzen, ob nicht doch in die kostenintensiveren aber wirksameren Querungsangebote wie Wild- oder Landschaftsbrücken und Unterführungen investiert bzw. jeglicher Wildwechsel durch Wildzäune verhindert werden sollte – im Zeitalter der Einsparungen sicher ein willkommenes Hilfsmittel und überdies eine wirksame Unterstützung der Schutzbemühungen für die seltenen Tierarten, die durch die Straßenmortalität zusätzlich bedroht sind.

Mechthild Fendrich

Spurensuche im Nebel

EIN FORSCHUNGSTEAM AN DER UNI KARLSRUHE KONNTE IN DETEKTIVISCHER FEINARBEIT EINE SCHWER FASSBARE UND GEFÄHRLICHE MATERIE DINGFEST MACHEN: ÖLNEBEL, WIE ER BEI ZAHLREICHEN INDUSTRIELLEN PROZESSEN ENTSTEHT.

KONTAKT

Prof. Dr.-Ing. Karlheinz Schaber
Universität Karlsruhe (TH)
Institut für Technische Thermodynamik und Kältetechnik
Engler-Bunte-Ring 21
76131 Karlsruhe
Tel.: 0721/608-2322
Fax: 0721/608-2335
schaber@ttk.uni-karlsruhe.de
www.ttk.uni-karlsruhe.de

PROJEKT

Projekttitel:
Charakterisierung und Abscheidung von Ölnebeln

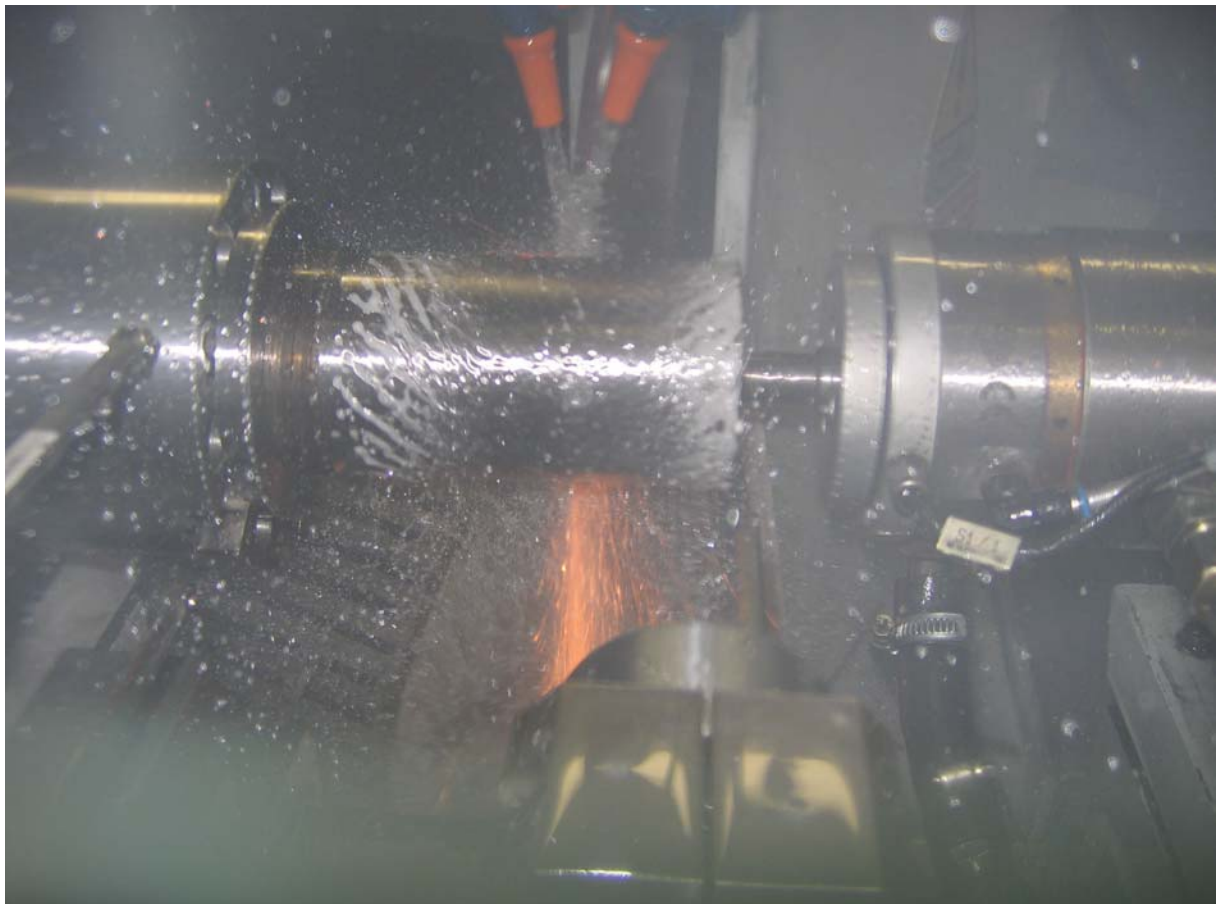
Projektlaufzeit:
8/2003 bis 9/2005

Wer erinnert sich nicht an die düsteren Edgar-Wallace-Filme der Sechziger und ihr bezeichnendes Stilelement? Stets führte die spannende Jagd nach dem Bösen durch undurchdringliche Nebelschwaden. Allgegenwärtig ist der Nebel auch am Institut für Technische Thermodynamik und Kältetechnik der Universität Karlsruhe. Nur bildet er hier nicht die malerische Kulisse, sondern ist vielmehr selbst Gegenstand der Verfolgung: Seit fünf Jahren analysiert das Forschungsteam um Professor Karlheinz Schaber Ölnebel und Möglichkeiten zu deren Abscheidung. Diese Öl-Luft-Gemische treten in zahlreichen industriellen Prozessen auf, zum Beispiel bei der Metallbearbeitung, in Härte- und Vergüteanlagen, bei der Schmierung von Lagern und Werkzeugen oder bei der Entlüftung von Kurbelgehäusen. Ölnebel belasten die Umwelt, gefährden die Gesundheit und können Brände oder gar Explosionen verursachen. Millionen von Arbeitern sind weltweit in ölnebelbelasteter Atmosphäre tätig.

EIN „TÄTERPROFIL“ WIRD ERSTELLT

Kein Stochern im Nebel, sondern systematisches Vorgehen: Darin gleichen sich Wissenschaftler und gute Detektive und erstellen zunächst ein „Täterprofil“: Was verbirgt sich hinter dem undurchsichtigen Begriff 'Ölnebel'? Welche Eigenheiten hat er? Einen ersten Ansatz bietet die Thermodynamik, also das Wissen um die Beziehungen zwischen der Temperatur und der Bewegung. Ölnebel sind Gasgemische, in denen sich feinste flüssige Teilchen befinden. Diese kondensierbaren Teilchen liegen je nach ihrem thermodynamischen Zustand in Form von feinen Tröpfchen oder als Dampf vor. Im Wechsel des Aggregatzustands liegt denn auch der Grund, warum den Ölnebeln mit herkömmlichen Mitteln nur sehr begrenzt beizukommen ist.

Derzeit werden in der Industrie meist mechanische oder elektrische Feinstpartikelfilter zur Abscheidung von Ölnebeln eingesetzt. Die in diese Filter integrierten Ventilatoren füh-



Ölnebelbildung bei einem Schleifprozess: Das Öl verdampft an der heißen Oberfläche. Durch die Mischung mit kühlerer Umgebungsluft kommt es zur Kondensation.

Bild: BGIA/WZL

ren zur Verdampfung eines Teils der Tropfenmasse. Haben die Schadstoffe jedoch einmal den gas- oder dampfförmigen Zustand erreicht, lassen sie sich mit den gebräuchlichen Filtern nicht mehr einfangen. So überrascht es nicht, dass die Abscheideergebnisse bei solchen Anlagen häufig nicht zufrieden stellend ausfallen. Dies ist doppelt schädlich, denn die vermeintlich gereinigte Luft wird häufig in die Werkhalle zurückgeführt.

Im Rahmen des Forschungsprojekts zur „Charakterisierung und Abscheidung von Ölnebel“ wurden nun Verfahren geprüft und weiterentwickelt, mit deren Hilfe bessere und damit umweltverträglichere Resultate bei der Ölnebel-Abscheidung erzielt werden können.

KUNSTNEBEL IM LABOR

Erste Voraussetzung für die Simulation von Abscheideprozessen war die Erzeugung möglichst realitätsnaher Ölnebel im Labor. Hierzu wurden verschiedene Versuchsanlagen eingesetzt. Ein speziell entwickelter Aerosolgenerator imitiert schließlich ein Schmiersystem, wie es in der metallbearbeitenden Industrie zum Einsatz kommt. Dabei entsteht durch die Zerstäubung von Öl mit Druckluft „Kunst-Nebel“ in einem labilen Zustand, wie er auch für industrielle Prozesse typisch ist. Das heißt, die enthaltenen Tröpfchen befinden sich nicht in einem Gleichgewicht mit dem Trägergas, und im Laufe der Kontaktzeit verdunstet immer mehr des versprühten Öls. Außerdem enthält der Labor-Nebel fast alle Komponenten des versprühten Öls, von leicht siedenden Bestandteilen bis hin zu den so genannten Schwesiedern. So konnte mit Hilfe des Aerosolgenerators ein konstanter und genau definierter Nebel erzeugt werden.

MESSEN, TESTEN, SIMULIEREN

Ebenso wichtig ist die Messung der ablaufenden Abscheideprozesse. Aerosolspektrometer oder Kohlenwasserstoffanalysator heißen die Instrumente, mit deren Hilfe das Karlsruher Forschungsteam die flüssigen und dampfförmigen Bestandteile des Nebels quantifizieren kann. Teilweise musste die Messtechnik dafür von der Universität Karlsruhe gekauft werden. Zudem sprang ein Institut der Universität Stuttgart helfend in die Bresche und stellte ein Spezialgerät zur Verfügung.

