

BADEN-
WÜRTTEMBERG

**Umweltforschung in
Baden-Württemberg**

**Beiträge für eine
sichere Zukunft**

Umweltforschung Journal 2002

- ▶ Aktuelle Forschungsergebnisse
- ▶ Forschung und Praxis
- ▶ Projektförderungen 2000 und 2001
- ▶ Kontakte



LANDESANSTALT FÜR
UMWELTSCHUTZ
BADEN-WÜRTTEMBERG



MINISTERIUM
FÜR UMWELT
UND VERKEHR

Impressum

Umweltforschung Journal 2002

| | |
|--|--|
| Herausgeber | Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Referat 21 - Konzeptentwicklung, Forschungstransfer 76157 Karlsruhe www.lfu.baden-wuerttemberg.de |
| Redaktion und Gestaltung | Dr. Michael Emmrich, Christiane Fritzenkötter, Tobias Lindner, Dr. Klaus Schrode, Dr. Rosemarie Umlauf-Zimmermann |
| Druck | Engelhardt & Bauer Druck- und Verlagsgesellschaft mbH, 76131 Karlsruhe |
| gedruckt auf | Recyclingpapier aus 100 % Altpapier, 80 g, Umschlagkarton aus 100 % Altpapier, 200 g |
| Auflage | 3 000 |
| Nachdruck (auch auszugsweise) | Nur mit Zustimmung des Herausgebers unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet. |
| Bezug über | Verlagsauslieferung der LfU bei der JVA Mannheim, Herzogenriedstr. 111, 68169 Mannheim Telefax (0621) 39 82 22 |

Karlsruhe, September 2002

Inhalt

| | Seite |
|---|-------|
| Impressum | 2 |
| Vorwort | 4 |
| Umweltforschung Baden-Württemberg | 5 |
| Das Baden-Württemberg-Programm BWPLUS | 6 |
| Aktuelle Forschungsergebnisse | |
| <i>Umweltechnik und Umweltinnovation</i> | |
| Richtiger Einspritzdruck macht Motoren sauber | 7 |
| Schadstoffanalyse vor Ort spart Geld | 9 |
| Effizientes Trocknen schützt die Umwelt | 11 |
| Nachwachsendes Schmieröl hilft Energie einsparen | 13 |
| Nachhaltigkeit greifbar machen | 15 |
| Undichten Stellen in Deponien auf der Spur | 17 |
| Richtig feucht filtern ist wichtig | 19 |
| <i>Gesundheit</i> | |
| Metalle aus Autokatalysatoren in der Nahrungskette | 20 |
| Versuche mit Minischweinen und Ratten | 22 |
| Ungetrübter Sommerspaß für Kinderlungen | 24 |
| Stillempfehlung bleibt bestehen | 26 |
| Schwermetalle schwächen die Selbstheilungskraft | 28 |
| Wie Kupfer auf die Leber schlägt | 30 |
| <i>Naturschutz</i> | |
| Der Moorkiefer im Schwarzwald droht ein Rückgang | 32 |
| Forschung und Praxis | |
| Innovationswirkungen des EG-Umwelt-Auditsystems im Land | 34 |
| Ein neues Maß gegen den Flächenfraß: die „effektive Maschenweite“ | 35 |
| Schilfbestände erholen sich nur langsam | 36 |
| Zehn Jahre Umweltpreis für Unternehmen | 37 |
| Projektförderungen 2000 und 2001 | 38 |
| Kontakte | 43 |

Vorwort

Vorwort von Margareta Barth, Präsidentin der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg



Liebe Leserinnen, liebe Leser,

das *Umweltforschung Journal 2002* gibt einen Überblick über herausragende laufende und abgeschlossene Projekte der Umweltforschung Baden-Württemberg. Es soll an der Nutzung wissenschaftlicher Erkenntnisse Interesse wecken und für deren Transfer in die praktische Arbeit von Verwaltungen, Kommunen, Unternehmen und Verbänden werben.

Die Umweltforschung in Baden-Württemberg ist seit Mitte der 70er Jahre ein etabliertes Instrumentarium, um aus den unterschiedlichsten Fachdisziplinen Antworten auf aktuelle umweltpolitische Fragen zu erhalten. In den vergangenen Jahren wurden zahlreiche Projekte mit den Schwerpunkten Luftreinhaltung, Umwelttechnologien, Waldschäden, Gewässer- und Bodenschutz, Altlasten, Abfall, Natur und Landschaft, Ökotoxikologie, umweltorientiertes Wirtschaften sowie Umwelt und Gesundheit gefördert und ihre Ergebnisse in die Praxis umgesetzt.

Forciert durch aktuelle Fragen aus der Praxis und neue Herausforderungen, Zielsetzungen und Handlungsschwerpunkte im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung im Umgang mit Ressourcen hat im Januar 2002 das Ministerium für Umwelt und Verkehr die neuen Förderschwerpunkte „Klima- und Ressourcenschonung“, „Umwelt und Wohnen“ und „Umwelttechnik und Umweltinnovation“ festgelegt. Der ständige Dialog zwischen Politikern, Wissenschaftlern und Praktikern erhöht das innovative Potenzial und die Effektivität der angewandten Forschung

und trägt dazu bei, Lebensgrundlagen zu schützen und unsere Zukunft zu sichern.

Die Landesanstalt für Umweltschutz und das Ministerium für Umwelt und Verkehr unterstützen den Forschungstransfer, vermitteln und setzen Ergebnisse um. Dies beginnt nicht erst mit dem Abschluss eines Forschungsprojekts - bereits vor der Förderentscheidung wird Anwendungsorientierung angestrebt.

Die Projektträgerschaft liegt beim Forschungszentrum Karlsruhe. Es bietet eine umfangreiche Forschungsdatenbank im Internet, in der über 1800 Projekte verzeichnet sind, die zu einer etwa gleich großen Zahl von Veröffentlichungen geführt haben. Die Datenbank und Informationen über Fördermöglichkeiten und Verfahren erhalten Sie im Internet unter den Adressen

www.bplus.fzk.de

www.umweltforschung.baden-wuerttemberg.de

Für weitere Fragen stehen Ihnen die am Schluss der Broschüre genannten Personen gerne zur Verfügung. Ihre Anregungen können zur weiteren Praxisnähe der Umweltforschung Baden-Württemberg beitragen.

Margareta Barth
Präsidentin der Landesanstalt für Umweltschutz
Baden-Württemberg

Umweltforschung Baden-Württemberg

Neue Herausforderungen verlangen neue Schwerpunkte

Dem Leitbild einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung im Umweltplan Baden-Württemberg folgend, soll die Umweltforschung zunehmend Beiträge zu einem integriertem Umweltschutz leisten, der wirtschaftliche und soziale Aspekte einbezieht.

In den vergangenen 30 Jahren sind durch staatliches Handeln, Industrie und Gewerbe beim Abbau von Umweltbelastungen beträchtliche Erfolge erzielt worden. Beachtliches geleistet wurde insbesondere in der Luftreinhaltung, beim Gütezustand der Fließgewässer und in der Abfallwirtschaft. Aber sowohl in diesen Bereichen als auch in neu hinzugekommenen gibt es noch zahlreiche ungelöste Aufgaben:

So hat sich beispielsweise einerseits zwar die Luftqualität bezüglich Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid deutlich verbessert. Andererseits sind jedoch andere Luftschadstoffe, vor allem leichtflüchtige organische Verbindungen und zunehmende Feinstaubemissionen, aber auch gefährliche Stoffe in Gewässern, weiterhin zu bewältigende Aufgaben. Hinzu kommen ungelöste Probleme bei der Lärmbelastung und bei der Flächeninanspruchnahme. Der Schutz des Klimas und der weltweit ansteigende Verbrauch von nicht erneuerbaren Ressourcen gehören zu den größten Herausforderungen in den kommenden Jahrzehnten.

Die von der Landesregierung seit rund drei Jahrzehnten geförderte Umweltforschung hat sich zunächst insbesondere mit dem Erkennen und der Analyse von Umweltproblemen befasst. Orientiert an den Schwerpunkten der Umweltpolitik, hat die Umweltforschung damit im Rahmen ihrer Möglichkeiten zu den im Umweltschutz erzielten Erfolgen beigetragen.

Bereits seit einigen Jahren strebt das Land Baden-Württemberg an, die in Grundlinien an einzelnen Umweltmedien und wissenschaftlichen Disziplinen ausgerichtete Forschungsarbeit zu einer medienübergreifenden, interdisziplinären und im Verbund organisierten Forschung weiterzuentwickeln.

Dem Leitbild einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung im Umweltplan Baden-Württemberg folgend, soll die Umweltforschung zunehmend Beiträge zum vorsorgenden Umweltschutz leisten. Das bedeutet: weniger Beiträge zum reparierenden und mehr Beiträge zu integriertem Umweltschutz. Dieser hat zum Ziel, unter Einschluss der zu beachtenden wirtschaftlichen und sozialen Aspekte Umweltbelastungen zu vermeiden und Ressourcen und Energie noch effizienter zu nutzen.

Das Ministerium für Umwelt und Verkehr fördert verstärkt Projekte, die praxis- und nutzerorientierte Problemlösungen entwickeln. Kooperationen und der Austausch zwischen Wissenschaft und Nutzern sowie anderen Beteiligten sollen dazu in der Umweltforschung weiter Schule machen, um die Ergebnisse aus den Projekten künftig noch wirksamer als bisher für die Anwendung umsetzen zu können.

Aber auch andere Formen des Ergebnistransfers (Veranstaltungen, Leitfäden usw.), zu denen die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Forschungsnehmer berät, gilt es zu intensivieren.

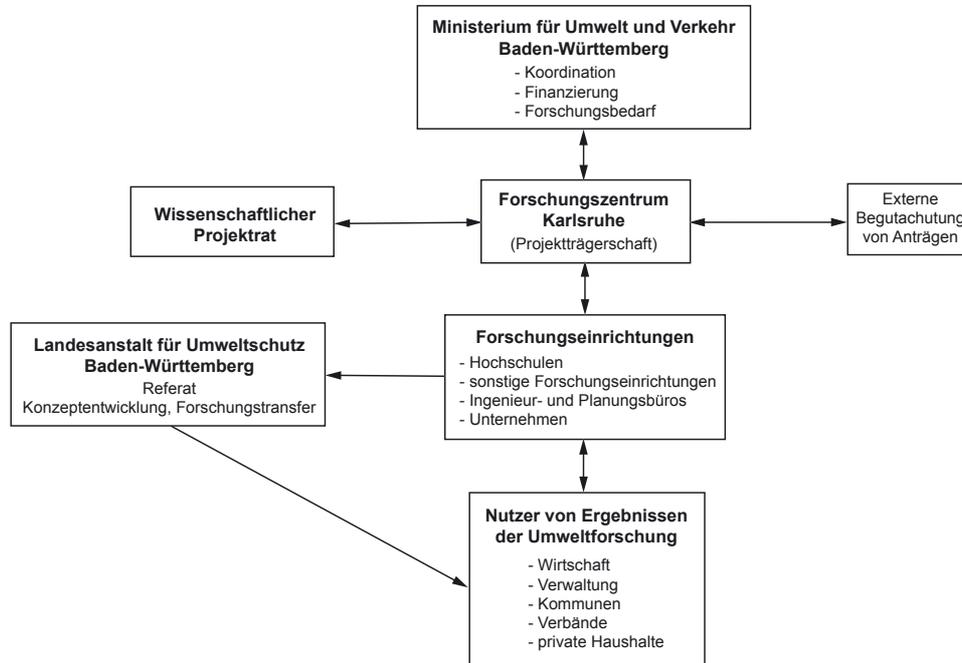
Potenzielle Projektnehmer sind aufgefordert, folgende Aspekte bereits in ihren Anträgen darzustellen:

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

Die genannten Aspekte werden neben der fachlich-wissenschaftlichen Qualität von Projekten der Förderentscheidung stärker als bisher zugrundegelegt.

*Dr. Günther Turian
Ministerium für Umwelt und Verkehr
des Landes Baden-Württemberg*

Das Baden-Württemberg-Programm Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung (BWPLUS)



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

Gefördert werden anwendungsorientierte Projekte, für die im Land Baden-Württemberg eine besondere Relevanz besteht. Wesentliches Element für aufzugreifende Projekte sind ein disziplin- und medienübergreifender Ansatz sowie die Orientierung an der Umsetzbarkeit der wissenschaftlichen Arbeiten in Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Gesellschaft im Interesse ökologischer Innovationen.

Die Förderschwerpunkte werden in regelmäßigen Abständen von etwa zwei bis drei Jahren unter der Mitwirkung von wissenschaftlichen Beraterkreisen überarbeitet und neu ausgerichtet.

Mit Wirkung vom 1.1.2002 traten drei neu formulierte Themenbereiche in Kraft:

Themenbereich 1 „Klima- und Ressourcenschutz“

Themenbereich 2 „Umwelt und Wohnen“

Themenbereich 3 „Umwelttechnik und Umweltinnovation“

Zu diesen Themenbereichen können jeweils zum Ende des ersten bzw. dritten Quartals Anträge an den Projekträger für BWPLUS beim Forschungszentrum Karlsruhe gestellt werden. Detaillierte Fragestellungen und die bei der Antragstellung einzuhaltenden Formalien sind in der Webseite www.bwplus.fzk.de dargestellt.