Auf der Basis von kontrolliertem Input und quantifiziertem Output konnte schließlich ein neues Ölabscheide-Verfahren entwickelt werden. Vorausgegangen waren zahlreiche Versuchsreihen. So zeigte sich beispielsweise, dass alleine schon die



Diese Werkzeugmaschine ist mit einem Abscheider für Ölnebel aus Kühlschmierstoffen ausgestattet (oben links).

Bild: Hermle AG, Gosheim

Länge des Schlauchs zwischen dem Aerosolsensor und der Sonde am Ventilator deutlichen Einfluss auf das Messergebnis und damit auf die Bewertung der Abscheideleistung nimmt.

DER NEBEL LICHTET SICH

Die vom Institut für Technische Thermodynamik und Kältetechnik entwickelte Apparatur geht über die reine Filtration hinaus und integriert ergänzend die Absorption, um auch die dampfförmigen Nebel-Komponenten „in die Falle zu locken“. Als Absorptionsmittel wird gekühlter, schwer flüchtiger Kühlschmierstoff in den Gasstrom eingespeist und in einer nachfolgenden Filtrationsstufe wieder abgeschieden. Auf diese Weise lassen sich die Dampfemissionen um 15 bis 25 Prozent senken. Grundsätzlich gilt: Je größer die Dampfmenge im Gas ist, desto erfolgreicher funktioniert das Verfahren. Zur Beschreibung der Tropfen-, Dampf- und Flüssigphase in den Gas-Luft-Gemischen wurde das Simulationsprogramm „AerSolve“ entwickelt. Dieser „Aerosol-Steckbrief“ legt die für den Einsatz einer Absorptions-Abscheidung geeigneten Betriebsbedingungen fest.

Schließlich lieferte das Projekt auch wichtige Grundlagen zur Formulierung von allgemein gültigen Regeln für Ölnebel-Reinigungsprozesse – möglicherweise mit weit reichenden Konsequenzen: Die Ergebnisse könnten Eingang in eine neue europäische Filternorm finden. Hierzu müssten Filterklassen für die Schmierstoffabscheidung ermittelt und festgelegt werden. Der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) hat über seine Arbeitsgruppe „Aerosole“ bereits eine diesbezügliche EU-Initiative gestartet. Und so gilt – wie bei manchem Krimi: Fortsetzung folgt!

Stefan Kriz

Diesel wird zum Saubermann

RUSSPARTIKEL AUS DIESELMOTOREN GEFÄHRDEN DIE GESUNDHEIT. MIT IHREM NEU ENTWICKELTEN EINSPRITZVERFAHREN SIND KARLSRUHER FORSCHER DER „SAUBEREN“ VERBRENNUNG EINEN GROSSEN SCHRITT NÄHER GEKOMMEN.

KONTAKT

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Spicher
(Projektleitung)
Dipl.-Ing. Uwe Wagner
(Ansprechpartner)
Uni Karlsruhe, Institut für
Kolbenmaschinen
Postfach 69 80
76128 Karlsruhe
Tel.: 0721/608-2363
Fax: 0721/608-8519
Uwe.Wagner@ifkm.uni-
karlsruhe.de
www-ifkm.mach.uni-
karlsruhe.de

PROJEKT

Projekttitle:
Untersuchungen zur Ent-
wicklung einer rußfreien
Verbrennung bei Dese-
lomotoren mit Direkt-
einspritzung
Projektlaufzeit:
1/2004 bis 12/2005

Opas Diesel ist tot! Die Zeiten, in denen Dieselmotoren das Image von zähen und robusten, aber ebenso simpel aufgebauten trägen Arbeitsmaschinen hatten, sind lange vorbei. Sowohl im PKW- als auch im Nutzfahrzeubbereich gilt der Dieselmotor heute als Antriebsquelle mit dem höchsten Wirkungsgrad, das heißt, er nutzt die im Kraftstoff vorhandene Energie am besten. Und er bietet den Vorteil eines reduzierten Kohlendioxidausstoßes. Dem steht jedoch ein Nachteil gegenüber: Selbst zeitgemäße Dieselmotoren weisen eine relativ hohe Rußemission auf, die eine mögliche ernsthafte Gesundheitsgefährdung in sich birgt.

Inwieweit das modifizierte Einspritzverfahren den gewünschten Effekt des „sauberen“ Abgases tatsächlich erfüllt, wurde in dem ehrgeizigen Forschungsprojekt wissenschaftlich untersucht. Für die Versuche hat man den Zylinderkopf eines Versuchsmotors mit einer zweiten Einspritzdüse versehen. In einem schwierigen Verfahren gelang es, die Strahlausbreitung mittels einer speziellen Kamera zu visualisieren, um die gegenseitige Beeinflussung der Teileinspritzungen beurteilen zu können. Nachgeschaltet hat man im Auspufftrakt die Abgase gemessen und die spezifische Rußemission errechnet.

VON DER ABGAS-NACHBEHANDLUNG ...

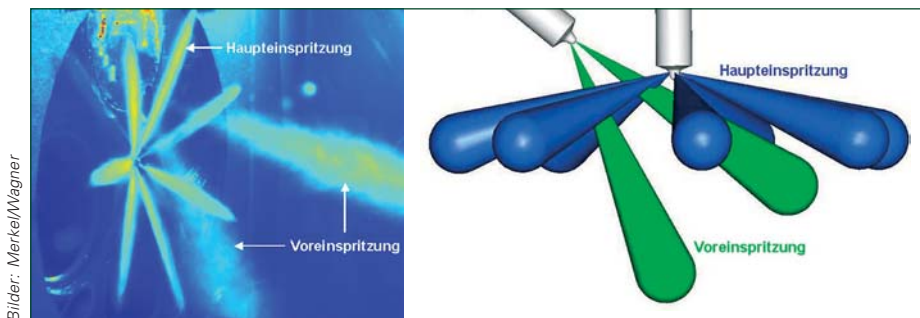
Der bisherige Forschungsansatz ging hauptsächlich in Richtung aufwändiger Abgas-Nachbehandlungssysteme wie Katalysatoren oder Rußfilter. Einen anderen Weg beschreitet man am Institut für Kolbenmaschinen an der Universität Karlsruhe. Hier beschäftigen sich Prof. Dr.-Ing. Ulrich Spicher und sein Team mit dem grundsätzlichen Ablauf eines Brennverfahrens, welches durch die räumliche Trennung zweier Ein-

... ZUM EMISSIONSARMEN HIGH-TECH-MOTOR

Die Ergebnisse sind vielversprechend: Wenn in der zweiten Einspritzphase die Hauptmenge des Dieselkraftstoffs in einen anderen Brennraumbereich eingespritzt wird als bei der Voreinspritzung, lässt sich das Aufeinandertreffen der bereits entstandenen Flamme mit flüssigen Kraftstofftröpfchen vermeiden. Auf diese Weise entsteht nicht nur global – Dieselmotoren arbeiten prinzipiell mit Luft-

überschuss – sondern auch lokal ein magereres Gemisch, was sich positiv auf die Rußoxidation auswirkt.

Wird darüber hinaus die Möglichkeit der Abgasrückführung genutzt, können auch die Stickoxidemissionen deutlich reduziert und



Durch räumlich getrennte Vor- und Haupteinspritzung entsteht bei der Dieselverbrennung deutlich weniger Ruß.

spritzphasen – diese waren bisher nur zeitversetzt getrennt – eine deutliche Reduzierung der Abgaspartikel ermöglichen soll.

Darin liegt zurzeit nämlich noch der Quell des Übels: Nach der Zündung der in der ersten Phase eingespritzten kleinen Kraftstoffmenge (Voreinspritzung) erfolgt in der zweiten Phase die Haupteinspritzung direkt in die Flamme. In diesem so genannten fetten Gemisch mit einem hohen Anteil Kraftstoff im Verhältnis zur Luft bilden sich die Rußpartikel.

die Rußemission eines modernen High-Tech-Dieselmotors weiterhin auf konstant niedrigem Niveau gehalten werden. Damit ist der Traum vom effizienten und gleichzeitig „sauberen“ Dieselmotor der Realität wieder ein gutes Stück näher gekommen. Jetzt sind die Entwickler und Produktionstechniker in der Industrie gefordert, den von der Wissenschaft bereiteten Weg vom Versuchsmotor zum serienreifen „neuen“ Dieselmotor zu gehen.

Norbert Weimper

Nicht sauber, sondern rein

STICKOXIDE AUS DIESELMOTOREN SCHADEN DER UMWELT. MIT HOCHEFFIZIENTEN KATALYSATOREN LÄSST SICH DER AUSSTOSS DEUTLICH SENKEN. DARAN ARBEITEN KARLSRUHER FORSCHER.

Umweltprobleme wie Saurer Regen und hohe Ozonwerte in bodennahen Bereichen bereiten zunehmend Sorgen. Der Gesetzgeber hat bereits in der Vergangenheit darauf reagiert und immer schärfere Grenzwerte für Abgasemissionen formuliert. Gerade bei der für den Sauren Regen mitverantwortlichen NO_x-Emission (Stickoxid-Emission) von Dieselmotoren wird die Euro-V-Norm mit dem Grenzwert von voraussichtlich 0,08 g/km im Jahre 2010 ihren vorläufigen Höhepunkt erreichen.

Aus heutiger Sicht ist dieser Wert nur durch eine Nachbehandlung der Abgase (Katalysatortechnik) zu erzielen. Rein innermotorische Maßnahmen reichen nach dem derzeitigen Stand der Technik nicht aus. Problematisch ist bisher die Tatsache, dass die vom Ottomotor bekannten Dreiwegekatalysatoren bei Dieselmotoren nicht die erwünschte NO_x-Reduzierung bringen, da diese prinzipiell mit Luftüberschuss arbeiten.