Die Anträge werden von externen Fachgutachtern bewertet und dann von einem für jeweils circa drei Jahre berufenen wissenschaftlichen Projektrat mit einer entsprechenden Förderempfehlung versehen. Die Projektbegleitung in fachlicher und administrativer Hinsicht erfolgt durch den BWPLUS-Projekträger im Forschungszentrum Karlsruhe und bezüglich des Forschungstransfers durch die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg.

Dr. Frank Horsch
Forschungszentrum Karlsruhe

Aktuelle Forschungsergebnisse

Umwelttechnik und Umweltinnovation

Richtiger Einspritzdruck macht Motoren sauber

Rußarme Verbrennung nach strahlgeführtem Verfahren

Die Autoindustrie setzt zunehmend auf Motoren mit Benzin-Direkteinspritzung. Dabei entsteht Ruß - und zugleich ein Umweltproblem. Dass schadstoffarme Ottomotoren machbar sind, zeigt eine Studie der Arbeitsgruppe Heiko Kubach, Klaus Mayer und Ulrich Spicher vom Institut für Kolbenmaschinen der Universität Karlsruhe. In ihrem Forschungsbericht stellen die Autoren eine Reihe von Versuchen und Messungen vor, die diese These untermauern, und machen zahlreiche Vorschläge, wie eine rußarme Verbrennung zu erzielen ist.

Analyse

Automobilhersteller bieten in jüngster Zeit verstärkt Ottomotoren mit Direkteinspritzung serienmäßig an. Einerseits bieten diese ein enormes Potenzial, Kraftstoff und damit zugleich Schadstoffe in nennenswertem Umfang einzusparen. Andererseits hat sich bisher kein entsprechendes Konzept im Markt durchsetzen können.

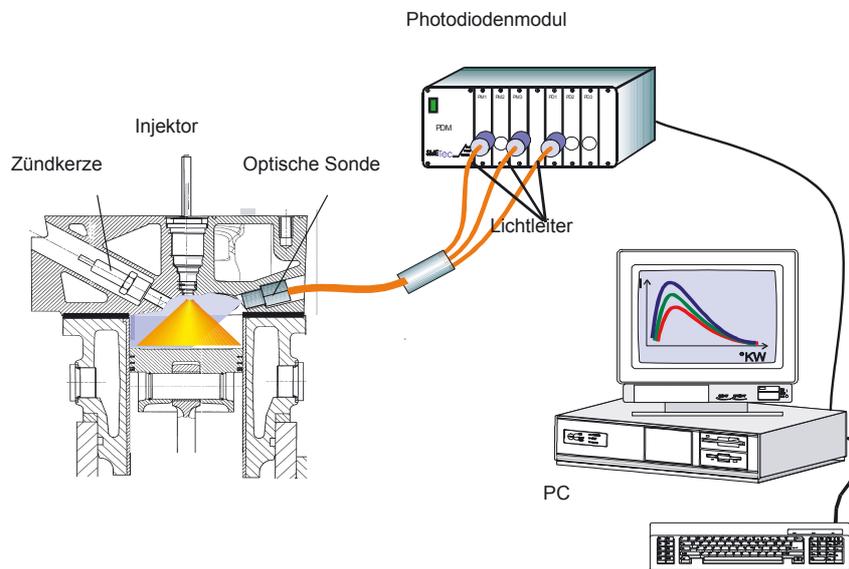
Obwohl auf diesem Gebiet intensiv geforscht wird, ist es bisher nicht gelungen, in allen Betriebspunkten die Bildung eines zündfähigen Gemisches und damit eine sichere Verbrennung zu gewährleisten. Dazu kommt ein gravierendes Problem der

Direkteinspritzer, das bisher vor allem nur bei Dieselmotoren bekannt war: die erhebliche Rußbildung, die sowohl die Gesundheit von Menschen gefährdet als auch die Umwelt belastet.

Bei der Gesundheitsgefährdung für Menschen durch den Rußausstoß ist zu beachten, dass die Rußbeschaffenheit ein wesentlicher Faktor für Art und Schwere der Gefährdung darstellt, werden den Rußpartikeln doch krebsfördernde und das Erbgut verändernde Wirkungen zugeschrieben. Die Gefährdungen gehen nicht in erster Linie von den Rußpartikeln selbst, sondern von angelagerten Kohlenwasserstoffen, Kraftstoff- und Schmierölarosolen und Sulfaten aus.

Bei herkömmlichen Ottomotoren mit Saugrohreinspritzung fehlen die Bedingungen im Brennraum für die Rußbildung - dies ist bei Direkteinspritzern anders. Durch die vermehrte Anzahl an Kraftfahrzeugen mit diesen Motoren erhält die Problematik der Rußbildung eine neue Dimension, auf die der Gesetzgeber durch die Senkung der einzuhaltenden Grenzwerte reagiert hat.

Beim Direkteinspritzer hängt es entscheidend vom gewählten Brennverfahren und von der Betriebsstrategie ab, ob und zu welcher Rußentstehung es kommt. Hierfür sind zwei Hauptursachen verantwortlich: zum einen die stark unterschiedliche Zusammensetzung des Gemischs und zum anderen der vorhandene unverdampfte Kraftstoff, der mit der Flamme in eine Wech-



selwirkung eintreten kann. Die Bildung der Rußteilchen selbst ist ein äußerst komplexer kinetischer Vorgang, der bis heute noch nicht ganz verstanden ist.

Der Forschungsbedarf ist auf diesem Sektor noch enorm. Er betrifft auch und vor allem die Frage, ob und wie bereits vorhandene Motorkonzepte auf den Benzin-Direkteinspritzer übertragbar sind. Dieser Aufwand ist gerechtfertigt, da hinter der Idee der Benzin-Direkteinspritzung ein im Vergleich zu vorhandenen Konzepten umweltverträglicheres (weil kraftstoffsparendes) Antriebssystem steht.

Resultate

- Für die Wissenschaft ist es wichtig zu wissen, wo die Grenzen für die Rußbildung liegen, und, welche Parameter einen Einfluss auf die Rußbildung ausüben. Denn im Hinblick auf die Kraftstoffzusammensetzung gibt es bei der Rußbildung Unterschiede sowohl zwischen Diesel- und Otto-Kraftstoff als auch zwischen den unterschiedlichen Zusammensetzungen der Kraftstoffe. So neigt bleifreies Superbenzin eher dazu, kleine runde Partikel und nur wenige vereinzelte, aber sehr große Agglomerate zu bilden. Auch die mittleren Durchmesser der gebildeten Rußpartikel sind ebenso vom jeweiligen Kraftstofftyp abhängig.
- Auch zeigt die Bildung von Ruß eine deutliche Abhängigkeit von der Cetan-Zahl des Kraftstoffs und vom Anteil aromatischer Komponenten (wie Benzol) im Dieselmotorkraftstoff: Mit zunehmender Cetan-Zahl ist eine verstärkte Rußbildung zu beobachten, während der Einfluss der aromatischen Komponenten mit zunehmender Cetan-Zahl geringer wird.
- Mit der so genannten erweiterten *Zwei-Farben-Methode (Drei-Farben-Pyrometrie)* kann die Rußentstehung gemessen und nachgewiesen werden. Dieses Verfahren haben so erstmals Wissenschaftler der Universität Karlsruhe entwickelt und am Ottomotor mit Benzin-Direkteinspritzung eingesetzt. Es ist ein pyrometrisches Messverfahren, bei dem die

von den Rußteilchen abgegebene Strahlung einer leuchtenden Flamme bei mindestens zwei verschiedenen Wellenlängen gemessen und zur Berechnung der Flammentemperatur und Rußkonzentration in der Flamme herangezogen wird. Bei der Kraftstoffverbrennung des Dieselmotors entsteht ein charakteristisches gelbes Rußleuchten. Dies ist in Maßen auch bei direkteinspritzenden Ottomotoren der Fall. Mit der Zwei-Farben-Methode gelang es, exakte und neue Daten über die Rußbildung zu ermitteln. Mit einem neuartigen Visualisierungssystem auf der Basis UV-empfindlicher Photomultiplier, genannt SIS, konnten sie den Ablauf der Verbrennung im Ottomotor sichtbar machen. Verbrennungstemperatur und Rußkonzentration wurden ebenfalls genau analysiert.

- Die Untersuchungen haben zu Tage gefördert, dass es entscheidend auf die Wahl der Einspritzparameter ankommt. Das heißt: Insbesondere der Einspritzdruck entscheidet, ob eine schadstoffarme Verbrennung beim Benzin-Direkteinspritzer möglich ist. Weitere wichtige Bedingungen dafür sind aber den Ergebnissen der Wissenschaftler zufolge die Zylinderinnenströmung und die Positionierung der Zündkerze.

Perspektive

Am Ende der Auswertung der Versuche ist deshalb festzuhalten: Es ist grundsätzlich möglich, den Ottomotor mit Direkteinspritzung schadstoffarm zu betreiben. Mit einer zusätzlichen Abgasnachbehandlung sind deshalb auch zukünftig niedrigere Abgasgrenzwerte einzuhalten. Gleichzeitig würde dieses Motorkonzept im Vergleich zu heutigen Ottomotoren mit Saugrohreinjection mit einem wesentlich niedrigeren Verbrauch arbeiten. Allerdings muss dafür noch eine Einspritztechnik entwickelt werden, die einen viel höheren Druck als bisher zulässt.

Weitere Informationen

Untersuchungen zur Realisierung einer rußarmen Verbrennung bei Benzin-Direkteinspritzung nach dem strahlgeführten Verfahren

Förderkennziffer: PEF 3 98 004

Laufzeit: 01. 10. 1998 - 30. 09. 2000

Prof. Dr. Ulrich Spicher
Universität Karlsruhe, Institut für Kolbenmaschinen
Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe
Telefon: 0721/608-2430, Fax: 0721/606-325
E-Mail: ulrich.spicher@ifkm.uni-karlsruhe.de
Internet: www-ifkm.mach.uni-karlsruhe.de

Schadstoffanalyse vor Ort spart Geld

Kostengünstiges Verfahren zur Untersuchung von belasteten Flächen entwickelt

Eines der gravierendsten umweltpolitischen Probleme ist der weiter steigende Verbrauch von Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke. Um diesem teilweise entgegenzuwirken, können Industrie- oder Gewerbeflächen neu genutzt werden. Häufig sind solche Standorte aber mit Schadstoffen belastet, und eine Begutachtung und Analyse der Grundstücke im Hinblick auf ihre Belastung sind oftmals teuer und enorm aufwändig. Baldur Barczewski, Norbert Klaas und Katrin Batereau von der Universität Stuttgart haben deshalb Verfahren entwickelt und getestet, die eine Schadstoffanalyse vor Ort ermöglichen und zugleich einen vertretbaren finanziellen Aufwand und effizienten Technikeinsatz gewährleisten.

Problematik der Altlastenerkundung

Viele Grundstücke wurden in der Vergangenheit industriell genutzt und sind deshalb zum Teil mit Schadstoffen belastet, was oftmals eine unmittelbare Wiedernutzung unmöglich macht. Im Rahmen der systematischen Altlastenbearbeitung rückte die stufenweise Erkundung in den Vordergrund. Allerdings hat diese Vorgehensweise in der praktischen Umsetzung einen Haken. Denn bisher kamen Erkundungen (und Sanierungsmethoden) zum Einsatz, die einen hohen technischen, finanziellen und zeitlichen Aufwand zur Folge hatten.

In Zeiten chronisch knapper Kassen bei den Kommunen, Ländern und beim Bund und der zunehmenden Zahl altlastenverdächtigter Flächen haben sich die Rahmenbedingungen für die Altlastenerkundung und -sanierung deutlich verändert. Neben das ökologisch Gebotene ist nun verstärkt das ökonomisch Mögliche getreten. Das heißt nichts anderes, als mit einem möglichst niedrigen finanziellen Aufwand das Optimale für Mensch und Umwelt zu erzielen.

Auf diesem Gebiet gibt es in der Zwischenzeit umfangreiches Know-how, was sowohl innovative und kostengünstige Verfahren als auch optimierte Erkundungs- und Anwendungsstrategien betrifft. Jedoch sind diese noch nicht in idealer und heute möglicher Weise zusammengeführt. Mit den vorhandenen bzw. in den vergangenen Jahren neu entwickelten Möglichkeiten, sind Barczewski, Klaas und Batereau überzeugt, müsse es aber möglich sein, mit relativ einfachen und damit kostengünstigen Mitteln bei der Erkundung eine sichere Informationsbasis und darauf aufbauend einen optimalen Sanierungserfolg für belastete Flächen zu erhalten. Dabei streichen die Wissenschaftler die Vorteile

von Vor-Ort-Messungen gegenüber aufwändigen Laborverfahren mit Probenahme, Probentransport und komplexer Laboranalytik heraus. Dies ist auch schon in vielen Untersuchungen nachgewiesen und dokumentiert worden. Die Einsatzgebiete der Vor-Ort-Messungen lagen dabei in den Bereichen *Arbeitsschutz*, *Sicherheitsüberprüfungen* (zum Beispiel bei Sprengstoff), *Störfallfrühwarnung*, *Abfallklassifizierung*, *Baugrunduntersuchung*, *Emissionsüberwachung* und *sanierungsbegleitende Untersuchungen*.

Bei der herkömmlichen Vorgehensweise der Altstandorterkundung wird üblicherweise so vorgegangen, dass Bohrungen im Vorfeld geplant, die dabei gewonnenen Proben ins Labor gebracht und dort analysiert werden. Diese Praxis, so die Wissenschaftler, habe allerdings den Nachteil, dass die lange Zeit zwischen der Probenentnahme und dem Vorliegen der Ergebnisse verhindert, „dass auf auffällige Befunde schnell reagiert werden kann“. Dies bedeutet auch, dass für die Analyse, wie sich der Schaden auf dem Grundstück räumlich ausgedehnt hat, oftmals mehrere Bohrungskampagnen notwendig seien. Diese Vorgehensweise sei aber extrem teuer, und es bestehe die Gefahr, dass sich die Proben beim Transport und bei einer eventuellen Probenlagerung verändern.

Gerade auf diesem Feld, sagen die Wissenschaftler, kommt einer der wichtigsten Vorteile der Vor-Ort-Untersuchung zum Tragen: Denn es sei möglich, mit gleichen oder geringeren Kosten die Anzahl der Messungen erheblich zu steigern. Der scheinbare Nachteil der Vor-Ort-Messung, eine geringere Präzision der Einzelmessungen, werde aber infolge der Vielzahl der Ergebnisse durch den Gewinn an statistischer Sicherheit mehr als ausgeglichen. Dabei muss man beachten, dass die auftretenden Streuungen bei den Messergebnissen fast immer durch den sehr heterogenen Aufbau des Untergrundes und die sehr ungleichmäßige Verteilung der Schadstoffe darin bedingt sind. Für die Erkundung des Bodens bei Verdachtsfällen lässt sich daraus Folgendes ableiten: Es ist aus Gründen der guten Aussagekraft von Messdaten wie aus finanziellen Erwägungen besser, mit relativ einfachen, kostengünstigen Verfahren eine Vielzahl von Einzelmessungen als „mit aufwändigen, teuren Laborverfahren wenige, präzise Messungen durchzuführen“.

Resultate

Um eine schnelle qualitative Aussage beim Bohrvorgang zu erhalten und damit vor allem die räumliche Ausdehnung des Scha-

denfalls ermitteln zu können, haben die Forscher Verfahren entwickelt. Sie nehmen dafür kommerziell erhältliche Bohrgeräte und kombinieren und modifizieren sie mit geeigneten Sensoren.

- Bei Sensoren, die gasförmige und leichtflüchtige Stoffe messen können, liegen unter anderem folgende Funktionsprinzipien zu Grunde: Resonanzfrequenzsensoren für sich an Oberflächen anlagernde (sorptive) Stoffe, Wärmeleitfähigkeitssensoren für die Zusammensetzung der Bodenluft, Wärmetönungssensoren für brennbare Luftinhaltsstoffe, Halbleiter-Gassensoren für Methan und chlorierte Kohlenwasserstoffe.
- Für Schadstoffe in flüssiger Form sind dies beispielsweise faseroptische Sensoren für aromatische Kohlenwasserstoffe, Diesel und Heizöl.
- Dabei wurde auf eine robuste und einfache Technik Wert gelegt. Es wurden verschiedene Ansätze erarbeitet, um Erkundungsmaßnahmen auf kontaminierten Geländen so zu verbessern, dass man mit einfachen Techniken schnell und

vor Ort die Schadstoffverteilung und das Ausmaß der Bodenbelastung ermitteln kann.

- Diese Ansätze umschließen zum Beispiel die sensorische Erfassung von gasförmigen Substanzen (Bodenluftuntersuchungen) und die Analyse von Schadstoffen in Lösungen und Verbindungen. Auch kann der Schadstoffgehalt im Untergrund mit so genannten Tracern bestimmt werden.

Perspektive

Weitere Anpassungen der Systeme an die Praxisbedingungen sind noch nötig, damit die entwickelten Systeme auch eine Marktchance haben und im praktischen Einsatz dauerhaft einsetzbar sind.

Weitere Informationen

Boden- und Flächenressourcen-Management in Ballungsräumen: Innovative Erkundungsmethoden von Schadstoffbelastungen (Vor-Ort-Analytik: Werkzeuge zur Minimierung von Probenahmen und Analytikaufwand)

Förderkennziffer: BWC 99 006

Laufzeit: 01. 07. 1999 - 31. 12. 2002

Dr. Baldur Barczewski
Universität Stuttgart, Institut für Wasserbau
Pfaffenwaldring 61
70569 Stuttgart
Telefon: 0711/685-7018, Fax: 0711/685-4631
E-Mail: baldur.barczewski@iws.uni-stuttgart.de
Internet: www.iws.uni-stuttgart.de

Effizientes Trocknen schützt die Umwelt

Angepasste Verfahren machen Wasserlacke rentabel

Obwohl Wasserlacke viel umweltverträglicher sind, werden in vielen Betrieben immer noch Lösungsmittellacke eingesetzt. Die Wasserlacktechnik hat zwar ihre „eigenen Gesetze“ - ist aber möglich. Dies zeigt eindeutig die Analyse des Forscherteams Dieter Ondratschek, Matthias Schneider und Harald Vogelsang vom Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF) der Universität Stuttgart. Die Wissenschaftler haben dargelegt, dass sich in bestimmten Bereichen der Einsatz wasserlöslicher Lacke sowohl für die Unternehmen als auch für die Umwelt lohnt. Mit konkreten Vorschlägen werben sie für die Umsetzung dieser umweltverträglicheren Alternative.

Analyse

Vor allem viele kleine und mittlere Betriebe - so beispielsweise Schreinereien - verwenden umweltbelastende Lösungsmittellacke, weil umweltschonende Verfahren in einigen Teilbereichen noch mit Schwierigkeiten verbunden sind.

Ein wesentliches Kriterium, das aus Sicht der Unternehmen für Lösungsmittellacke spricht, ist in erster Linie die Zuverlässigkeit, mit der sich in angemessenen Zeiten gute und berechenbare Trocknungsergebnisse erzielen lassen. Weil die Fertigungssicherheit bei Wasserlacken bisher noch zu wünschen übrig lässt, wagen sich viele Firmen nicht an die neue Technologie. Die Trocknung von wässrigem Lackmaterial ist prinzipiell schwieriger als bei lösemittelhaltigen Lacken: Wasser besitzt im Vergleich eine höhere Verdampfungswärme, außerdem hängt die Trocknungsgeschwindigkeit entscheidend davon ab, wie feucht die Trocknungsluft ist.

Bei der Wasserlacktrocknung gibt es verschiedene Verfahren: die Hitzetrocknung in Umluftöfen, die Trocknung mit elektrischen und gasbeheizten Infrarot-Strahlern sowie die Trocknung mit entfeuchteter Luft. Beim Trocknungsvorgang wird Wasser oder Lösemittel aus den feuchten Materialien durch Verdampfen oder Verdunsten entzogen. Hierbei findet aber nicht nur ein Entzug der Feuchtigkeit statt, sondern auch das bearbeitete Material verändert sich: Lackfilme schrumpfen, oder sie können sogar reißen. Weil aber an ein Produkt bestimmte Qualitätsanforderungen gestellt werden, sind der Trocknungstemperatur häufig Grenzen gesetzt.

Resultate

Hält man sich vor Augen, dass alleine in Baden-Württemberg jährlich 65 000 Tonnen Lösemittel aus Lackierprozessen (VOC) als Schadstoffe ausgestoßen werden, ist das Einsparpotenzial klar, das sich durch den Umstieg auf Wasserlacksysteme eröffnet. Die Forscher der Universität Stuttgart beziffern es auf ungefähr 60 Prozent.

Allerdings müssen die Systeme für die Anwender auch praktikabel und attraktiv sein. Die Wissenschaftler haben mehrere Alternativen untersucht, Vor- und Nachteile abgewogen und schließlich einen Weg aufgezeigt, unter welchen Prozessbedingungen eine kostengünstige und ökologische Alternative besteht.

Dafür wurden in dem Forschungsprojekt verschiedene Wasserlacksysteme analysiert: ein Hydro-Einbrennlacksystem, ein in der Automobillackierung eingesetzter Wasserlack und ein wasserbasiertes Holzlacksystem.

- Nach der Auswertung der Messergebnisse hat sich gezeigt: Die drei Wasserlacksysteme verhalten sich hinsichtlich ihres Trocknungsverhaltens sehr ähnlich. Es stellt sich die Frage, wie der Trocknungsluft am effektivsten die Feuchte entzogen werden kann. Dazu eignen sich vor allem zwei Verfahren: einmal die Kühlung der Luft mit Wasserausscheidung (Kühlung oder Kältetrocknung) und zum anderen das Binden des Wassers durch bestimmte, so genannte Absorptionsstoffe. Bei der ersten Methode, der Kühlung oder Kältetrocknung, wird die Luft so stark gekühlt, dass sich das Wasser aus der Luft ausscheidet. Bei der zweiten Methode, der Entfeuchtung der Luft durch Absorption, wird die Luft mit Stoffen in Berührung gebracht, die den Wasserdampf aus der Luft aufnehmen und an sich binden, zum Beispiel Kieselgel.
- Hinsichtlich der Energiebilanz schneidet in der Praxis das zweite Verfahren häufig günstiger ab, weil bei der thermischen Trocknung Energie sowohl für das Erwärmen der Werkstücke als auch für das Aufheizen der Ofenperipherie benötigt wird. Dort treten oft starke Wärmeverluste auf.
- Die richtige Abstimmung der „Heizcharakteristik“ während der Trocknungs- und Einbrennphase hilft dabei, Lackfehler zu vermeiden. Gerade für Automobilzulieferer stellen Wasserlacksysteme eine Rechnung mit einer großen Unbekannten dar, denn Wasserlacke sind bei der Verarbeitung „besonders anfällig für bestimmte Arten von Lackfilmfeh-

lern“, weisen die Forscher auf eine Schwachstelle hin. Im Gegensatz zu konventionellen lösemittelhaltigen Lacksystemen neigen sie besonders oft zur Ausbildung von Blasen und Kochern. Für die Hersteller ist dies ein großes Problem. Als Beleg ziehen die Stuttgarter Autoren der Studie Reklamationen von Automobilherstellern gegenüber Zulieferbetrieben heran.

Perspektive

In ihren theoretischen und experimentellen Untersuchungen sind die Wissenschaftler zu der Erkenntnis gelangt, dass der Einsatz von Wasserlacksystemen für die unterschiedlichen Anwendungsbereiche sehr differenziert zu bewerten ist. Dies hängt von Faktoren wie Feuchtegehalt, Temperatur und Strömungsgeschwindigkeit der über die zu trocknende Lackschicht strömenden Luft ab. In Kleinbetrieben wie Schreinereien und Kfz-Reparaturwerkstätten ließe sich deshalb ein „einfaches und kostengünstiges Verfahren zur Trocknung von Wasserlacken“ durch den Einsatz von zum Beispiel belüfteten Hordenwagen und Trockenblaspistolen erreichen.

Dagegen erachten die Autoren der Untersuchung den Einsatz von Wasserlacksystemen mit entfeuchteter Luft vor allem für den industriellen Bereich als lohnend, wenn zum Beispiel „bei wärmeempfindlichen Teilen oder bei Werkstücken mit hoher Wärmekapazität eine effiziente und schonende Trocknung bei



Belüfteter Hordenwagen zur Trocknung von wasserlackbeschichteten Flachteilen mittels strömender Luft

relativ niedrigen Temperaturen realisiert werden soll“. Durch die Nutzung der anfallenden Prozesswärme lassen sich die Trocknungsprozesse mit entfeuchteter Luft besonders kostengünstig realisieren.

Letztendlich aber, sind die Wissenschaftler überzeugt, wird sich eine Kombination aus Verfahren mit entfeuchteter Luft, leichter Erwärmung der Trocknungszone und ausreichender Luftbewegung als möglichst effiziente Trocknung der Lackschichten durchsetzen.

Weitere Informationen

Forcierung des Wasserlackeinsatzes durch neue Trocknungsverfahren

Förderkennziffer: BWD 99 004

Laufzeit: 01. 09. 1999 - 28. 08. 2001

Dipl.-Ing. Dieter Ondratschek

Universität Stuttgart, Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb
Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon: 0711/970-1759, Fax: 0711/970-1035

E-Mail: do@ipa.fhg.de

Internet: www.iff.uni-stuttgart.de

Nachwachsendes Schmieröl hilft Energie einsparen

Rohstoff Sonnenblumen schont die endlichen Erdölreserven

Mit dem Anbau nachwachsender Rohstoffe werden die endlichen fossilen Rohstoffe geschont. Werden diese richtig eingesetzt, eröffnet sich ein großes Potenzial zur umweltverträglicheren Landnutzung. Gleichzeitig liegt damit eine Reihe von Innovations- und Beschäftigungsmöglichkeiten offen. Diese können aber nur genutzt werden, wenn der Umgang mit nachwachsenden Rohstoffen Teil einer umfassenden Umweltstrategie ist. Dafür haben Karl Müller-Sämann, Guido Reinhardt, Reinhold Vetter und Sven Gärtner von den Instituten für umweltgerechte Landbewirtschaftung in Müllheim (IfUL) und für Energie- und Umweltforschung in Heidelberg (IFEU) ein Konzept entwickelt.