Um den gewünschten Effekt dennoch erreichen zu können, wurden in der jüngeren Vergangenheit hauptsächlich zwei prinzipielle Verfahren entwickelt: die selektive katalytische Reduktion und die NO_x-Speicher-Katalysatortechnik. Die erstgenannte wurde bekannter durch das von führenden Nutzfahrzeugherstellern favorisierte, jedoch mit dem zusätzlichen Tanken von Harnstoff verbundene Verfahren namens „Adblue“. Abgesehen davon, dass die aufwändige Infrastruktur für dieses Verfahren erst noch geschaffen werden muss, liegt die grundsätzliche Problematik beider Verfahren darin, dass der gewünschte Effekt erst ab einer Temperatur von etwa 150 Grad Celsius entsteht, moderne Dieselmotoren aber größtenteils niedrigere Abgastemperaturen aufweisen – was im Sinne eines hohen Wirkungsgrades des Motors durchaus erwünscht ist.

Dr. Sven Kureti und Diplom-Chemiker Florian Schott vom Institut für Technische Chemie und Polymerchemie der Universität Karlsruhe arbeiten deshalb zurzeit an einem Verfahren, das gerade bei tiefen Temperaturen eine effiziente NO_x-Minderung ermöglicht. Der Schwerpunkt ihrer Forschungsarbeit liegt dabei auf einem platinhaltigen Katalysatorsystem mit Wasserstoff als Reduktionsmittel, das in bisheriger Form schon eine hervorragende NO_x-Reduzierung erzielt. Allerdings

entsteht dabei eine große Menge an Lachgas, dessen Abgabe in die Atmosphäre natürlich unerwünscht ist.

ZUSÄTZE VERBESSERN KATALYSATOR-WIRKUNG

Die Wissenschaftler wollen dieses Verfahren so weit optimieren, dass dieser Nachteil vermieden werden kann. Das kann gelingen durch die Zugabe so genannter Promotoren, auch genannt Aktivatoren. Dabei handelt es sich um für sich allein unwirksame chemische Zusätze, die jedoch die Wirksamkeit von Katalysatoren erhöhen beziehungsweise deren Wirksamkeitsverlust entgegenwirken.

Die bisherigen Forschungsergebnisse sind bereits vielversprechend, belegen sie doch, dass mittels solcher Zusätze die Effektivität der Platinkatalysatoren deutlich verbessert werden kann; im Ergebnis also eine wesentliche Reduktion der NO_x-Anteile in den Auspuffgasen bei gleichzeitiger Minimierung des Lachgasanteils. In der weiteren Forschungsarbeit soll das bisher aussichtsreichste Katalysator-Promotor-System getestet und auf seine Optimierungsmöglichkeiten hin untersucht werden. Wichtig ist dabei auch die Prüfung seiner Praxistauglich-



Im Abgasstrang eingesetzter Katalysator: So kann das technische Ergebnis der Karlsruher Forschungsarbeit aussehen.

Bild: Eberspächer

keit. Dazu bedarf es weiterer Untersuchungen zu dessen thermischer und chemischer Beständigkeit.

Der Zwischenbericht des Projektes zeigt bereits zum jetzigen Stand auf, dass die Katalysatortechnik bei Dieselmotoren noch längst nicht ihre Grenzen erreicht hat und gibt Anlass zu der Hoffnung, deutliche Fortschritte in Richtung Ökologie und Gesundheitsvorsorge erzielen zu können.

Norbert Weimper

KONTAKT

Dr. Sven Kureti
Universität Karlsruhe
Institut für Technische
Chemie und Polymer-
chemie
Kaiserstr. 12
76131 Karlsruhe
Tel.: 0721/608-8090
Fax: 0721/608-2816
www.ict.uni-karlsruhe.de
Kureti@ict.uni-
karlsruhe.de

PROJEKT

Projekttitle:
Entwicklung von Kataly-
satoren zur effizienten
NO_x-Minderung bei
tiefen Temperaturen im
Abgas von Pkw-Dieselmotoren

Projektlaufzeit:
1/2004 bis 9/2006

Jobs durch Umweltschutz

IN BADEN-WÜRTTEMBERG SIND ÜBER 100.000 BESCHÄFTIGTE IN DER PRODUKTION VON UMWELTSCHUTZWAREN UND -DIENSTLEISTUNGEN TÄTIG.

KONTAKT

In der standortpolitischen Diskussion wird Umweltschutz häufig nur als Kostenfaktor gesehen. Dabei wird vernachlässigt, dass durch umweltschutzpolitische Maßnahmen auch Arbeitsplätze entstehen. Die Abschätzung der durch Umweltschutz induzierten Beschäftigung gestaltet sich allerdings schwierig, da der Umweltschutzbereich kein Sektor im Sinne der Wirtschaftszweigsystematik der amtlichen Statistik ist, sondern eine Sektoren übergreifende Querschnittsbranche darstellt.

Für Baden-Württemberg wurde seit 1981 keine umfassende Schätzung der Umweltschutzbeschäftigung mehr vorgenommen. Zwar führt das Statistische Landesamt Baden-Württemberg seit einigen Jahren regelmäßig Erhebungen zur Beschäftigungswirkung des Umweltschutzes im Lande durch, den betreffenden Berechnungen liegt jedoch aus methodischen Gründen und aufgrund entsprechender gesetzlicher Vorgaben ein vergleichsweise eng gefasster Umweltschutzgüter-Begriff und andere Beschränkungen zugrunde, so dass insoweit von einer deutlichen Unterschätzung der Umweltschutzbeschäftigung auszugehen ist.

Möchte man die umweltschutzinduzierte Beschäftigung im Lande dagegen möglichst vollständig erfassen, dann muss eine gesonderte Abschätzung durchgeführt werden. In diesem Zusammenhang ist ein bloßes Herunterbrechen der Werte aus bundesdeutschen Studien auf die baden-württembergische Ebene angesichts der wirtschaftsstrukturellen Besonderheiten des Lan-

des nicht vertretbar. Ebenso wenig lässt sich die bei der aktuellsten bundesweiten Studie zum Jahr 2002 angewandte Methode auf eine baden-württembergische Länderstudie übertragen, da im Vergleich zur Bundesebene auf der Landesebene gewisse Datensätze überhaupt nicht zur Verfügung stehen. Aus diesem Grund stützt sich die vorliegende, vom Institut für Angewandte Wirtschaftsforschung (IAW) zur baden-württembergischen Umweltschutzbeschäftigung durchgeführte Abschätzung notwendigerweise auf andere methodische Grundlagen.

Ausgangspunkt der Abschätzung der in Baden-Württemberg durch Umweltschutz induzierten Beschäftigung war eine vom IAW vorgenommene Auswertung des Betriebspanels des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), das für die Jahre 2004 und 1998 Daten zum Umweltschutzumsatz der Betriebe umfasst. Ergänzend führte das IAW zu den betreffenden Jahren eine Befragung der Wirtschaftsverbände zur Umweltschutzbeschäftigung in den baden-württembergischen Branchen durch.

Unter Einbeziehung dieser beiden Datengrundlagen und der die Wirtschaftsstruktur des Landes abbildenden Beschäftigtenstatistik ergab sich für das Jahr 2004 in Baden-Württemberg eine durch Umweltschutz induzierte Beschäftigung von knapp 108.000 Personen. Dies entspricht einem Anteil von 2,9 Prozent an der Gesamtbeschäftigtenzahl im Land. Ein Vergleich mit dem Jahr 1998 ist aufgrund der unterschiedlichen Repräsentativitätsgrade der betreffenden Erhebungsjahre nur bedingt möglich. Die unter diesem Referenzvorbehalt durchgeführten Alternativrechnungen deuten darauf hin, dass die baden-württembergische Umweltschutzbeschäftigung in der Zeit von 1998 bis 2004 tendenziell stagnierte.

Für die nächsten Jahre ist für die baden-württembergischen Anbieter von Umweltschutzwaren und -dienstleistungen im Vergleich zu Bereichen, die andere Güter anbieten, von einer eher überdurchschnittlichen Entwicklung auszugehen. Die vergleichsweise guten Beschäftigungsaussichten dieser Querschnittsbranche basieren etwa auf dem zu erwartenden Nachfragezuwachs nach Gütern im Bereich der erneuerbaren Energien, zum Beispiel der Solarenergie. Darüber hinaus dürfte auch der Export von Umweltschutzgütern, nicht zuletzt nach China, weiter zulegen.

Peter Streiff

PROJEKT

Dr. Raimund Krumm
Institut für Angewandte
Wirtschaftsforschung (IAW)
Universität Tübingen
Ob dem Himmelreich 1
72074 Tübingen
Tel.: 07071/9896-31
Fax: 07071/9896-99
raimund.krumm@iaw.edu
www.iaw.edu

Projekttitel:
Beschäftigungseffekte
des Umweltschutzes in
Baden-Württemberg
Projektlaufzeit:
4/2005 bis 6/2006

Montage einer Photovoltaik-
Anlage mit CIS-Modulen
Bild: Würth Solergy



Energiesparen ist Klimaschutz

**DAS LAND FÖRDERT VERSCHIEDENE FORSCHUNGSPROJEKTE ZUR REDUKTION
DES ENERGIEVERBRAUCHS – UND SCHÜTZT DAMIT DAS KLIMA.**

Winter werden wärmer, Stürme und Hochwasser häufiger – die Schneegrenze steigt, der Bodensee-Pegel sinkt, Hitzerekorde im Juli ... Die Liste der Wetterkapriolen lässt sich fortsetzen und kaum ein Wissenschaftler wird mehr den Klimawandel in Frage stellen. Denn wir spüren ihn bereits. Einen Teil des Klimawandels haben wir selbst zu verantworten. Wir verbrauchen zu viel Energie: beim Fahren, im Haushalt und auch in Industriebetrieben. Mehr Technik heißt häufig mehr Energieverbrauch. Häufig, aber nicht immer. Denn Technik kann auch helfen, die Energieeffizienz zu verbessern: bei Produktionsprozessen ebenso wie beim Heizen oder Fahren. Die Umweltforschung Baden-Württemberg investiert deshalb in Projekte zur Reduktion des Energieverbrauchs – und trägt somit dazu bei, den Klimawandel abzumildern.