Analyse

Der Anbau und der Einsatz nachwachsender Rohstoffe und ihr Beitrag zur Schonung endlicher Ressourcen sind bisher vor allem unter Umweltaspekten betrachtet und forciert worden. Deshalb werden nachwachsende Rohstoffe auch vorrangig und zu einem beträchtlichen Teil auf Stilllegungsflächen erzeugt. Dabei handelt es sich um Ackerland, das im Zuge der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik in der Europäischen Union aus der Nahrungs- und Futtermittelproduktion herausgenommen wird, um die Agrarmärkte zu entlasten.

Allerdings geht es mittlerweile nicht mehr nur um die ökologischen Vorzüge nachwachsender Rohstoffe. Denn, so die Bearbeiter des Projektes: „Begünstigt durch tendenziell steigende Kosten bei fossilen Rohstoffen, bei der Abfallbeseitigung und getragen von technischen Innovationen bei Produktion, Gewinnung und Weiterverarbeitung nachwachsender Rohstoffe hat sich in den letzten Jahren ein wachsendes wirtschaftliches Potenzial entwickelt. Damit verlagert sich die Produktion auch zusehends auf Hauptkulturflächen.“

Deshalb sind neben die ökologischen Motive inzwischen auch ökonomische und soziale Motive getreten. Diese lassen in den kommenden Jahren einen weiteren Ausbau der Produktion nachhaltiger Rohstoffe erwarten. Damit eröffnen sich, sind die Wissenschaftler überzeugt, neben dem Ersatz fossiler Rohstoffe durch wettbewerbsfähige, nachwachsende Ressourcen auch neue Möglichkeiten für eine nachhaltige Landnutzung durch mehr Vielfalt bei der Nutzung von Agrarflächen. Dieser Aufwärtstrend beim Einsatz der nachwachsenden Rohstoffe lasse sich jedoch nur nutzen, wenn für bereits eingeführte, aber vor allem auch für neue nachwachsende Rohstoffe umweltgerechte

Produktionslinien und -verfahren etabliert werden können.

Vorrangiges Ziel des Forschungsprojektes ist es deshalb, eine für Baden-Württemberg gut fundierte Entscheidungsbasis zu schaffen, um die Entwicklung bei nachwachsenden Rohstoffen weiter zu fördern. Die Empfehlungen orientieren sich dabei am Prinzip der Nachhaltigkeit, das die ökologischen, ökonomischen und sozialen Wirkungen dieser Produktlebenswege von der Rohstoffgewinnung bis zur Entsorgung berücksichtigt. In diesem Zusammenhang wollen die Forscher auch herausfinden, welche Standorte geeignet, welche Kulturen aussichtsreich und welche stoffliche Verwertung möglich sind. Dies soll schließlich in „Übersichtsökobilanzen“ analysiert und dargestellt werden.

Bei der Identifizierung vielversprechender und interessanter Kulturpflanzen wurde erst einmal eine Liste mit rund 30 Pflanzen zusammengestellt. Bei bereits etablierten Kulturen wie Raps, Mais und Sonnenblume konnte sich die Auswahl weitgehend auf schon vorliegende Statistiken, Verfahren und Versuchsergebnisse stützen. Bei Kulturen wie zum Beispiel Rhabarber, Fasernessel und Rohrkolben wurde auf die Befragung wissenschaftlicher Experten, Internet-Recherchen und auf „graue Literatur“ zurückgegriffen.

Resultate

Zu den Beweggründen für den Anbau nachwachsender Rohstoffe auf landwirtschaftlichen Flächen haben die Wissenschaftler einen Kriterienkatalog aufgestellt. Wesentliche Punkte sind unter anderem:

- Schonung endlicher Ressourcen, Sicherstellung der Ressourcenverfügbarkeit,
- Verminderung der Umweltbelastung bei der Landnutzung,
- aktive Verbesserung der Umweltqualität und der Lebensräume,
- Gestaltung und Pflege von Kulturlandschaften,
- Einkommenssicherung für die Betriebe,
- Stimulation von Innovation und Beschäftigung.

In einer ersten Zwischenbilanz haben die Wissenschaftler einen Vergleich für Schmieröl aus hochölsäurereichen Sonnenblumen mit petrochemisch erzeugten Schmierölen dargestellt. Die gesamten Lebenswege der Rohstoffe und eventueller Vorprodukte sind dabei berücksichtigt, einschließlich zum Beispiel der Herstellung von Düngemitteln, Pflanzenschutz- und Behandlungsmitteln sowie Saatgut und Treibstoffen.

Durch Schmieröl auf Sonnenblumenbasis lassen sich erhebliche Mengen an erschöpflicher Energie einsparen. Zugleich wird der Beitrag zum Treibhauspotenzial verringert. Den größten Anteil hat daran das deutlich weniger anfallende CO₂. Allerdings wird dieser positive Effekt zum Teil dadurch aufgehoben, dass N₂O und Methan emittiert werden. Deren Beitrag, unterstreichen die Forscher, sei aber vergleichsweise gering.

Perspektive

Die Liste der identifizierten Produktlinien ist noch nicht endgültig geschlossen. Für Anregungen und Erweiterungen sind die Autoren offen. Außerdem sollen ergänzend zu den Kenngrößen aktueller Übersichtsökobilanzen auch Indikatoren zu Wirkungen auf Böden und Gewässer und zum Artenschutz erarbeitet und in die Bewertung einbezogen werden.

Das Land Baden-Württemberg befasst sich seit langem mit dem Themenbereich „Nachwachsende Rohstoffe“ und steht an der Spitze der Bundesländer bei der Förderung der Nutzung von Biomasse als regenerativem Energieträger. Beim Institut für umweltgerechte Landwirtschaft in Müllheim (Adresse unten) kann die Broschüre „Mit biogener Energie in die Zukunft“ (2001) kostenlos angefordert werden.

Weitere Informationen

Nachwachsende Rohstoffe in Baden-Württemberg: Identifizierung vorteilhafter Produktlinien zur stofflichen Nutzung unter besonderer Berücksichtigung umweltgerechter Anbauverfahren

Förderkennziffer: BWA 20 002

Laufzeit: 01. 04. 2000 - 31. 03. 2002

Dr. Reinhold Vetter

Institut für umweltgerechte Landwirtschaft

Auf der Breite 7

79379 Müllheim

Telefon: 07631/3684-0, Fax: 07631/3684-30

E-Mail: poststelle@iful.bwl.de

Internet: www.iful.bwl.de und für das IFEU in Heidelberg www.ifeu.de

Nachhaltigkeit greifbar machen

Indikatorensysteme sollen Gesamtschau ermöglichen

Immer mehr Kommunen streben im Rahmen eines Lokalen-Agenda- oder eines Leitbildprozesses eine nachhaltige Entwicklung an. Indikatoren, das heißt quantifizierbare Größen in Form von Zahlenreihen, sind Basis für Trendlinien des ökonomischen, ökologischen und sozialen Umbruchs. Schwierig wird es, wenn man von einer Zusammenstellung von Indikatoren zu einer Zusammenschau kommen will. Hans Diefenbacher, Dorothee Dümig, Volker Teichert und Stefan Wilhelm von der Forschungsstätte der Evangelischen Studiengemeinschaft (FEST) in Heidelberg haben verschiedenartige Bewertungsverfahren für Indikatorensysteme beschrieben, ihre Tauglichkeit geprüft und Methoden für unterschiedliche Anwendungen herausgearbeitet.

Analyse

Das Forschungsprojekt der Heidelberger Wissenschaftler baut auf vorangegangenen Untersuchungen auf. Zuerst ging es darum, ein System ökologischer, ökonomischer und sozialer Indikatoren zu erarbeiten. Dieses wurde am Beispiel von Heidelberg und dem Rhein-Neckar-Kreis getestet, seitdem für andere Kommunen (Bielefeld, Aalen, Viernheim, Kassel) angepasst und zu einem allgemein verwendbaren Vorschlag im Auftrag der Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern, Hessen und Thüringen weiterentwickelt.

Um das Instrument von Indikatorensystemen zur Erfassung lokaler bzw. regionaler Nachhaltigkeit bestmöglich nutzen zu können, ist es nun aber notwendig, zu einer Gesamtbewertung der Nachhaltigkeit zu kommen. Dazu müssen in möglichst vielen Kommunen Indikatorensysteme angewendet und fortgeschrieben werden. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass die praktische Arbeit mit lokalen und regionalen Indikatorensystemen noch in ihren Anfängen steht. In Deutschland gibt es bislang noch keine Kommune, die sich für ein Indikatorensystem entschieden und dieses dann in mehreren aufeinander folgenden Jahren erhoben und veröffentlicht hat. Außerdem arbeiten die wenigen derzeit angewandten Indikatorensysteme in der Regel mit Daten aus relativ kurzen Zeitspannen. Für einen umfassenden Vergleich der praktischen Erfahrungen mit verschiedenen Indikatorensystemen ist es daher im Grunde noch zu früh, wie die Autoren der Studie ausführen.

Resultate

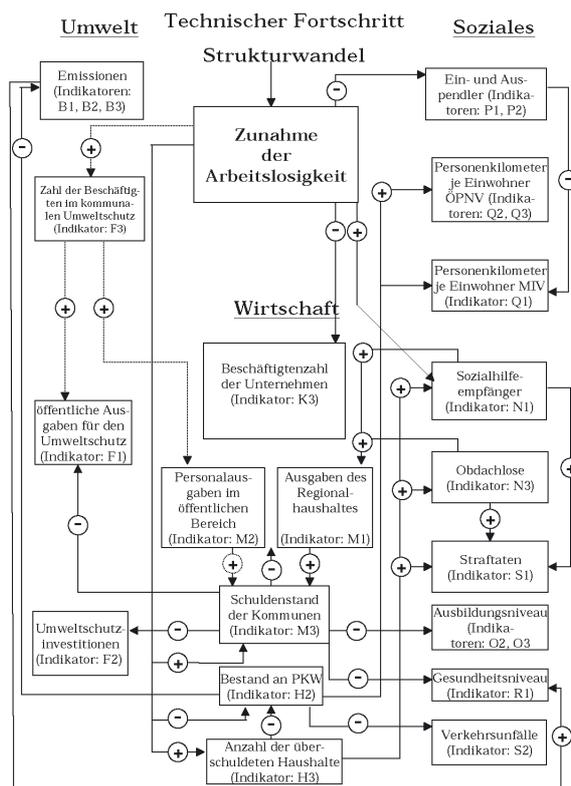
Ein Indikatorensystem ist stets ein Kompromiss zwischen einer nicht mehr zu bewältigenden Datenflut und einer Informationsverdichtung, die aufgrund eines zu hohen Abstraktionsgrades nicht mehr interpretierbar ist. In der praktischen Arbeit mit zusammenfassenden Bewertungen von „Nachhaltigkeit“ durch Indikatorensysteme zeigt sich:

- *Einfache Verfahren*, insbesondere die Ampelmethode, oder andere graphische Methoden der Symbolisierung von Ergebnissen sind offenkundig am ehesten geeignet, öffentliche Aufmerksamkeit für die Arbeit mit Indikatorensystemen zu wecken. Die mediengerechte Aufbereitung der Resultate birgt aber zugleich die Gefahr einer zu starken Vereinfachung und der Konzentration auf Spektakuläres.
- *Komplexe mathematisch-statistische Verfahren* erweisen sich zumindest zum jetzigen Zeitpunkt aufgrund der Datenlage als wenig ergiebig. Wenn sich die Datenlage verbessert hat, kann in Zukunft allenfalls geprüft werden, ob man mit diesen Verfahren die Auswahl von Einzelindikatoren in einem System verbessern kann.
- *Einfache mathematisch-statistische Verfahren* können zur Demonstration und zum Nachweis von Zusammenhängen zwischen Variablen eingesetzt werden. Die kausale Erklärung von Wechselwirkungen lässt sich durch statistische Methoden nicht ersetzen, sondern es müssen die empirischen Ergebnisse immer auch inhaltlich interpretiert werden.
- Als in der Öffentlichkeit weniger spektakulär als einfache graphische Verfahren, aber in der Umsetzung von Ergebnissen für die weitere Arbeit sehr fruchtbar haben sich einige der *diskursiv-partizipativen Methoden* (Runde Tische, Zukunftswerkstätten, Diskussionsforen etc.) der Bewertung von Ergebnissen aus Indikatorensystemen erwiesen.
- Der Aufbau von *Vernetzungsdiagrammen* erscheint als geeignete Methode, um den Nachweis von Wechselwirkungen weiter im Detail auszuarbeiten. Anhand solcher Diagramme können die Wechselwirkungen der Indikatoren in Bezug auf die drei Dimensionen Umwelt, Wirtschaft und Soziales abgebildet werden. Denn eine - wie bisher oft

geschehene - isolierte Interpretation der jeweils einzeln vorliegenden Indikatoren vernachlässigt die Verknüpfungen der ökologischen, sozialen und ökonomischen Dimension des Leitbildes der nachhaltigen Entwicklung. Eine positive Bewertung im Bereich der Wirtschaft kann nämlich durchaus negative Auswirkungen auf die Umwelt haben - und umgekehrt. Dies kann auch heißen, dass bei vorhandenen Zielkonflikten kurzfristige Trends bei einzelnen Indikatoren für eine gewisse Zeit in die ungewünschte Richtung laufen dürfen, um später unter dem Strich einen ökologischen Gesamterfolg erzielen zu können. Die Erstellung der Vernetzungsdiagramme erfordert allerdings ein hohes interdisziplinäres Fachwissen, das in der Regel nur Arbeitsgruppen aus Experten unterschiedlicher Fachrichtungen zur Verfügung stellen können.