WENIGER STROM IM EIGENEN HEIM

Trotz steigender Strompreise verbrauchen private Haushalte immer mehr elektrische Energie. Haushalte könnten bis zum Jahr 2010 ca. 19 Prozent Strom sparen, wenn beim Kauf neuer Geräte die energieeffizientesten Kühlgeräte, Beleuchtungen, Computer und Umwälzpumpen berücksichtigt würden. Allein vier Prozent Energie gehen durch Leerlauf verloren. Das ifeu-Institut untersucht, wie sich der Stromverbrauch in privaten Haushalten reduzieren lässt. Dazu hat es

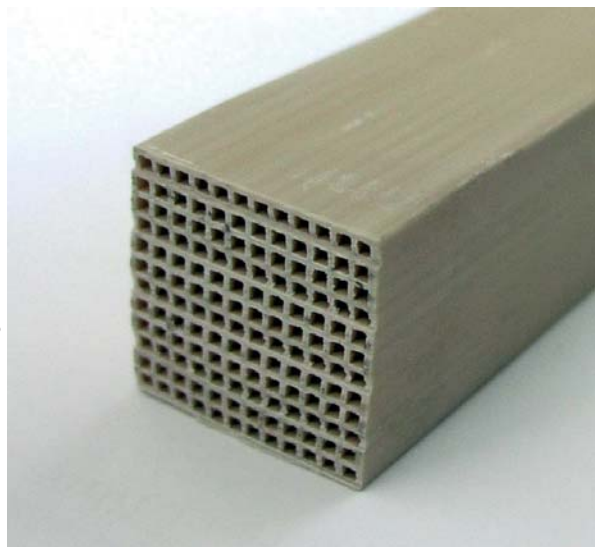


Bild: ITW/IKT Universität Stuttgart

Aus Zeolit-Pulver extrudierte Formkörper (Monolith) zur sorptiven Wärmespeicherung

zunächst die bereits vorhandenen so genannten „weichen“ Instrumente analysiert, Beratungsangebote und Informationskampagnen von Stromversorgern und anderen Beratungsanbietern. Das ifeu wird in den nächsten Monaten ermitteln, welche weiteren Maßnahmen sinnvoll sind. Untersucht werden beispielsweise die Erfolge so genannter „Feedback-Instrumente“. Dazu zählt die „informativ Stromrechnung“, die nicht nur den eigenen, sondern auch den durchschnittlichen Stromverbrauch von vergleichbaren Haushalten enthält. Auch die Effekte der „Vor-Ort-Stromsparberatung“ und die Kombination beider Instrumente werden noch untersucht.

SONNE UND STEINE ERSETZEN ÖLTANK

Die Heizung verbraucht 70 Prozent der Energie eines Privathaushalts. In zahlreichen Forschungsprojekten suchen Wissenschaftler nach Wegen, regenerative Energien effizienter zu nutzen. Noch ist es schwierig, ein Haus allein mit Sonnenenergie zu beheizen. Denn die Sonne scheint überwiegend im Sommer, geheizt wird im Winter. Ist es möglich, Wärme im Sommer für den Winter zu speichern? Wissenschaftler der Universität Stuttgart untersuchen Zeolithe als Speichermedium. Das sind poröse Silicate, die nicht nur in der Natur vorkommen, sondern auch großtechnisch hergestellt werden. Ein Zeolithe-Speicher, so hoffen die Forscher, kann schon in wenigen Jahren den Öltank ersetzen. Im Winter wird Wasserdampf, der in der feuchten Raumluft enthalten ist, adsorbiert. Dabei erwärmt sich die Luft und kann über eine Gebäudebelüftung mit Wärmerückgewinnung Räume beheizen. Im Sommer wird der Speicher durch Sonnenenergie getrocknet. Die Laborversuche sind bereits erfolgreich verlaufen. In den kommenden Monaten wird eine Demonstrationsanlage gebaut und das Verfahren getestet.

NUTZERMODELLE FÜR DIE THERMISCHE GEBÄUDESIMULATION

Obschon – im Gegensatz zu Privathaushalten – in Gewerbegebäuden der Energieverbrauch sinkt, ist weiteres Sparpotenzial vorhanden. Klimaanlage verbrauchen viel Raum und viel Energie. Zahlreiche Menschen reagieren empfindlich. Klimatisierte Räume führen vielfach zum „Sick Building Syn-

KONTAKT

Dipl.-Ing. Markus Duscha (Ltg.)
Elke Dünnhoff (Ansprechpartnerin)
ifeu Heidelberg
Wilckenstraße 3
69120 Heidelberg
Tel.: 06221/4767-0
elke.duennhoff@ifeu.de
www.ifeu.de

PROJEKT

Projekttitle:
Effiziente Beratungsbausteine zur Minderung des Stromverbrauchs in privaten Haushalten
Projektlaufzeit:
4/2005 bis 6/2007

KONTAKT

Prof. Dr.-Ing. H. Müller-Steinhagen (Ltg.)
Dr. Henner Kerskes (Ansprechpartner)
Universität Stuttgart
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
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

KONTAKT

Dr.-Ing. Jens Pfafferoth
Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme
Heidenhofstraße 2
79110 Freiburg
Tel.: 0761/4588-5129
Jenspt@ise.fhg.de
www.ise.fraunhofer.de

PROJEKT

Projekttitle:
Nutzermodelle für die thermische Gebäudesimulation
Projektlaufzeit:
2/2005 bis 12/2007

KONTAKT

Dr. Ole Langniß
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW)
Industriestraße 6
70565 Stuttgart
Tel.: 0711/7870-226
ole.langniss@zsw-bw.de
www.zsw-bw.de

PROJEKT

Projekttitel:
Fortentwicklung des Instrumentariums zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien
Projektlaufzeit:
4/2005 bis 3/2007

KONTAKT

Dipl.-Ing. Helmut Böhnisch
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW)
Industriestraße 6
70565 Stuttgart
Tel.: 0711/7870-211
helmut.boehnisch@zsw-bw.de
www.zsw-bw.de

PROJEKT

Projekttitel:
Nahwärmeversorgung und Erneuerbare Energien im Gebäudebestand – Anschlag von Pilotprojekten in Baden-Württemberg, Hemmnisanalyse und Untersuchung der Einsatzbereiche
Projektlaufzeit:
9/2003 bis 2/2006

drome“. Wissenschaftler des Fraunhofer Instituts für Solare Energiesysteme untersuchen deshalb, wie in gewerblichen Gebäuden gelüftet wird. Dabei werden unterschiedliche Gebäudetypen betrachtet. Die Daten gehen in ein Rechensystem ein. Ziel ist es, Gebäude so zu sanieren oder zu planen, dass minimaler technischer Aufwand zu hohem Komfort führt. Gleichzeitig sinken die Energiekosten.

NACHHALTIGE ENERGIEVERSORGUNG DURCH ERNEUERBARE ENERGIEN

Kohle, Öl und Gas sind endliche Energiequellen, die zudem das Klima beeinflussen. Deshalb hat die Bundesregierung das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) verabschiedet. Energieversorger müssen Strom aus Erneuerbaren Energien zu vorgegebenen Preisen abnehmen. Dieses Gesetz ist so erfolgreich, dass sich der Anteil Erneuerbarer Energien an der Stromversorgung bis 2010 gegenüber 2000 mehr als verdoppeln dürfte. Welche Wege gibt es, das EEG sinnvoll weiter zu schreiben? Wissenschaftler des ZSW Baden-Württemberg, des DIW Berlin und des DLR Stuttgart entwickeln ein ganzheitliches Konzept. Es ist sinnvoll, Erneuerbare Energien auch weiterhin zu fördern. Sie verursachen vergleichsweise geringe „externe Kosten“ wie zum Beispiel durch den Klimawandel oder durch Stoffemissionen entstehende Gesundheitskosten. Und sie sind insofern sicherer, als Ölpreise schwanken und Gaspreise durch politische Faktoren schnell steigen können. Bisher recherchierten die Wissenschaftler, wie die Erneuerbaren Energien in der Europäischen Union und den USA gefördert werden. Jetzt sind die Instrumente zu vergleichen und sinnvoll für die Zukunft zu kombinieren.

NAHWÄRME IN BADEN-WÜRTTEMBERG

Der Einsatz von Nahwärme ist notwendig, um Erneuerbare Energien flächendeckend zu etablieren. ZSW, DLR und die Universität Stuttgart stießen deshalb Projekte an und analysierten den Prozess bis zur Umsetzungsphase. Das erste Projekt wurde in Rottweil-Hausen umgesetzt. Die Ortschaft hat bereits Erfahrung mit einem Erdgas-Blockheizkraftwerk gesammelt. Durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) ergab sich die Chance, die Nahwärme weiter zu entwickeln. Die Wissenschaftler berechneten, dass die Vergärung nachwachsender Rohstoffe und Gülle am vorteilhaftesten ist. Sozialwissenschaftler informierten, motivierten und begleiteten die Bürger bis zum Bau der Anlage. Gleichzeitig wurden Bürger anderer Kommunen und Ingenieurbüros befragt. Ziel war es, Hemmnisse zu erkennen und für das Projekt in Rottweil-Hausen zu vermeiden. Vorbehalte entstehen vor allem, wenn Bürger nicht eingebunden werden. Auch hohe Anschlusspreise wirken teilweise abschreckend. Viele Bürger hoffen, dass neue Technologien wie die Brennstoffzelle die Nahwärme ersetzen werden und warten lieber ab. Und Energieversorger gehen ökonomische Risiken ein, wenn sich nicht genügend Haushalte anschließen lassen. Werden die Bürger am gesamten Prozess beteiligt, schrumpfen die Vorbehalte gegen Nahwärme.