Perspektive

Derzeit werden Indikatorensysteme auf der internationalen, nationalen und vor allem der kommunalen Ebene erprobt. In Deutschland sind derzeit wohl über hundert Kommunen mit der Erstellung von Nachhaltigkeitsberichten anhand von Indikatoren beschäftigt. Bei einer Fortschreibung der Berichte in den folgenden Jahren liegen dann mehr Daten und Erfahrungen vor, um Methoden für die Gewinnung von zusammenfassenden Bewertungen zu entwickeln.



Vernetzungsdiagramme stellen Zusammenhänge zwischen einzelnen Indikatoren dar

Weitere Informationen

Regionale Nachhaltigkeit: Zielerreichungsgrad, Bewertungsmethoden und Strategien der Umsetzung: Zu Möglichkeiten und Grenzen wissenschaftlicher Beratung der Kommunalpolitik

Förderkennziffer: BWA 99 006

Laufzeit: 01. 07. 1999 - 31. 03. 2000

PD Dr. Hans Diefenbacher
 Forschungsstätte der Evangelischen Studiengemeinschaft (FEST)
 Schmeilweg 5
 69118 Heidelberg
 Telefon: 06221/9122-34, Fax: 06221/167257
 E-Mail: hans.diefenbacher@fest-heidelberg.de
 Internet: www.fest-heidelberg.de

Undichten Stellen in Deponien auf der Spur

Abschnittsweise Kontrolle mit dem System „Taupe“

Wenn der Müll aus den Augen, sprich auf der Deponie verschwunden ist, heißt dies noch lange nicht, dass von ihm keine Gefahren oder Belastungen mehr für die Umwelt ausgehen. Deshalb müssen Abfallhalden einer intensiven Kontrolle unterzogen werden. Dies stößt allerdings auf technische Probleme, weil gängige Überwachungssysteme bislang nur den Austritt von Wasser mit womöglich gefährlichen Inhaltsstoffen aus der Deponie und dessen Übertritt in die Umgebung aufspüren können. Wünschenswert ist es jedoch, schon in den einzelnen Abdichtungselementen der Deponie einen Überblick über die sich dort im Wasser ansammelnden Substanzen zu bekommen. Alex Brandelik, Christof Hübner und Rainer Schuhmann vom Institut für Meteorologie und Klimaforschung des Forschungszentrums Karlsruhe haben deshalb das auf der Deponie Karlsruhe bewährte Kontrollsystem „Taupe“ weiterentwickelt. Dieses System soll den umweltgefährdenden Wasserdurchfluss der Deponie messen und nicht nur wie bisher die Wassergehalte der einzelnen Abdichtungselemente.

Analyse

Erst seit Anfang der 70er Jahre werden Abfälle in verstärktem Maße getrennt erfasst und je nach ihren Inhaltsstoffen getrennt behandelt. Zuvor war es üblich, den Müll unsortiert zu deponieren oder in Ausnahmefällen zu verbrennen. Parallel dazu wurden vor rund 30 Jahren Standards definiert, um eine möglichst umweltschonende Abfallentsorgung zu gewährleisten.

Damals erachteten es Wissenschaftler und Behörden als ausreichend, die Basisabdichtung der Deponien mit dem Boden zu umlagern und zu verdichten. Heute haben sich die Vorschriften für den sicheren Betrieb einer Abfallhalde derart verändert, dass ein mehrlagiges qualifiziertes Abdichtungssystem zu bauen ist. Dasselbe gilt auch für den oberen Abschluss der Deponie, der außerdem noch gegenüber dem entstehenden Deponiegas undurchlässig und gegenüber den zu erwartenden Setzungen unempfindlich sein muss. Eine Mülldeponie stellt also ein sehr komplexes Bauelement dar, dessen Abdichtungssysteme einer lückenlosen Überwachung bedürfen.

Um überhaupt erst einmal einen Überblick darüber zu gewinnen, in welchem Maße und ob überhaupt die rechtlichen Vorgaben erfüllt werden, haben die Autoren der Studie im Sommer 2000 eine Umfrage bei allen Bundesländern gestartet. Derzeit liegen dazu die Daten von sieben Bundesländern vollständig vor, bei

fünf allerdings nur teilweise. Von den insgesamt rund 400 aktuellen Deponien in Deutschland konnten die Wissenschaftler rund 150 genau erfassen.

Zusammengefasst ergibt die Analyse des Ist-Zustandes in den Worten der Karlsruher Forscher: „Insgesamt sind somit bei 16,5 % der Dichtungen Kunststoffdichtungsbahnen eingesetzt, die Mehrzahl mit 83,5 % ist ausschließlich aus mineralischen Elementen aufgebaut. Mit zirka 40 % erfassten Deponien und Antworten sowohl aus den neuen wie den alten Bundesländern hat die Umfrage doch repräsentativen Charakter gewonnen.“ Für die Forscher zeigen die oben genannten Zahlen, dass die dringende Notwendigkeit besteht, das System „Taupe“ oder ähnlich gelagerte Kontrollverfahren einzusetzen. Derartige Kontrollsysteme sind bisher lediglich in „Testfeldern“ oder aber lokal sehr begrenzt eingebaut worden.

Das „Taupe-Messsystem“ bestimmt den Bodenwassergehalt mit Hilfe der Messung der so genannten Dielektrizitätskonstanten. Das sind die Werte, die die elektrischen Eigenschaften eines Stoffes kennzeichnen. Solch ein System hat sich nach den Angaben von Brandelik, Hübner und Schuhmann bereits im Einsatz beispielsweise auf der Mülldeponie Karlsruhe-West bewährt. Die vorliegenden Erfahrungen aus den durchgeführten Messungen lassen weiteres Potenzial erkennen, unterstreichen die Wissenschaftler.

Für sie sind im Zusammenhang mit „Taupe“ vorrangig drei Fragestellungen zu bearbeiten:

- Klärung der eindeutigen Bestimmbarkeit des flächigen Durchflusses aus ein- oder mehrlagigen Messungen des Wassergehaltes der Dichtung,
- Ertüchtigung der Messsysteme auch für das Aufspüren kleinräumiger Durchflüsse - das heißt: die Ortung von Leckagen auch in den Dichtungssperren von Kunststoffdichtungsbahnen,
- Konstruktion eines robusten, preiswerten und darüber hinaus auch noch feldtauglichen elektrischen Messgerätes anstelle der heute eingesetzten teuren Laborgeräte.

Um die ersten beiden Fragen beantworten zu können, haben die Autoren der Studie ein Lysimeter gebaut, ein Gerät zur Messung des Wasseranfalls. Damit sollte der Beweis erbracht werden, dass der Durchfluss von Wasser einer Deponie zu erfassen ist.

Resultate

- Weil die Bestimmung des Wassergehaltes von Böden in vielen Bereichen (zum Beispiel Optimierung der Bewässerung in der Landwirtschaft, Eichung von Modellen zu Wettervorhersagen in der Meteorologie oder Erklärung von erdstatischen und erddynamischen Verhaltensweisen in der Bodenmechanik) eine grundlegende Bedeutung besitzt, gibt es derzeit eine Vielzahl gebräuchlicher Verfahren.
- Stichwortartig geschildert, handelt es sich bei den Vergleichssystemen um *direkte Verfahren* wie die gravimetrische Methode, das Kalziumkarbid-, das Schwefelsäure- sowie das Verdampfungs- und das Luftpyknometerverfahren. Bei den *indirekten Verfahren* sind es vor allem die Tensiometrie, radiometrische und elektrische Verfahren sowie die Messung der Dielektrizitätszahl.
- Das „Taupe-Verfahren“ als Vertreter der elektromagnetischen Methoden bietet eine ausreichend hohe Genauigkeit. Da die langen Sensoren (Flachbandkabel) des Systems beliebig eng und in mehreren Schichten übereinander verlegbar sind, kann damit sowohl in der Tiefe als auch in der Fläche eine gute Auflösung erreicht werden.
- Die Kenntnis der flächigen Verteilung des Wassergehaltes in tonmineralischen Dichtungen ist zur Erklärung von Schwind- und Schrumpfprozessen notwendig. Die Messkabel sind flexibel und schmiegen sich an die Bodengeometrie an. Mit einer Kabellänge von bis zu 40 Metern ist es möglich, recht große Flächen zu überwachen.
- Taupe ist preiswert und kann auch automatisch betrieben werden. Das feldtaugliche Messgerät ist inzwischen schon gebaut. Auf die teuren Laborgeräte kann man nun verzichten.

Perspektive

Mit einem abgeschlossenen und kontrollierbaren Messkörper (Lysimeter), den die Karlsruher Forscher selbst konstruiert haben, wird über einen Zeitraum von einem Jahr mit bestimmten Materialien der weitere Einsatz der „Taupe-Kabel“ getestet werden.

Weitere Informationen

Dichtungskontrollsystem für Deponien

Förderkennziffer: BWD 20 003

Laufzeit: 01. 04. 2000 - 30. 11. 2002

Dr. Alex Brandelik

Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Meteorologie und Klimaforschung
Postfach 3640

76021 Karlsruhe

Telefon: 07247/82-3913, Fax: 07247/82-4377

Internet: www.aquametry.de

Richtig feucht filtern ist wichtig

Bessere Reinigung - weniger Schadstoffe

Damit ein Biofilter eine optimale Funktion erfüllen kann, muss der Wassergehalt stimmen. Allerdings gibt es derzeit keine praktikable Methode, die in der Lage ist, den Wassergehalt im Filter kontinuierlich und zuverlässig zu überwachen. Deshalb haben Jochen Mäule und Klaus Fischer vom Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft, Arbeitsbereich Siedlungsabfall, der Universität Stuttgart eine neuartige Methode zur Überwachung der Filterfeuchte entwickelt. Sie kann garantieren, dass weniger Schadstoffe aus dem Biofilter austreten.

Analyse

Ein gravierendes Problem beim Einsatz von Biofiltern liegt darin, dass eine zu hohe oder ungleichmäßige Feuchtigkeit im Filterbett oftmals Ursache für eine unbefriedigende Reinigungsleistung und damit einen zu hohen Schadstoffausstoß ist. Für eine optimale Filterleistung ist es daher erforderlich, den Wassergehalt des Biofilters zuverlässig kontrollieren zu können.

Ziel des Forschungsprojektes von Mäule und Fischer ist es, eine neue Methode der elektromagnetischen Wassergehaltbestimmung (System „Taube“ des Forschungszentrums Karlsruhe) an einem Biofilter zu erproben. Emissionsmessungen sollen darüber hinaus aufzeigen, wie sich bei einem Biofilter der Schadstoffausstoß im Zusammenspiel mit der Filterfeuchte verhält. Bei den Emissionen geht es in erster Linie um Keime, Partikel und Schadstoffe.

Die erste Phase des Forschungsprojektes erstreckt sich auf die Auswahl und Fertigung der optimalen elektromagnetischen Konfiguration des Feuchtigkeitssystems „Taube“ und die Justierung der Materialien im Biofilter für die Messung. Nach dem Einbau der Feuchtesensoren in mehreren Schichten der Biofilter soll das System „Taube“ an drei Biofiltermaterialien durch die Simulierung verschiedener Feuchtezustände erprobt werden.

Resultate

- Die bisherigen Untersuchungen zeigen, dass das neue Messsystem geeignet ist, bei den gängigen Filtermaterialien kontinuierlich die Feuchtigkeit zu messen.
- Die Messtechnik wird inzwischen in einer Biofilterversuchsanlage mit drei verschiedenen Filtermaterialien erprobt. Gleichzeitig findet derzeit auch eine Erprobung in der rauen Praxis eines Kompostwerkes statt.

Perspektive

Durch eine kontinuierliche Kontrolle der Filterfeuchte lassen sich Veränderungen sehr früh erkennen, so dass Gegenmaßnahmen getroffen werden können. Die positiven Folgen sind längere störungsfreie Betriebszeiten bei einem hohen Leistungsniveau.

Weitere Informationen

Emissionsminderung von Biofiltern durch eine neuartige Methode zur Überwachung der Filterfeuchte

Förderkennziffer: BWA 20 001

Laufzeit: 01. 04. 2000 - 31. 12. 2002

Dr. Klaus Fischer
Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau,
Wassergüte- und Abfallwirtschaft
Bandtäle 2, 70569 Stuttgart
Telefon: 0711/685-5427, Fax: 0711/685-5460
E-Mail: klaus.fischer@iswa.uni-stuttgart.de
Internet: www.uni-stuttgart.de/siwa

Gesundheit

Metalle aus Autokatalysatoren in der Nahrungskette

Aale und Muscheln nehmen Platin auf

Katalysatoren vermindern den Ausstoß von Schadstoffen um etwa 90 %. Deshalb werden sie von der Automobilindustrie seit Mitte der 80er Jahre immer stärker und inzwischen serienmäßig eingesetzt. Platin (Pt), Palladium (Pd) und Rhodium (Rh), so genannte Platingruppenelemente (PGE), wirken dabei katalytisch, das heißt: Sie beschleunigen die Reaktion im Katalysator, ohne selbst „verbraucht“ zu werden. Dennoch gelangen kleine Mengen dieser Edelmetalle während des Fahrens in die Umwelt. Untersuchungen an Straßensedimenten (Straßenstaub und Straßenkehrgut) und straßennahen Böden zeigen, dass Platin, Palladium und Rhodium in steigendem Maß in die Umwelt eingetragen werden. Da im Prinzip eine toxische Wirkung dieser Metalle möglich ist, ist auch eine ökologische Bewertung notwendig. Seit 1999 untersuchen Bernd Sures und Sonja Zimmermann vom Zoologischen Institut der Universität Karlsruhe im Rahmen von BWPLUS, in wie weit aquatische Organismen, also Tiere, die im Wasser leben, Platingruppenelemente aufnehmen und akkumulieren können.

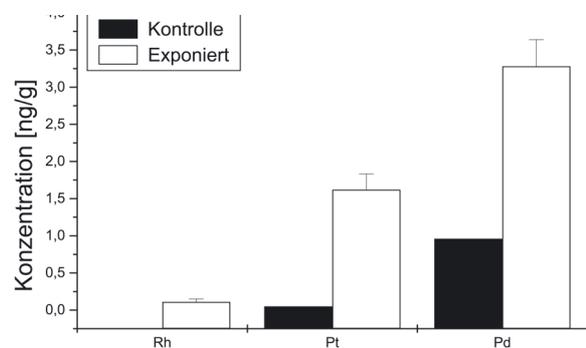
Analyse

Etwa 3 Gramm Platinverbindungen sind in jedem Katalysator enthalten. Während des Fahrbetriebs gelangen 9 bis 124 Nanogramm pro Kilometer (ng/km) in die Umwelt. Sures und Zimmermann zitieren in ihrer Arbeit eine Studie, die zu dem Ergebnis kommt, dass der Autoverkehr allein im Jahr 1996 in Deutschland rund 187 kg Platin emittiert hat. In verkehrsreichen Gebieten ist die Konzentration dabei besonders hoch: In Straßestäuben aus dem Innenstadtbereich von Frankfurt am Main wurde der Spitzenwert von 719 Mikrogramm pro Kilogramm ($\mu\text{g}/\text{kg}$) gemessen, im Straßenkehrgut der Bundesautobahn 5 befanden sich im Kilogramm Staub 477 μg Platin, 85 μg Rhodium und 53 μg Palladium.

So haben Gewächshausexperimente gezeigt, dass die Edelmetalle hohe Transfer-Raten in die Pflanzen hinein besitzen. Die Metalle Platin und Rhodium werden dabei etwa in der gleichen Größenordnung wie Kupfer aufgenommen. Palladium, das neuerdings in Abgaskatalysatoren als aktive Substanz zu fast 90 Prozent verarbeitet wird, liegt dabei sogar im Bereich der moderat

mobilen Elemente wie Zink. Bisherige Untersuchungen haben sich häufig auf Platin konzentriert, weil die Spurenanalytik mittels Massenspektroskopie bei Palladium nicht problemlos ist.

Die Platingruppenelemente gelangen zum einen in *terrestrische Systeme*, aber auch durch Regenwasser von Straßen in *aquatische Systeme*, wo sie sich dann im Sediment ablagern. Die Frage, in wie weit sich diese Elemente im Wasser lösen, ist entscheidend bei der möglichen Aufnahme von Platin, Palladium und Rhodium durch aquatische Organismen. Die Wissenschaftler zitieren Untersuchungen, wonach Wasserproben aus einer Entwässerungsanlage an der Bundesautobahn 5 einen Platingehalt von 15-78 ng/l aufwiesen. Untersuchungen an Straßenabflusswässern einer von täglich rund 16 000 Pkw befahrenen Straße zeigten sogar Platinanteile von 1,1 $\mu\text{g}/\text{l}$. Im Vergleich dazu liegt die normale Platin-Grundbelastung des Regenwassers bei unter 0,2 ng/l.

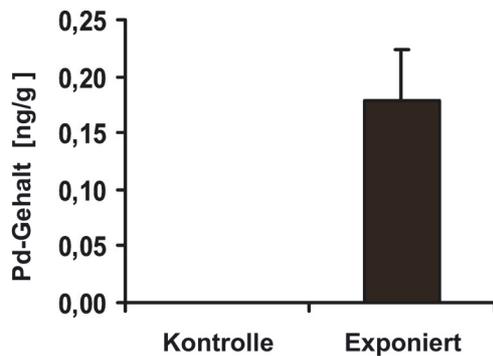


Metallgehalte im Weichgewebe der Dreikantmuschel nach 26-wöchiger Exposition mit Straßenstaub

Als Testorganismen zogen Sures und Zimmermann den Europäischen Aal und die Dreikantmuschel heran. Der Aal kam deshalb in Betracht, weil er eine sehr weit verbreitete anpassungsfähige Fischart ist, die selbst in stark belasteten Gewässern vorkommt und sich somit als Testorganismus für Untersuchungen zur Bioakkumulation mit Schwermetallen besonders eignet. Da sich der Aal tagsüber meist in den Gewässerboden eingrät, kommt er gut in Kontakt mit dem Sediment. Für die Dreikantmuschel spricht, dass sie eine hohe Filtrationsrate aufweist und sich in ihr so Schwermetalle in starker Konzentration anreichern können.

Die Tiere wurden über mehrere Wochen unbelastetem Leitungswasser und Wasser ausgesetzt, dem Straßensedimente der Südtangente (Bundesstraße 10) und des Durlacher Tors in Karlsruhe beigegeben worden waren.

Bevorzugte Organe, in denen sich Schwermetalle anreichern, sind Leber und Niere. Die Wissenschaftler untersuchten zunächst diese bei den Aalen.



Palladiumgehalte in der Aalleber nach vierwöchiger Exposition mit Straßenstaub

Resultate

- Unter den Versuchsbedingungen hat sich Platin in Wasser gelöst und ist in eine wässrige Phase übergegangen. Die Anwesenheit der natürlichen Huminstoffe im Wasser könnte dazu beitragen, dass Platin noch besser als ohnehin gelöst wird. Ein genaueres Bild erhoffen sich die Autoren, wenn ihre Messreihen abgeschlossen sind.
- Obwohl mehrere Versuchsreihen noch laufen, können Sures und Zimmermann schon mit einigen Resultaten - insbesondere zur Bioverfügbarkeit von Palladium - aufwarten. Zum Beispiel: Palladium wird nach nur vierwöchiger Expo-

sition bereits von den Aalen aufgenommen und ist dort in verschiedenen Geweben nachweisbar. Bei den nicht mit den Metallen aus Straßenstaub ausgesetzten Kontrollaaalen findet sich in der Leber dagegen kein Palladium.

- Die Muscheln zeigten nach 26 Wochen in staubhaltigem Wasser hohe Konzentrationen aller drei Edelmetalle. Somit steht zweifelsfrei fest, dass Platin, Palladium und Rhodium bioverfügbar sind.

Perspektive

Es stehen noch einige Versuchsergebnisse aus. So sind neben Leber und Niere die übrigen Aalgewebe bisher nicht untersucht worden. Legt man die Erwartung zu Grunde, dass Palladium in Fischgewebe ähnlich verteilt ist wie andere Schwermetalle, können „Erwartungen für die noch zu analysierenden Fischgewebe angegeben werden“. Für Sures und Zimmermann stehen deshalb im Vordergrund der nächsten Arbeiten: der Abschluss der Versuche, bei denen die Tiere mit den Metallen in Berührung gebracht wurden, die Aufarbeitung der Gewebeproben und die Klärung der Bedeutung der Bioverfügbarkeit von Platin, Palladium und Rhodium durch Vergleichsuntersuchungen mit anderen Schwermetallen wie zum Beispiel Blei.

Weitere Informationen

Bioverfügbarkeit, Bioakkumulation und Toxizität der Platingruppenelemente Pt, Pd und Rh in aquatischen Organismen

Förderkennziffer: BWB 99 013

Laufzeit: 01. 04. 1999 - 31. 05. 2002

Dr. Bernd Sures
 Universität Karlsruhe, Zoologisches Institut I
 Kaiserstraße 12
 76128 Karlsruhe
 Telefon: 0721/608-2701, Fax: 0721/608-7655
 E-Mail: bernd.sures@bio-geo.uni-karlsruhe.de
 Internet: www.rz.uni-karlsruhe.de/~dc20/

Versuche mit Minischweinen und Ratten

Charakterisierung bodengebundener Schadstoffe bei Tieren

Welchen gesundheitsschädlichen Effekt hat die Aufnahme von Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) bei Menschen? Um sich der Klärung dieser Fragestellung zu nähern, hat sich Peter H. Roos von der Ruhr-Universität Bochum erst einmal auf die Suche nach einem Tier gemacht, dessen Organismus sich ähnlich dem des Menschen verhält. Dafür hat er den Einfluss der PAK bei Minischweinen und Ratten verglichen. Ziel des Forschungsprojektes ist es zunächst, ein geeignetes „Tiermodell“ zu finden, und zweitens, die Zuverlässigkeit und Relevanz der Analysemethoden herauszuarbeiten.

Analyse

Zu den primären Effekten einer Schadstoffaufnahme im Organismus eines Säugetieres gehört, dass bestimmte Enzyme, die die Schadstoffe verstoffwechseln, verstärkt auftreten. Diese Enzyme kann man heranziehen, um in verschiedenen Geweben des den Schadstoffen ausgesetzten Körpers Reaktionen nachzuweisen. Denn das Ausmaß dieser so genannten Enzyminduktion spiegelt das Ergebnis verschiedener Prozesse wieder wie: Aufnahme, Transport und Verstoffwechslung der aufgenommenen Schadstoffe. Je nachdem, welcher Organismus untersucht wird, ist aber zu erwarten, dass die Reaktionen unterschiedlich stark ausfallen. Deshalb betont Roos: „Somit stellt sich die Frage nach einem geeigneten Tiermodell, das aus physiologischer und biochemischer Sicht eine bestmögliche Annäherung an das menschliche System darstellt.“

Bei dem Projekt geht es um die Quantifizierung des Enzyms Cytochrom P450 CYP1A1, das die aufgenommenen Schadstoffe verstoffwechselt. Mit Hilfe dieses Enzyms will Roos die Effekte des aufgenommenen Schadstoffes in verschiedenen Geweben bestimmen, deshalb wird das Enzym Cytochrom P450 CYP1A1 auch als „Effekt-Biomarker“ bezeichnet.

Als Schadstoffe hat Roos belastete (kontaminierte) Bodenpartikel genommen. Für die Versuche mit diesen kontaminierten Bodenstoffen werden Minischweine und Ratten mit einander verglichen: „Hierdurch erwarten wir Aufschluss über die Vergleichbarkeit und Unterschiede der beiden Tiermodelle insbesondere im Hinblick auf Risikoabschätzungen für den Menschen“, schreiben die Autoren. Zudem sollen die gewonnenen Biomarker-Daten mit zusätzlichen Parametern wie den Schadstoffgehalten in verschiedenen Geweben nach der Auslösung der Effekte im Körper (Exposition) verglichen werden.

Bei dem ersten Projektabschnitt geht es um Biomarkeranalysen an Ratten und Minischweinen verschiedenen Alters, denen jeweils der gleiche PAK-belastete Boden verabreicht wurde.

Einige spezielle Fragen sollten dabei geklärt werden:

- Welche Altersklasse der Tiere eignet sich besonders für die Versuche?
- Wie ist CYP1A1 auf der Ebene von Eiweißen in verschiedenen Geweben des Minischweins nachweisbar?
- Eignet sich der monoklonale Antikörper für die Ratte, der sich an CYP1A1 ankoppelt und dieses Enzym so nachweist, auch zum Nachweis beim Minischwein?
- Sind CYP1A1-Bestimmungen (so genannte EROD-Aktivität) in Zellen von Zwölffingerdarm und Niere des Minischweins möglich und verlässlich?
- Wie fallen die ersten Vergleiche zwischen Minischweinen und Ratten aus?

Die Versuchstiere setzten sich zusammen aus männlichen Minischweinen verschiedenen Alters, die aus Dänemark bezogen wurden. Insgesamt handelt es sich um jeweils vier Tiere pro Untersuchungsgruppe. Bei den Ratten verwendeten die Wissenschaftler männliche Tiere des Stammes Sprague-Dawley mit einem Körpergewicht von zwischen 200 und 250 Gramm und setzten auch hier vier Tiere den Versuchen aus. Zunächst wurden zwei unterschiedlich mit PAK belastete Böden aus Industriegebieten des Ruhrgebietes genommen.