KYOTO PLUS ZUM SCHUTZ DES KLIMAS

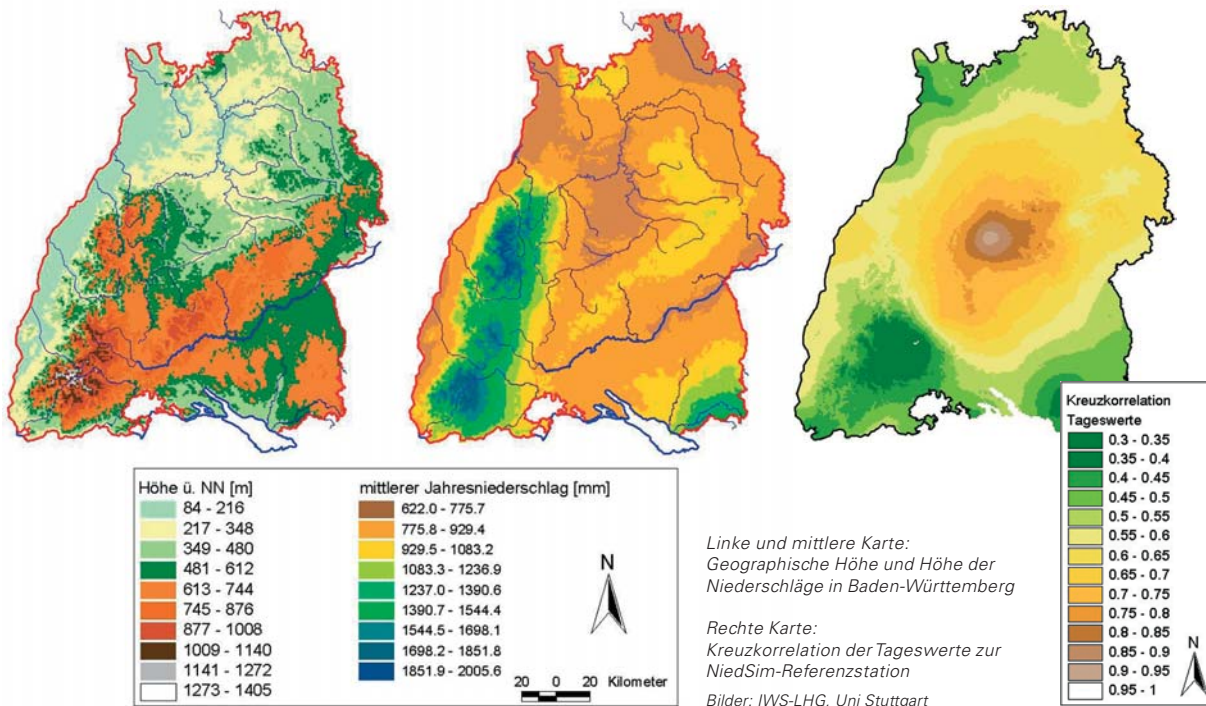
Russland ratifizierte 2005 das Kyoto-Protokoll. Damit war es wirksam. Doch selbst wenn das Protokoll vollständig umgesetzt würde, könnte der Klimawandel nicht gestoppt werden. Deshalb entwickelten Prof. Dr. Lutz Wicke und Prof.



Vorstellung der Ergebnisse des Bürgergutachtens in der Sporthalle Hausen

Übergabe des Bürgergutachtens an den Rottweiler Oberbürgermeister Engeser

Bilder: M. Nast



Linke und mittlere Karte:
Geographische Höhe und Höhe der Niederschläge in Baden-Württemberg

Rechte Karte:
Kreuzkorrelation der Tageswerte zur NiedSim-Referenzstation

Bilder: IWS-LHG, Uni Stuttgart

Dr. Christoph Böhringer für das Land Baden-Württemberg ein Modell für ein wirksames, marktwirtschaftlich orientiertes Klimaschutzsystem, das GCCS (Globales Klimazertifikate System). Es wurde untersucht, ob es mit dem GCCS möglich ist, die globale Klimaerwärmung auf maximal 2 °C zu begrenzen. Mit der makroökonomischen Analyse kommen die Forscher zu einem positiven Ergebnis. Das GCCS besteht im Wesentlichen aus fünf Kernelementen: Klimawirksame Gase dürfen weltweit nur begrenzt ausgestoßen werden (globale Begrenzung). Jedem Menschen steht dabei das gleiche Volumen zu. Durch den Zertifikatehandel erfolgt ein finanzieller Ausgleich zwischen Industrie- und Entwicklungsländern. Alle Länder und alle Konsumenten werden durch finanzielle Anreize zu klimafreundlichem Verhalten und zur klimafreundlichen Entwicklung motiviert. Und: Durch dieses System werden entscheidende Anreize für eine nachhaltige, klimaverträgliche und bezahlbare Energieversorgung geschaffen (vergleiche auch „Nachhaltige Energieversorgung durch Erneuerbare Energien“).

Die Ergebnisse der Studien sind mittlerweile veröffentlicht: „Beyond Kyoto – A new global climate certificate system“ (Springer Heidelberg, 2006) und „Kyoto PLUS: So gelingt die Klimawende“ (Verlag C. H. Beck, 2006).

REGEN IN BADEN-WÜRTEMBERG

Starkregen lassen Flüsse anschwellen und im Extremfall über die Ufer treten. Entsprechende Bilder haben wir vor unserem inneren Auge. Betroffen sind aber auch Kanalsysteme und Kläranlagen. Um realistisch planen zu können, benötigen In-

genieure Niederschlagsdaten. Die LUBW kann mit dem Simulationsprogramm „NiedSim“ für einzelne Punkte in Baden-Württemberg die Niederschläge der letzten 30 Jahre im 5-Minuten-Takt simulieren. An der Universität Stuttgart wird dieses Programm derzeit weiterentwickelt. Mit stochastischen Methoden werden synchrone Reihen für mehrere Punkte in größeren Gebieten errechnet. Radardaten des Deutschen Wetterdienstes werden dabei berücksichtigt. Für Mitte nächsten Jahres ist geplant, das neue Programm zu starten. Es wird angestrebt, für beliebige Gebiete in Baden-Württemberg mehrere simultane Niederschlagsreihen zu errechnen, so dass die Wasserwirtschaft Kanalisationen und Kläranlagen mit entsprechenden Kapazitäten planen und bauen kann.

VERÄNDERN RUSSPARTIKEL DAS KLIMA?

Wissenschaftler gehen davon aus, dass Rußpartikel Luftströme und Temperaturen und damit das regionale Wetter beeinflussen. Da Ruß Strahlung absorbiert, wird der erdnahe Teil der Atmosphäre erwärmt und oberhalb der Partikel abgekühlt. In Baden-Württemberg sind nahezu alle emittierten Rußpartikel anthropogen. Wissenschaftler des Forschungszentrums Karlsruhe verfolgen derzeit das ehrgeizige Ziel, den Anteil des Rußes am Klimawandel zu errechnen. Denn die numerischen Wettervorhersagemodelle berücksichtigen diese „Aerosole“ bisher nur unzureichend. Das Team um Dr. Bernhard Vogel berechnet deshalb den Klimaverlauf bis zum Jahr 2010. Aus dem Ergebnis leitet er ab, ob sich Rußfilter vorteilhaft auf das Klima im Land auswirken.

Andrea Mehling

KONTAKT

Prof. Dr. Lutz Wicke
Europäische Wirtschafts-
hochschule Berlin
ESCP-EAP
Heubnerweg 6
14059 Berlin
Tel. 030/320070
prof.wicke@gmx.de
www.escp-eap.de

PROJEKT

Projekttitle:
Nachhaltiger Klimaschutz:
Die weltweiten ökonomischen Auswirkungen eines Globalen Klimazertifikatesystems (GCCS)
Projektlaufzeit:
3/2005 bis 11/2006

KONTAKT

Prof. Dr. rer. nat. Dr.-Ing.
Andrés 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

Projekttitle:
Erzeugung simultan-syn-
thetischer Niederschlags-
reihen hoher zeitlicher und
räumlicher Auflösung für
Baden-Württemberg
Projektlaufzeit:
7/2004 bis 6/2007

KONTAKT

Dr. Bernhard Vogel
Forschungszentrum Karls-
ruhe, Institut für Meteor-
ologie und Klimaforschung
Postfach 3640
76021 Karlsruhe
Tel.: 07247/82-4233
bernhard.vogel@imk.fzk.de
www.fzk.imk.uni-
karlsruhe.de

PROJEKT

Projekttitle:
Klimawirksamkeit von Ruß-
partikeln in Baden-Würt-
temberg
Projektlaufzeit:
4/2005 bis 1/2008