Für die Minischweine und die Ratten wurde eine identische Boden- und damit Schadstoffdosis eingehalten. Pro Kilogramm Körpergewicht und Tag erhielten die Tiere 0,5 Gramm Boden verabreicht. Bei den Schweinen ging dies über 28, bei den Ratten über 14 Tage. Die Bodenpartikel wurden für Minischweine und Ratten jeweils in eine kleine Futtermenge eingearbeitet und verabreicht, wobei man die Tiere zunächst an ein Mahlzeitschema mit nicht kontaminiertem Futter gewöhnt hat.

Anschließend haben die Forscher verschiedene Gewebe der Tiere isoliert und bei 70 Grad minus konserviert. Einige Beispiele: Es wurde jeweils die gesamte Leber der Ratten aufgearbeitet, während von den Minischweinen jeweils eine entsprechend große Gewebeprobe der Leber von zirka 15 Gramm verwendet wurde. Zur Gewinnung spezieller Zellbestandteile

(Mikrosomen) aus der Niere fand die selbe Methode Anwendung. Bei der Präparation von Mikrosomen aus dem Zwölffingerdarm wurden der gesamte Abschnitt von 15 bis 20 Zentimeter Länge verwendet und der Darm der Länge nach aufgeschnitten.

Resultate

Im *ersten Versuch* erhielten vier *Minischweine* eine hohe PAK-Konzentration und wurden nach vier Wochen auf das Enzym Cytochrom P450 Cyp1A1 als Effektbiomarker untersucht.

- In allen untersuchten Tieren und Organen war das CYP1A1 sowohl über die EROD-Aktivität als auch über die monoklonalen Antikörper nachzuweisen. Somit erscheint das Minischwein nach den ersten Versuchen geeignet, Expositions- und Effektstudien nach dem geplanten Versuchsdesign durchführen zu können.
- Je nach Gewebe wurden in den Minischweinen unterschiedlich hohe Aktivitäten von CYP1A1 gefunden. Insbesondere im Zwölffingerdarm wurde das Enzym stark erhöht.
- Trotz der niedrigen Schadstoff-Dosierung im Vergleich zu bisher durchgeführten Versuchen mit Ratten zeigt sich eine deutliche CYP1A1-Aktivität in der Leber von Minischweinen.
- Die EROD-Aktivität im Zwölffingerdarm liegt beim Minischwein ähnlich hoch wie in der Leber und übersteigt trotz niedriger Schadstoff-Dosierung die bisher gemessenen höchsten Aktivitäten bei der Ratte um das Sechsfache.

- Auch in der Niere lässt sich eine klare EROD-Aktivität nachweisen, die im Vergleich zur Leber allerdings um einiges niedriger liegt.
- Die Nachweismethode mit dem enzymatischen CYP1A1 bestätigt die mit dem monoklonalen CYP1A1-Antikörper erzielten Ergebnisse im Wesentlichen.

Bei *weiteren Versuchen* mit *Ratten* und *Minischweinen* hat Roos viel niedriger kontaminierte Böden eingesetzt, als dies bisher in Experimenten üblich war. Auch unter diesen Bedingungen kommt es zu deutlichen Effekten in verschiedenen Organen beider Tierarten. Allerdings unterscheiden sich die Antworten bei Ratte und Minischwein:

- Beim *Minischwein* wird CYP1A1 bevorzugt im Darm erhöht.
- Bei der *Ratte* wird CYP1A1 bevorzugt in der Leber erhöht.

Perspektive

Die Präparations- und Analysemethoden sind erfolgreich einsetzbar.

Weitere Informationen

Bestimmung des Risikopotentials bodengebundener Schadstoffe für den Menschen im Minischwein-Modell mit Cytochrom P450-Enzymen als Effektbiomarker

Förderkennziffer: BWB 99 004

Laufzeit: 01. 10. 1999 - 30. 09. 2001

PD Dr. Peter H. Roos
 Universität Dortmund, Institut für Arbeitsphysiologie
 Ardeystraße 67
 44139 Dortmund
 Telefon: 0231/1084-353, Fax: 0231/1084-456
 E-Mail: roos@ifado.de und peter.roos@ruhr-uni-bochum.de

Ungetrübter Sommerspaß für Kinderlungen

Kein Langzeitrisiko durch erhöhte Ozongehalte in der Luft

Wenn im Sommer die Ozon-Werte steigen, sorgen sich viele Eltern um die Gesundheit ihrer Kinder - vor allem, wenn diese auch noch Allergiker sind. Oft werden die Kinder dann zum Spielen hereingeholt. Doch die Sorge vor langfristigen gesundheitlichen Beeinträchtigungen und Schäden ist unbegründet. Dies hat eine Studie von PD Dr. Joachim Kühn, Prof. Dr. Johannes Forster und ihren Mitarbeitern (Gurli Bär, Wolf Bohnet, Gabriele Ihorst, Jörg Mattes, Christian Schneider, Hannjörg Schulz und Elke Strauch) unterstrichen. Die Arbeit ist in der Universitäts-Kinderklinik in Freiburg entstanden. Über einen Beobachtungszeitraum von mehreren Jahren haben die Wissenschaftler anhand der Untersuchungen der Lungenfunktion festgestellt, dass bei etwa zehn Prozent der Kinder jeweils parallel zum Anstieg der Ozonwerte typisch akute Ozonbeschwerden auftreten.

Analyse

Hohe Ozonkonzentrationen geben regelmäßig Anlass zu Warnungen der Gesundheitsbehörden. Vor allem Kinder, ältere Menschen und Personen mit angegriffenem Immunstatus gelten als gefährdet. Ob dieses Risiko real vorhanden ist und sich konkret zum Beispiel bei Kindern ausdrückt, wollten die Wissenschaftler beweisen.

Dafür wurden Schulen, Eltern und Kinder angesprochen, an einer Langzeitstudie teilzunehmen. Schließlich kamen 1101 Kinder mit einem Durchschnittsalter von rund acht Jahren zusammen.

Die Studie begann 1996. Die Schüler wurden aus sechs Reinluftgebieten in Baden-Württemberg mit unterschiedlicher Ozon-Immission ausgesucht. Die Orte sollten deshalb in einem Reinluftgebiet liegen, um störende Einwirkungen von Luftschadstoffen wie Feinstaub, Schwefel- und Stickstoffdioxid möglichst gering zu halten. Die Wahl fiel daher auf kleine bis mittelstädtische Bereiche mit niedrigem Verkehrsaufkommen und wenig Industrie. Insgesamt wurden 18 Grundschulen um eine Teilnahme gebeten, 14 waren schließlich dazu bereit. Die sechs Orte, aus denen Grundschulen den Zuschlag erhielten, sind Aalen, Ehingen, Freudenstadt und Umgebung, Tuttlingen, Villingen und Welzheim.

Um solch eine breit angelegte Studie über einen längeren Zeitraum durchführen zu können, muss eine enge Zusammenarbeit mit den Kindern und den Eltern gewährleistet sein; Gesprächs-



Foto: Cinzia Fenoglio

bereitschaft, kleine Aufmerksamkeiten in Form von Geschenken für die Kleinen und ständige Informationen sind eminent wichtig. Deshalb wurden bei einem Elternabend das Prinzip der Studie klar gemacht, Fragen beantwortet, standardisierte Fragebögen an die Eltern verteilt und schriftlich ihr Einverständnis zur Teilnahme der Kinder an der Studie eingeholt. Von Ende Februar 1996 bis Ende Oktober 1999 fanden insgesamt elf Untersuchungsdurchgänge mit den Kindern statt. Jeweils im Frühjahr, Sommer und Herbst (bis auf Frühjahr 1998) wurden Lungenfunktionsuntersuchungen bei jedem Kind vorgenommen, um unter anderem das Lungenvolumen zu erfassen. Zusätzlich fand jeweils im Herbst ein Haut-Test, genauer Haut-Prick-Test, auf eine mögliche allergische Reaktion und gegebenenfalls deren Intensität statt. Parallel zu den Untersuchungen an den Kindern erhielten die Eltern Fragebögen und die Kinder „Beschwerdetagebücher“, in die sie mit Hilfe der Eltern ihr Befinden niederschreiben sollten.

Beim Haut-Prick-Test wurde die allergische Sensibilisierung der Kinder erforscht. „Sieben gereinigte und immunchemisch charakterisierte Inhalations-Allergene wurden dabei auf den Unterarm des Kindes aufgetragen und mit Hilfe einer Prick-Lanzette in die Haut eingebracht“, beschreiben die Wissenschaftler ihr Vorgehen. Getestet wurden so vor allem die Reaktion auf Hund, Katze, Hasel- und Birkenpollen sowie eine Gräserpollenmischung. In Ergänzung dazu überwachten dabei die Wissenschaftler die Größe und das Gewicht der Kinder.

Resultate

- Im Jahr 1996 konnte bei knapp 27 % der Kinder im Haut-Test eine Reaktion auf mindestens ein Allergen nachgewiesen werden; bei 19,7 % der Kinder war eine Sensibilisierung auf Pollen und bei 13,2 % eine Sensibilisierung auf Milbenallergene vorhanden.
- Diese Konstellation ist im Herbst-Winter-Halbjahr genau umgekehrt. Damit ist erklärbar, dass sich in den hier analysierten Studien Baden-Württemberg und Niederösterreich Orte mit niedrigeren und höheren Ozon-Immissionswerten in Bezug auf die Differenz der Lungenvolumina zwischen Studienbeginn und -ende nicht unterscheiden.
- Auch die relativ wenigen Kinder mit Asthma und Heuschnupfen erschienen nicht vermehrt gefährdet. Bezüglich möglicher Risikogruppen zeigt sich kein Hinweis, dass Kinder mit Pollenallergie oder Asthma bronchiale im längerfristigen Verlauf über 3,5 Jahre stärker mit Lungenvolumen-Änderungen reagieren als von diesen Krankheiten nicht betroffene Kinder.
- Im Ergebnis zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den deutschen und den österreichischen Kindern. Eine Langzeitgefährdung des Lungenwachstums wurde nicht gefunden.
- Die Studie wurde mit einer in neun niederösterreichischen Gemeinden 1994 begonnenen Langzeituntersuchung verglichen, die über dreieinhalb Jahre fortgeführt wurde.
- In Gebieten mit einer höheren Ozon-Immission ist in der Zeit von Frühjahr bis Sommer eine weniger hohe Zunahme des Lungenvolumens bei den untersuchten Kindern festzustellen im Vergleich zu Gebieten mit einer niedrigen Exposition.

Perspektive

Nach Bekanntwerden der ersten Daten aus der Studie hat die Politik sofort reagiert. Baden-Württembergs Umwelt- und Verkehrsminister Ulrich Müller nahm die Studie zum Anlass, um zu versichern: „Im Hochsommer im Freien spielende Kinder müssen keine Langzeitschäden durch hohe Ozon-Konzentrationen befürchten.“ Zugleich lobte er die Untersuchung als „international beispielhaft“. Sie sei „ein Beitrag zum verantwortungsbewussten Umgang mit Risiken. Sie hat die Einschätzung der Landesregierung bestätigt. Trotz der Ergebnisse der Ozon-Studie gilt es, die Ozon-Konzentration insbesondere zugunsten besonders anfälliger Menschen zu verringern. Dazu muss der bereits vor zwei Jahren von Baden-Württemberg vorgeschlagene Zwölf-Punkte-Katalog zur Reduzierung der Ozon-Belastung weiterhin konsequent in die Tat umgesetzt werden“.

Weitere Informationen

Prospektive Längsschnittstudie zur Erforschung der Ozon-Immission in ihrer Bedeutung für das Lungenwachstum von Schulkindern

Förderkennziffer: PUG L 98 001

Laufzeit: 01. 04. 1998 - 31. 12. 2000

PD Dr. Joachim Kühr
 Universitäts-Kinderklinik
 Mathildenstraße 1
 79106 Freiburg
 Telefon: 0761/270-4300, Fax: 0761/270-4450
 E-Mail: Kuehr@kikli.ukl.uni-freiburg.de
www.ukl.uni-freiburg.de/kinderkl/allergie/home.html

Stillempfehlung bleibt bestehen

Zur Belastung von Säuglingen mit organischen Schadstoffen

Geht von Polyhalogenierten Kohlenwasserstoffen eine Gefahr für die Gesundheit von Menschen aus? Und wenn ja, wie hoch ist sie einzuschätzen? Am Beispiel von gestillten und von ungestillten Kindern aus zwei Regionen Deutschlands hat Klaus Abraham vom Klinikum Charité in Berlin die Belastung von Säuglingen mit diesen Stoffen untersucht. Es ging dabei in erster Linie um Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine (PCDDs), Dibenzofurane (PCDFs) und Biphenyle (PCBs). Zu klären war dabei auch, ob an den bisherigen Stillempfehlungen festgehalten werden soll und kann.