FÖRD.-KZ	PROJEKTLEITER/INSTITUTION	THEMA	FÖRDERDAUER
FÖRDERBEREICH I – INNOVATION			
BWI25002	Heubach, Daniel, Dipl.-Ing., Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Nobelstr. 12c, 70569 Stuttgart	INANU – Innovation durch Nanotechnologie in der Umwelttechnik als Schlüssel zur Nachhaltigkeit – Anwendung und Methoden	01.10.2005 – 30.06.2006
FÖRDERBEREICH K – KLIMA			
BWK25002	Velji, Amin, Dr.-Ing., Universität Karlsruhe, Institut für Kolbenmaschinen, Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe	Optimierung der Kraftstoffstrahlausbreitung für Pflanzenöl, insbesondere natürliches Rapsöl, bei der Verwendung moderner Diesel-Einspritzsysteme	01.10.2005 – 30.06.2006
BWK25005	Pfafferott, Jens, Dr.-Ing., Fraunhofer Gesellschaft, Institut für Solare Energiesysteme, Heidenhofstr. 2, 79110 Freiburg	Nutzermodelle für die thermische Gebäudesimulation	01.10.2005 – 31.12.2007
BWK25006	Müller-Steinhagen, H., Prof. Dr.-Ing., Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik, Pfaffenwaldring 6, 70550 Stuttgart	MonoSorp – Integrales Konzept zur solarthermischen Gebäudeheizung mit Sorptionswärmespeicher	01.10.2005 – 31.03.2007
BWK25007	Fahl, Ulrich, Dr., Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Heißbrühlstr. 49a, 70565 Stuttgart	Wärmeatlas Baden-Württemberg – Erstellung eines Leitfadens und Umsetzung für Modellregionen	01.10.2005 – 30.06.2007
BWK25008	Thomas, Bernd, Prof. Dr.-Ing., Hochschule Reutlingen, Institut IFA, Alteburgstr. 150, 72762 Reutlingen	Gekoppelte Produktion von Kraft und Wärme aus Bio-, Klär- und Deponiegas in kleinen, dezentralen Stirling-Motor-Blockheizkraftwerken, Teil A	01.10.2005 – 31.03.2008
BWK25009	Oechsner, Hans, Dr., Universität Hohenheim, Landesanstalt für Landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen – 740, Garbenstr. 9, 70593 Stuttgart	Gekoppelte Produktion von Kraft und Wärme aus Bio-, Klär- und Deponiegas in kleinen, dezentralen Stirling-Motor-Blockheizkraftwerken, Teil B	01.10.2005 – 31.03.2008
BWK25010	Böhnisch, Helmut, Dipl.-Ing., Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung B.-W. (ZSW), Industriestr. 6, 70565 Stuttgart	Gekoppelte Produktion von Kraft und Wärme aus Bio-, Klär- und Deponiegas in kleinen, dezentralen Stirling-Motor-Blockheizkraftwerken, Teil C	01.10.2005 – 31.03.2008
FÖRDERBEREICH R – RESSOURCENSCHUTZ			
BWR24026	Metzger, Jörg, Prof. Dr., Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft, Bandtäle 2, 70569 Stuttgart	Untersuchungen von Komposten und Gärsubstraten auf organische Schadstoffe in Baden-Württemberg	01.10.2005 – 30.09.2006
BWR25001	Braun, Jürgen, Dr., Universität Stuttgart, Institut für Wasserbau, Pfaffenwaldring 61, 70550 Stuttgart	Machbarkeitsstudie zum Einsatz von Eisenkolloiden zur Sanierung von CKW-Kontaminationen (Fahnensanierung), Teil 1	01.10.2005 – 30.09.2006
BWR25002	Köster, Rainer, Prof. Dr., Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Technische Chemie, Postfach 3640, 76021 Karlsruhe	Machbarkeitsstudie zum Einsatz von Eisenkolloiden zur Sanierung von CKW-Kontaminationen (Fahnensanierung), Teil 2	01.10.2005 – 30.09.2006
BWR25003	Jirka, G. H., Prof., Universität Karlsruhe, Institut für Hydromechanik, Kaiserstr.12, 76131 Karlsruhe	Synoptische Messung von Druck- und Geschwindigkeitsfeldern zur Analyse der Interstitialbelastung	01.10.2005 – 31.08.2006
BWR25004	Braun, Jürgen, Dr., Universität Stuttgart, Institut für Wasserbau, Pfaffenwaldring 61, 70550 Stuttgart	Entwicklung eines Immobilisierungsverfahrens für Schwermetalle unter Nutzung des geogenen Sulfatgehalts im Grundwasser	01.10.2005 – 30.09.2006
BWR25005	Braun, Jürgen, Dr., Universität Stuttgart, Institut für Wasserbau, Pfaffenwaldring 61, 70550 Stuttgart	Machbarkeitsstudie zum Einsatz von chemischer Oxidation zur Sanierung von CKW-Kontaminationen (Quellensanierung)	01.10.2005 – 30.09.2006
BWR25006	Nestmann, Franz, Prof. Dr.-Ing., Universität Karlsruhe, Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG), Kaiserstr. 12, 76128 Karlsruhe	Hydraulik naturnaher Fließgewässer (Teil 2)	01.10.2005 – 31.07.2006

FÖRD.-KZ	PROJEKTLEITER/INSTITUTION	THEMA	FÖRDERDAUER
FÖRDERBEREICH W – UMWELT UND WOHNEN			
BWW24009	Buchardi, Frank, Dipl.-Geol., EnviroSustain ES GmbH, Umweltingenieure, Paradiesstr. 18-20, 73230 Kirchheim/Teck	Untersuchung von volkswirtschaftlichen Folgewirkungen nach Durchführung einer Brachflächenvitalisierung im Stadtbereich – Teil A	01.02.2006 – 30.09.2007
BWW25004	Quack, Dietlinde, Dr., Öko-Institut e. V., Geschäftsstelle Freiburg, Merzhauser Straße 173, 79100 Freiburg	Analyse des Geschäftsmodells „Public Private Partnership“ bez. einer nachhaltigen Entwicklung. Anwendung auf Sanierung und Betrieb öffentlicher Bauten	01.10.2005 – 31.03.2007
BWW25006	Bizer, Kilian, Prof. Dr., Universität Göttingen, Institut für Forstpolitik und Naturschutz, Buesgenweg 5, 37077 Göttingen	Untersuchung von volkswirtschaftlichen Folgewirkungen nach Durchführung einer Brachflächenvitalisierung im Stadtbereich – Teil B	01.02.2006 – 31.07.2007
FÖRDERBEREICH L – KOOPERATIONEN MIT DER LUBW			
L7525001	Ley, Hans-Willy, Dr., Vogelwarte Radolfzell, Schloss Möggingen, 76315 Radolfzell	Eignung von „Vogelschutz-Glas“ für transparente Lärmschutzwände	01.04.2005 – 31.03.2007
L7525002	Sures, Bernd, Dr., Universität Karlsruhe, Zoologisches Institut I, Kaiserstr. 12, 76128 Karlsruhe	Amphibienschutzmaßnahmen an Straßen für den Laubfrosch (<i>Hyla arborea</i>)	01.04.2005 – 30.09.2006
L7525003	Suchant, Rudi, Dr., Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA), Abt. Landespflege, Wonnhalde 4, 79100 Freiburg	Wildökologische Begleituntersuchung zur Wirksamkeit des Pilotprojektes „Elektronische Wildwechselwarnanlage Aglasterhausen“	01.06.2005 – 31.12.2007
L7525004	Jacob, Daniela, Dr., Max-Planck-Institut für Meteorologie, Bundesstr. 53, 20146 Hamburg	Untersuchung zur skalenabhängigen Modellierung konvektiver Wolken in Baden-Württemberg	01.01.2006 – 30.09.2006
L7525005	Urban, Manfred, Prof. Dr., Forschungszentrum Karlsruhe, Hauptabteilung Sicherheit, Postfach 3640, 76021 Karlsruhe	Radonerhebungsmessungen in Wasserwerken in Baden-Württemberg	01.11.2005 – 31.05.2006
L7525006	Thomanetz, Erwin, Prof. Dr.-Ing., Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft, Bandtäle 2, 70569 Stuttgart	Aufbereitung von gemeinsam erfasstem Bioabfall und Altpapier zu Ersatzbrennstoff für Zementwerke – Großversuch	01.11.2005 – 30.04.2006
L7525007	Reinecke, Hans-Jürgen, Dr., Universität Tübingen, Isotopenlabor, Auf der Morgenstelle 24, 72076 Tübingen	Erstellung von Online-Kursen zur Aktualisierung der Fachkunde nach der Fachkunderichtlinie Technik gemäß Strahlenschutzverordnung und Fachkunderichtlinie Technik gemäß Röntgenverordnung (Modellversuch)	01.12.2005 – 01.02.2007
FÖRDERBEREICH Z – ZUKUNFTSOFFENSIVE BADEN-WÜRTTEMBERG			
ZO3K25001	Vogel, Bernhard, Dr., Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Postfach 3640, 76021 Karlsruhe	Klimawirksamkeit von Rußpartikeln in Baden-Württemberg	01.04.2005 – 31.05.2008

Die ausführlichen Berichte sind im Internet zu finden:
www.bwplus.fzk.de/inhalt_berichte_bwplusreihe.html
www.bwplus.fzk.de/index_projekte_datenbank.html
www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de/fofaweb/index.html

PERSONEN- UND INSTITUTIONEN-REGISTER ZU DEN PRÄSENTIERTEN PROJEKTEN

<p>Leitung: Prof. Dr. rer. nat. Dr.-Ing. András Bárdossy</p> <p>Projekt: Erzeugung simultan-synthetischer Niederschlagsreihen hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung für Baden-Württemberg</p> <p>Laufzeit: 07/2004 bis 06/2007</p> <p>Institution: Universität Stuttgart, Institut für Wasserbau, Lehrstuhl für Hydrologie und Geo-hydrologie</p> <p>Adresse: Pfaffenwaldring 61, 70550 Stuttgart</p> <p>Telefon: 0711/685-64679</p> <p>Internet: www.iws.uni-stuttgart.de</p> <p>E-Mail: bardossy@iws.uni-stuttgart.de</p>	<p>gen durch die atmosphärische Deposition von persistenten organischen Verbindungen (POP)</p> <p>Laufzeit: 10/2002 bis 09/2005</p> <p>Institution: Universität Tübingen, Zentrum für Angewandte Geowissenschaften</p> <p>Adresse: Sigwartstraße 10, 72076 Tübingen</p> <p>Telefon: 07071/29-75429</p> <p>Internet: www.uni-tuebingen.de</p> <p>E-Mail: grathwohl@uni-tuebingen.de</p>	<p>Internet: www.iwg.uni-karlsruhe.de</p> <p>E-Mail: lhringer@iwg.uka.de</p>
<p>Leitung: Dipl.-Ing. Helmut Böhnisch</p> <p>Projekt: Nahwärmeversorgung und Erneuerbare Energien im Gebäudebestand – Anschub von Pilotprojekten in Baden-Württemberg, Hemmnisanalyse und Untersuchung der Einsatzbereiche</p> <p>Laufzeit: 09/2003 bis 02/2006</p> <p>Institution: Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW)</p> <p>Adresse: Industriestraße 6, 70565 Stuttgart</p> <p>Telefon: 0711/7870-211</p> <p>Internet: www.iws.uni-stuttgart.de</p> <p>E-Mail: helmut.boehnisch@zsw-bw.de</p>	<p>Leitung: Dr. Hans Güde</p> <p>Projekt: Untersuchungen zur Novellierung der EU-Badegewässer-Richtlinie und deren Auswirkungen auf den Badebetrieb am Bodensee, Teil 1</p> <p>Laufzeit: 01/2004 bis 10/2005</p> <p>Institution: LUBW, Institut für Seenforschung</p> <p>Adresse: Argenweg 50/1, 88085 Langenargen</p> <p>Telefon: 07543/304-166</p> <p>Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de</p> <p>E-Mail: hans.guede@lubw.bwl.de</p>	<p>Leitung: Prof. Gerhard H. Jirka</p> <p>Kontakt: Martin Detert</p> <p>Projekt: Synoptische Messung von Druck- und Geschwindigkeitsfeldern zur Analyse der Interstitialbelastung</p> <p>Laufzeit: 10/2005 bis 08/2006</p> <p>Institution: Universität Karlsruhe, Institut für Hydro-mechanik</p> <p>Adresse: Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe</p> <p>Telefon: 0721/608-3948</p> <p>Internet: www.ifh.uni-karlsruhe.de</p> <p>E-Mail: detert@ifh.uka.de</p>
<p>Leitung: Dr. Jürgen Braun</p> <p>Kontakt: Dr. Norbert Klass</p> <p>Projekt: Machbarkeitsstudie zum Einsatz von Eisenkolloiden zur Sanierung von CKW-Kontaminationen (Fahnensanierung), Teil 1 (Hydraulische Kontrolle)</p> <p>Laufzeit: 10/2005 bis 09/2006</p> <p>Institution: Universität Stuttgart, Institut für Wasserbau</p> <p>Adresse: Pfaffenwaldring 61, 70550 Stuttgart</p> <p>Telefon: 0711/685-67045</p> <p>Internet: www.vegas.uni-stuttgart.de</p> <p>E-Mail: norbert.klass@iws.uni-stuttgart.de</p>	<p>Leitung: Prof. Dr. med. Thomas Hartung</p> <p>Kontakt: Dr. Sonja von Aulock</p> <p>Projekt: Charakterisierung luftgetragener Toxine und Entwicklung von Standard-/Referenzmaterialien zum Aufbau eines auf humanem Vollblut basierenden IPT-Bioindikators zur Erfassung luftgetragener Kontaminationen</p> <p>Laufzeit: 09/2003 bis 08/2006</p> <p>Institution: Universität Konstanz, Lehrstuhl für Biochemische Pharmakologie</p> <p>Adresse: Universitätsstraße 10, 78457 Konstanz</p> <p>Telefon: 07531/88-2121</p> <p>Internet: www.uni-konstanz.de</p> <p>E-Mail: Sonja.v-Aulock@uni-konstanz.de</p>	<p>Leitung: Prof. Dr. Rainer Köster</p> <p>Projekt: Machbarkeitsstudie zum Einsatz von Eisenkolloiden zur Sanierung von CKW-Kontaminationen (Fahnensanierung), Teil 2 (Kolloidchemische Einflüsse)</p> <p>Laufzeit: 10/2005 bis 09/2006</p> <p>Institution: Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Technische Chemie</p> <p>Adresse: Postfach 3640, 76021 Karlsruhe</p> <p>Telefon: 07247/82-2302</p> <p>Internet: www.fzk.de</p> <p>E-Mail: koester.chemie@itc-wgt.fzk.de</p>
<p>Leitung: Dr. Bastian Breustedt</p> <p>Projekt: Entwicklung biokinetischer Modelle zur Beschreibung der Wirkung von DTPA im Hinblick auf die Diagnostik und Therapie bei Inkorporationen von Plutonium und anderen Transuranen</p> <p>Laufzeit: 01/2005 bis 12/2007</p> <p>Institution: Forschungszentrum Karlsruhe, Hauptabteilung Sicherheit</p> <p>Adresse: Postfach 3640, 76021 Karlsruhe</p> <p>Telefon: 07247/82-4756</p> <p>Internet: www.fzk.de</p> <p>E-Mail: bastian.breustedt@hs.fzk.de</p>	<p>Leitung: Prof. Dr. Jürgen Hellbrück</p> <p>Projekt: Lärm in der schulischen Umwelt und kognitive Leistungen bei Grundschulkindern – Teilprojekt B: Kognitionspsychologische Untersuchungen</p> <p>Laufzeit: 10/2003 bis 08/2006</p> <p>Institution: Kath. Universität Eichstätt-Ingolstadt, IZG</p> <p>Adresse: Ostenstraße 26 – 28, 85072 Eichstätt</p> <p>Telefon: 08421/93-1410</p> <p>Internet: www.ku-eichstaett.de</p> <p>E-Mail: juergen.hellbrueck@ku-eichstaett.de</p> <p>Partner: Dr. Maria Klatte</p> <p>Universität Oldenburg, Institut für Psychologie</p> <p>26111 Oldenburg</p> <p>Telefon: 0441/798-5591</p> <p>maria.klatte@uni-oldenburg.de</p> <p>www.uni-oldenburg.de</p>	<p>Leitung: Dr.-Ing. Jörg Krampe</p> <p>Kontakt: Juliane Gasse</p> <p>Projekt: Untersuchungen zur Novellierung der EU-Badegewässer-Richtlinie und deren Auswirkungen auf den Badebetrieb am Bodensee, Teil 2</p> <p>Laufzeit: 01/2004 bis 10/2005</p> <p>Institution: Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft</p> <p>Adresse: Bandtäle 2, 70569 Stuttgart</p> <p>Telefon: 0711/685-65420</p> <p>Internet: www.iswa.uni-stuttgart.de</p> <p>E-Mail: juliane.gasse@iswa.uni-stuttgart.de</p>
<p>Leitung: Prof. Dr.-Ing. Hansjörg Brombach, Dr.-Ing. Gebhard Weiß</p> <p>Projekt: Technische Filtration von Oberflächenabflüssen aus Siedlungsgebieten</p> <p>Laufzeit: 04/2005 bis 12/2006</p> <p>Institution: UFT – Umwelt- und Fluid-Technik Dr. H. Brombach GmbH</p> <p>Adresse: Steinstraße 7, 97980 Bad Mergentheim</p> <p>Telefon: 07931/9710-0</p> <p>Internet: www.uft-brombach.de</p> <p>E-Mail: uft@uft-brombach.de</p>	<p>Leitung: Prof. Dr. Heinz Hötzl</p> <p>Projekt: Entwicklung einer optimierten Tracertechnik unter Verwendung von fluoreszierenden Mikrokügelchen zur Bewertung der hygienischen Grundwassergefährdung</p> <p>Laufzeit: 03/2004 bis 02/2007</p> <p>Institution: Universität Karlsruhe, Geologisches Institut</p> <p>Adresse: Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe</p> <p>Telefon: 0721/608-3096</p> <p>Internet: www.agk.uni-karlsruhe.de</p> <p>E-Mail: heinz.hoetzel@agk.uni-karlsruhe.de</p>	<p>Leitung: Dr. Raimund Krumm</p> <p>Kontakt: Wolf-Dieter Heinbach</p> <p>Projekt: Beschäftigungseffekte des Umweltschutzes in Baden-Württemberg</p> <p>Laufzeit: 04/2005 bis 06/2006</p> <p>Institution: Institut für Angewandte Wirtschaftsforschung (IAW)</p> <p>Adresse: Ob dem Himmelreich 1, 72074 Tübingen</p> <p>Telefon: 07071/9896-0</p> <p>Internet: www.iaw.edu</p> <p>E-Mail: raimund.krumm@iaw.edu</p>
<p>Leitung: Dipl.-Ing. Markus Duscha</p> <p>Kontakt: Elke Dünnhoff</p> <p>Projekt: Effiziente Beratungsbausteine zur Minderung des Stromverbrauchs in privaten Haushalten</p> <p>Laufzeit: 04/2005 bis 06/2007</p> <p>Institution: ifeu Heidelberg</p> <p>Adresse: Wilckenstraße 3, 69120 Heidelberg</p> <p>Telefon: 06221/4767-0</p> <p>Internet: www.ifeu.de</p> <p>E-Mail: elke.duennhoff@ifeu.de</p>	<p>Leitung: Dr.-Ing. Jürgen Ihringer</p> <p>Projekt: Entwicklung eines Verfahrens zur Hochwasserfrühwarnung in kleinen und mittleren Einzugsgebieten auf der Grundlage von verteilten Online-Bodenfeuchtemessungen</p> <p>Laufzeit: 07/2002 bis 01/2003, 01/2004 bis 12/2005</p> <p>Institution: Universität Karlsruhe, Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG), Bereich Wasserwirtschaft und Kulturtechnik</p> <p>Adresse: Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe</p> <p>Telefon: 0721/608-3907</p>	<p>Leitung: Dr. Sven Kureti</p> <p>Projekt: Entwicklung von Katalysatoren zur effizienten NOx-Minderung bei tiefen Temperaturen im Abgas von Pkw-Dieselmotoren</p> <p>Laufzeit: 01/2004 bis 09/2006</p> <p>Institution: Universität Karlsruhe, Institut für Technische Chemie und Polymerchemie</p> <p>Adresse: Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe</p> <p>Telefon: 0721/608-8090</p> <p>Internet: www.ict.uni-karlsruhe.de</p> <p>E-Mail: Kureti@ict.uni-karlsruhe.de</p>
<p>Leitung: Prof. Dr. Peter Grathwohl</p> <p>Projekt: Erfassung schädlicher Bodenveränderun-</p>	<p>Leitung: Dr.-Ing. Jürgen Ihringer</p> <p>Projekt: Entwicklung des Instrumentariums zur Förderung der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien</p> <p>Laufzeit: 04/2005 bis 03/2007</p> <p>Institution: Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung</p> <p>Adresse: Industriestraße 6, 70565 Stuttgart</p> <p>Telefon: 0711/7870-226</p> <p>Internet: www.zsw-bw.de</p> <p>E-Mail: ole.langniss@zsw-bw.de</p>	<p>Leitung: Dr. Ole Langniss</p> <p>Projekt: Fortentwicklung des Instrumentariums zur Förderung der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien</p> <p>Laufzeit: 04/2005 bis 03/2007</p> <p>Institution: Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung</p> <p>Adresse: Industriestraße 6, 70565 Stuttgart</p> <p>Telefon: 0711/7870-226</p> <p>Internet: www.zsw-bw.de</p> <p>E-Mail: ole.langniss@zsw-bw.de</p>
	<p>Leitung: Dr.-Ing. Philip Leistner</p> <p>Projekt: Lärm in der schulischen Umwelt und kog-</p>	

- nitive Leistungen bei Grundschulkindern – Teilprojekt A: Umwelt- und bauakustische Untersuchungen
 Laufzeit: 10/2003 bis 08/2006
 Institution: Fraunhofer 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: Dipl.-Ing. Jörg **Maier**
 Projekt: Systematische Untersuchungen zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlammaschen unter besonderer Berücksichtigung von Feuerungsparametern
 Laufzeit: 10/2004 bis 09/2006
 Institution: Universität Stuttgart, Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen
 Adresse: Pfaffenwaldring 23, 70569 Stuttgart
 Telefon: 0711/685-63396
 Internet: www.ivd.uni-stuttgart.de
 E-Mail: joerg.maier@ims.uni-stuttgart.de
- Leitung: Dr. Michael **Marten**
 Projekt: Neue Testorganismen für die Immissionsüberwachung von Fließgewässern mit kontinuierlichen Biotestverfahren – Untersuchungen zur Sensitivität von *Daphnia magna*, *Eudiaptomus vulgaris* und *Gammarus roeselii* auf Insektizide; Dissertation Christine Werth
 Laufzeit: 07/2002 bis 02/2006
 Institution: LUBW
 Adresse: Griesbachstraße 1-3, 76185 Karlsruhe
 Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de
 E-Mail: Michael.marten@lubw.bwl.de
- Leitung: Prof. Dr. Jörg **Metzger**
 Kontakt: Dipl.-Chem. Silke **Rupp**
 Projekt: Untersuchungen von Komposten und Gärsubstraten auf organische Schadstoffe in Baden-Württemberg
 Laufzeit: 10/2005 bis 09/2006
 Institution: Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau, Abt. Hydrochemie
 Adresse: Bandtäle 2, 70569 Stuttgart
 Telefon: 0711/685-63721
 Internet: www.iswa.uni-stuttgart.de
 E-Mail: Joerg.Metzger@iswa.uni-stuttgart.de
- Leitung: Prof. Dr.-Ing. Hans **Müller-Steinhagen**
 Kontakt: Dr. Henner **Kerskes**
 Projekt: MonoSorp – Integrales Konzept zur solarthermischen Gebäudeheizung mit Sorptionswärmespeicher
 Laufzeit: 10/2005 bis 03/2007
 Institution: Universität Stuttgart, Institut 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
- 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, 60323 Frankfurt/M.
 Telefon: 069/798-24850
 Internet: www.bio.uni-frankfurt.de
 E-Mail: oetken@bio.uni-frankfurt.de
- Leitung: Dr.-Ing. Jens **Pfafferott**
 Projekt: Nutzermodelle für die thermische Gebäudesimulation
 Laufzeit: 02/2005 bis 12/2007
 Institution: FHG, Institut für Solare Energiesysteme
 Adresse: Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg
 Telefon: 0761/4588-5129
 Internet: www.ise.fraunhofer.de
 E-Mail: Jenspt@ise.fhg.de
- Leitung: Prof. Dr.-Ing. Karlheinz **Schaber**
 Kontakt: Dipl.-Ing. Dominik **Nagel**
 Projekt: Charakterisierung und Abscheidung von Ölnebeln
 Laufzeit: 08/2003 bis 09/2005
 Institution: Universität Karlsruhe, Institut für Technische Thermodynamik und Kältetechnik
 Adresse: Engler-Bunte-Ring 21, 76131 Karlsruhe
 Telefon: 0721/608-2322
 Internet: www.ttk.uni-karlsruhe.de
 E-Mail: schaber@ttk.uni-karlsruhe.de
- Leitung: Prof. Dipl.-Ing. Günther **Schöfl**
 Projekt: Pilotstudie zur nachhaltigen Entwicklung von Nachkriegssiedlungen (1945-65) unter besonderer Berücksichtigung von Flächenökonomie und kommunalem Flächenmanagement
 Laufzeit: 08/2004 bis 07/2005
 Institution: Forschungsgruppe Stadt + Umwelt
 Adresse: Blumenstraße 6, 71638 Ludwigsburg
 Telefon: 07141/920052
 Internet: www.stadt-umwelt.de
 E-Mail: guenther.schoefl@stadt-umwelt.de
- Leitung: Prof. Dr. Günter **Speit**
 Projekt: Optimierung des Comet Assay für den Einsatz im Biomonitoring
 Laufzeit: 12/2001 bis 09/2004
 Institution: Universitätsklinikum Ulm, Abt. Humangenetik
 Adresse: Albert-Einstein-Allee 11, 89070 Ulm
 Telefon: 0731/500-23429
 Telefax: 0731/500-23438
 Internet: www.uniklinik-ulm.de
 E-Mail: guenter.speit@medizin.uni-ulm.de
- Leitung: Prof. Dr.-Ing. Ulrich **Spicher**
 Kontakt: Dipl.-Ing. Uwe **Wagner**, Dipl.-Ing. Sascha **Merkel**
 Projekt: Untersuchungen zur Entwicklung einer rußfreien Verbrennung bei Dieselmotoren mit Direkteinspritzung
 Laufzeit: 01/2004 bis 12/2005
 Institution: Universität Karlsruhe, Institut für Kolbenmaschinen
 Adresse: Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe
 Telefon: 0721/608-2431
 Internet: www.ifkm.mach.uni-karlsruhe.de
 E-Mail: uwe.wagner@ifkm.uni-karlsruhe.de, sascha.merkel@ifkm.uni-karlsruhe.de
- Leitung: Dr. Hans-Bernd **Stich**
 Projekt: Zooplankton communities in a large pre-alpine lake, Lake Constance: comparison between the Upper and the Lower Lake (J. Limnol., 64(2): 129-138, 2005)
 Laufzeit: 03/2005 bis 11/2005
 Projekt: Konkurrenz zwischen zwei Neozoen: Mögliche Mechanismen für die Verdrängung des Kamberkrebses (*Orconectes limosus*) durch den Kalikokrebs (*O. immanis*), Diplomarbeit Christoph Chucholl
 Laufzeit: 02/2006 bis 07/2006
 Projekt: Bestimmung von Microcystinen in limnischen Sedimenten: Entwicklung einer chromatographischen Methode. Diplomarbeit Christoph Schmidtkunz
 Laufzeit: 04/2005 bis 9/2005
 Institution: LUBW, Institut für Seenforschung
 Adresse: Argenweg 50/1, 88085 Langenargen
 Telefon: 07543/304-169
 Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de
 E-Mail: hb.stich@lubw.bwl.de
- Leitung: Dr. Siegfried **Strack**
 Projekt: Molekular-toxikologische Untersuchungen (poly)bromierter Flammschutzmittel
 Laufzeit: 08/2004 bis 12/2007
 Institution: Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Toxikologie und Genetik
 Adresse: Postfach 3640, 76021 Karlsruhe
 Telefon: 07247/82-2708
 Internet: www.fzk.de
 E-Mail: siegfried.strack@itg.fzk.de
- Leitung: Dr. Rudi **Suchant**
 Projekt: Landschaftsökologische Analyse von Wild-Unfällen in Baden-Württemberg
 Laufzeit: 04/2004 bis 03/2007
 Institution: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA), Abt. Landespflagen
 Adresse: Wonnhalde 4, 79100 Freiburg
 Telefon: 0761/4018-209
 Internet: www.fva-bw.de
 E-Mail: rudi.suchant@forst.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
 Laufzeit: 01/2005 bis 12/2007
 Institution: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Hauptabteilung Sicherheit (HS)
 Adresse: Postfach 3640, 76021 Karlsruhe
 Telefon: 07247/82-4756
 Internet: www.fzk.de
 E-Mail: bastian.breustedt@hs-fzk.de
- Leitung: Dr. Bernhard **Vogel**
 Projekt: Klimawirksamkeit von Rußpartikeln in Baden-Württemberg
 Laufzeit: 04/2005 bis 01/2008
 Institution: Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Meteorologie und Klimaforschung
 Adresse: Postfach 3640, 76021 Karlsruhe
 Telefon: 07247/82-4233
 Internet: www.fzk.imk.uni-karlsruhe.de
 E-Mail: bernhard.vogel@imk.fzk.de
- Leitung: PD Dr. Rainer **Walz**
 Projekt: Handelbare Flächenausweisungskontingente zur Begrenzung des Flächenverbrauchs
 Laufzeit: 09/2003 bis 05/2005
 Institution: Fraunhofer ISI Karlsruhe
 Adresse: Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe
 Telefon: 0721/6809-236
 Internet: www.isi.fraunhofer.de
 E-Mail: rainer.walz@isi.fhg.de
- Leitung: Prof. Dr. Thomas **Welsch**
 Projekt: Bestimmung von Microcystinen in limnischen Sedimenten: Entwicklung einer chromatographischen Methode. Diplomarbeit Christoph Schmidtkunz
 Laufzeit: 04/2005 bis 9/2005
 Institution: Universität Ulm, Abteilung Analytische Chemie und Umweltchemie
 Adresse: Albert-Einstein-Allee 11, 89081 Ulm
 Telefon: 0731/50-22754
 Internet: www.uni-ulm.de
 E-Mail: thomas.welsch@uni-ulm.de
- Leitung: Prof. Dr. Lutz **Wicke**
 Projekt: Nachhaltiger Klimaschutz: Die weltweiten ökonomischen Auswirkungen eines Globalen Klimazertifikatensystems (GCCS)
 Laufzeit: 03/2005 bis 11/2006
 Institution: Europäische Wirtschaftshochschule Berlin, ESCP-EAP
 Adresse: Heubnerweg 6, 14059 Berlin
 Telefon: 030/320070
 Internet: www.escp-eap.de
 E-Mail: prof.wicke@gmx.de
- Leitung: Ulrich **Wurster**
 Projekt: Untersuchung von Ultrafeinstaubpartikeln an verschiedenen Arbeitsplätzen; Diplomarbeit Florence Bacle
 Laufzeit: 03/2005 bis 08/2005
 Projekt: Ultrafeinstäube – Teilchenkonzentrationen in Arbeitsräumen in Abhängigkeit von Umgebungsbedingungen; Studienarbeit Sabine Gabriel
 Laufzeit: 11/2005 bis 01/2006
 Institution: LUBW
 Adresse: Griesbachstraße 1-3, 76185 Karlsruhe
 Telefon: 0721/5600-2319
 Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de
 E-Mail: ulrich.wurster@lubw.bwl.de