Analyse

PCDDs, PCDFs und PCBs sind überwiegend vom Menschen geschaffene Verbindungen - als Resultat der gewaltigen industriellen Entwicklung des 20. Jahrhunderts. Sie zeichnen sich vor allem durch zwei Eigenschaften aus: Sie sind einerseits chemisch und biologisch stabil und andererseits in Fett gut löslich. Beide Eigenschaften führen durch Verteilungsprozesse in den Weltmeeren und in der Atmosphäre zu einer weiten Verbreitung und zu einer Speicherung im Fett von Lebewesen, was dann in der Konsequenz eine Anreicherung in der Nahrungskette bedeutet. Deshalb lassen sich auch relativ hohe Konzentrationen dieser Stoffe im Fettgewebe von Säugetieren und auch beim Menschen nachweisen. Für diese Verbindungen hat sich ein Oberbegriff durchgesetzt, der zugleich die wesentlichen Eigenschaften der Substanzen zusammenfasst: Persistent Organic Pollutants (POPs).

Problematisch - weil sehr komplex - ist die Beurteilung dieser Verbindungen hinsichtlich möglicher Effekte. Trotz der schon vorhandenen großen Zahl von tierexperimentellen und epidemiologischen Studien sind viele Fragen noch offen. Hinzu kommt, dass sich die Wissenschaft in der Interpretation der Resultate alles andere als einig ist. Das betrifft zum Beispiel die Frage, ob und wie krebserregend Dioxine sind. Gesichert ist, dass POPs in hoher Konzentration eine Chlorakne auslösen können, wie dies nach dem Chemieunfall von Seveso im Jahr 1976 beobachtet worden ist. Allerdings scheint es dabei große Unterschiede in der Empfindlichkeit bei den einzelnen Menschen zu geben, die mit den Substanzen in Berührung gekommen sind. Anzunehmen ist, stellt Abraham fest, dass es unterhalb dieser Beobachtungsschwelle von sichtbaren krankhaften Veränderungen schon Effekte auf bestimmte Laborparameter gibt.

Im Zusammenhang mit der Debatte um POPs nehmen nun



Säuglinge eine besondere Stellung ein. Denn bei gestillten Kindern erscheint die Hypothese plausibel, dass mit zunehmender Dauer der Stillperiode die Konzentration von POP-Verbindungen steigt und ab einem bestimmten Zeitpunkt die mütterlichen Konzentrationen überschreitet. Zudem sind Kinder in diesem Alter möglicherweise besonders empfindlich hinsichtlich von Wirkungen durch POPs.

Mit seiner Studie wollte Abraham unter anderem klären,

- ob und gegebenenfalls oberhalb welcher Konzentration sich bei gestillten Säuglingen, die über die Muttermilch gegenüber POPs exponiert werden, biologische Parameter verändern (insbesondere Leberwerte, Immun- und Hormonsystem),
- wie die PCDD/PCDF-Konzentrationen und die Konzentrationen verwandter Substanzen beim Kind von der mütterlichen Konzentration und der Stilldauer abhängen.

Für die Studie untersuchte Abraham insgesamt 101 Mutter/Kind-Paare. Von den einjährigen Kindern waren 21 nicht gestillt, die anderen waren mindestens 4 Monate voll gestillt worden. Die Studienteilnehmer kamen aus Berlin und aus der Region Ilseburg im Harz, die durch die Emissionen einer Kupferhütte zu DDR-Zeiten relativ stark mit Dioxinen kontaminiert ist.

Resultate

Es gab auffällige Unterschiede bei den Kindern in Abhängigkeit davon, ob deren Mütter aus dem Ost- oder Westteil Deutschlands stammten. Darin spiegelt sich die unterschiedliche Industriegeschichte, erklärt Abraham diese Abweichungen und stellt fest:

„Aus wenigen POP-Verbindungen der gestillten Kinder ließ sich mit hoher Wahrscheinlichkeit sagen, ob die Mutter in der DDR oder in der alten BRD geboren und aufgewachsen war.“

- Die Stilldauer hat einen wesentlichen Einfluss auf die Höhe der *kindlichen POP-Werte*. Diese liegen nach mehrmonatigem Stillen höher als die der Mutter. Die gestillten Kinder hatten etwa zehnmal höhere Werte als die nicht gestillten Kinder. Das belegt, dass neben die Stilldauer als maßgeblicher Wert für die kindlichen Werte noch *die von der Mutter schon mitgebrachten POP-Konzentrationen* treten.
- Die niedriger chlorierten Verbindungen akkumulieren deutlich höher als die höher chlorierten. Dies zeigt sich am deutlichsten bei Oktadioxin (OCDD): Denn im Vergleich zum mütterlichen Blut sind die Werte in der Muttermilch deutlich niedriger, und das Kind nimmt diese viel weniger auf als die niedriger chlorierten Verbindungen.
- Nur wenige biologische Parameter wiesen im Blut einen eindeutigen Zusammenhang (signifikante Assoziation) mit den einzelnen POP-Werten auf. Diese Ausprägung war nicht sehr stark. Dies spricht Abraham zufolge deshalb „gegen einen echten Effekt“. In dieser Einschätzung sieht er sich auch dadurch bestätigt, dass die biologischen Parameter in anderen Untersuchungen nicht in gleicher Weise als durch POPs beeinflussbar beschrieben worden sind. Zum Teil wurde sogar ein gegenteiliger Effekt beobachtet. All dies lässt es unter dem Strich als wahrscheinlich erscheinen, dass diese Assoziationen durch Zufall bedingt sind.

- Vor dem Hintergrund der nachgewiesenen positiven Effekte des Stillens fällt daher die Entscheidung leicht, die bestehende Stillempfehlung zu bekräftigen. Dies gilt auch insbesondere deshalb, weil in Deutschland die POP-Konzentrationen in der Muttermilch seit Jahren sinken. Aus ernährungsphysiologischen Gründen sollte aber nach sechs Monaten des Vollstillens mit der Einführung von Beikost begonnen werden.

Perspektive

PCBs können sich vorgeburtlich auf das Kind negativ auswirken; in einigen Studien wurden Assoziationen zwischen entwicklungsneurologischen Testergebnissen und PCB-Konzentrationen gefunden. Daher sollten die POP-Konzentrationen in der Biosphäre - insbesondere durch Emissionsvermeidung - weiter gesenkt werden. Auch sollten andere mögliche Umweltrisiken bedacht werden. Das Schwermetall Blei zum Beispiel besitzt in seiner Wirkung als Umweltgift vermutlich eine höhere Relevanz hinsichtlich der messbaren Effekte, als sie die Dioxine haben, die jedoch weitaus stärker negativ ins öffentliche Bewusstsein gedrungen sind. Denn in seiner Studie hat Abraham in einer Familie eine relevante Blei-Belastung mit eindeutigen Auswirkungen auf die Blutbildung gefunden.

Weitere Informationen

Belastung von Säuglingen mit Polychlorierten Dibenzo-p-dioxinen (PCDDs), Dibenzofuranen (PCDFs) und Biphenylen (PCBs) und deren Auswirkung auf sensible biologische Parameter

Förderkennziffer: PUG U 96 005

Laufzeit: 01. 01. 1997 - 30. 10. 1999

Dr. Klaus Abraham
Kinderklinik der Charité, Campus Virchow-Klinikum
Augustenburger Platz 1
13353 Berlin
Telefon: 030/450566-182, Fax: 030/450566-931
E-Mail: klaus.abraham@charite.de

Schwermetalle schwächen die Selbstheilungskraft

Die Reparatur von DNA-Schäden in Lungenzellen wird gehemmt

Die Gruppe der krebserzeugenden Metallverbindungen ist in der Umwelt wie auch im Besonderen am Arbeitsplatz weit verbreitet. Ziel des Forschungsprojektes von Tanja Schwerdtle, Anke Pelzer, Albrecht Seidel und Andrea Hartwig von der Universität Karlsruhe und der „Prof. Dr. Gernot Grimmer Stiftung“ in Großhansdorf (Kreis Stormarn, Schleswig-Holstein) war es deshalb zu prüfen, ob diese gesundheitsschädigenden Substanzen primär das Erbmateriale eines Organismus schädigen oder aber die Reparaturvorgänge in der Zelle blockieren. Gleichzeitig gingen die Wissenschaftler der Frage nach, ob diese Vorgänge in Kombination mit anderen Substanzen, die das Erbmateriale schädigen, die negativen Wirkungen noch verstärken.

Analyse

In der Studie geht es in erster Linie um die umweltrelevanten Nickel- und Cadmiumverbindungen. Zwar sind diese innerhalb der Gruppe der kanzerogenen Metallverbindungen für die Krebsentstehung beim Menschen von herausragender Bedeutung. Gleichzeitig sind die dem negativen Einfluss auf die Zelle zu Grunde liegenden Wirkmechanismen noch zeitweise unklar. Denn in der Regel kann man die von diesen Metallen ausgelösten Erbgutveränderungen (Mutationen) nur schwach und erst bei einer sehr hohen Konzentration der schädigenden Stoffe nachweisen.

Vorangegangene Untersuchungen haben gezeigt, dass wasserlösliches Nickel (II) und Cadmium (II) in kultivierten Zellen zwar erst in vergleichsweise hohen Konzentrationen Schäden des Erbgutes Desoxyribonukleinsäure (DNS, DNA) hervorrufen. Andererseits sind sie aber schon in einer sehr geringen Konzentration fähig, die Reparatur von Erbgutschäden zu verhindern, die durch andere Umweltgifte aufgetreten sind. Damit verstärken sie deren DNA-schädigende Wirkung.

Diese Untersuchungen sind bislang mit permanenten - also praktisch unbegrenzt vermehrbaren - Zelllinien des Typs HeLa und V79 vorgenommen worden, und dies in Kombination mit der ultravioletten C(UVC)-Strahlung.

In dem Projekt sollen im Wesentlichen zwei Aspekte abgeklärt werden:

Erstens, ob die direkten, aber schwachen Wirkungen der Metalle auf das Erbgut einerseits und die ausgeprägte Hemmung (Inhibition) der Reparatur der DNA andererseits auch in Lungenzellen als Zielzellen der metallinduzierten Kanzerogene-

se zu beobachten sind. Diese Fragestellung gewinnt vor dem Hintergrund von Befunden an Bedeutung, nach denen Nickel sowohl in der Allgemeinbevölkerung als auch nach Kontakt an bestimmten Arbeitsplätzen in der Lunge im Laufe des Lebens angereichert wird und somit von einer kontinuierlichen Belastung auszugehen ist. So tritt im Falle von Cadmium beispielsweise eine Belastung vor allem durch Einatmen an bestimmten Arbeitsplätzen, aber auch nicht unwesentlich durch den Tabakrauch auf.

Zweitens, ob die für wasserlösliche Nickel- und Cadmiumverbindungen beobachteten Effekte auch auf weitgehend wasserunlösliche Metallverbindungen zutreffen. „Grundlage für diese Fragestellung“, heißt es im Gutachten, „sind Befunde, nach denen sich unterschiedliche Verbindungen eines Metalls erheblich in der Kanzerogenität (krebserzeugende Wirkung) unterscheiden. So zählt beispielsweise Nickelsulfid zu den stärksten Kanzerogenen beim Menschen und im Tierversuch, wohingegen wasserlösliches Nickel (II) nur schwach wirksam ist.“ Als Ursache für diese Diskrepanz werden Unterschiede in der Bioverfügbarkeit vermutet; das heißt, wie ein Organismus mit den unterschiedlichen Formen ihm verabreichter Stoffe und Substanzen umgehen kann. Das zeigt sich etwa daran, dass wasserlösliches Nickelchlorid vergleichsweise langsam in die Zellen aufgenommen und vorwiegend im Zytoplasma an die dort vorhandenen Eiweiße gebunden wird. Das Zytoplasma ist das von der Zellmembran umschlossene Plasma der Zelle, das eine Vielzahl von in Wasser gelösten Eiweißen, Lipiden, Kohlehydraten, Mineralsalzen und Spurenelementen sowie eine Vielzahl kleiner Einschlüsse wie Zellorganellen oder Granula enthält.

Demgegenüber werden ganze Partikel des weitgehend wasserunlöslichen Nickelsulfids von den Zellen aufgenommen und in Vesikeln in die Nähe des Zellkerns weiter transportiert. Auf Grund des dort herrschenden sauren Milieus lösen sie sich allmählich auf und bewirken somit hohe Konzentrationen von Nickelionen im Zellkern. Da die meisten Metalle in der Umwelt nur als partikuläre Form vorkommen, vor allem als Verbindung eines Elements mit Sauerstoff, also als Oxid, ist nach Ansicht der Wissenschaftler die Abklärung dieser Fragen von zentraler Bedeutung für die Beurteilung von Umweltrisiken durch Metallverbindungen.

Die Forscher gehen weiter von der Tatsache aus, dass Metallverbindungen sowohl in der allgemeinen Umwelt als auch am Arbeitsplatz nie alleine auftreten, sondern praktisch immer zusammen mit anderen DNA-schädigenden Substanzen wie beispielsweise den Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK). Deshalb liefern die Versuche zum Einfluss der Metallverbindungen auf die DNA-Reparaturprozesse außerdem

eine wichtige Grundlage zur Abschätzung von Kombinationswirkungen mit anderen die Erbsubstanz schädigenden Stoffen.

Resultate

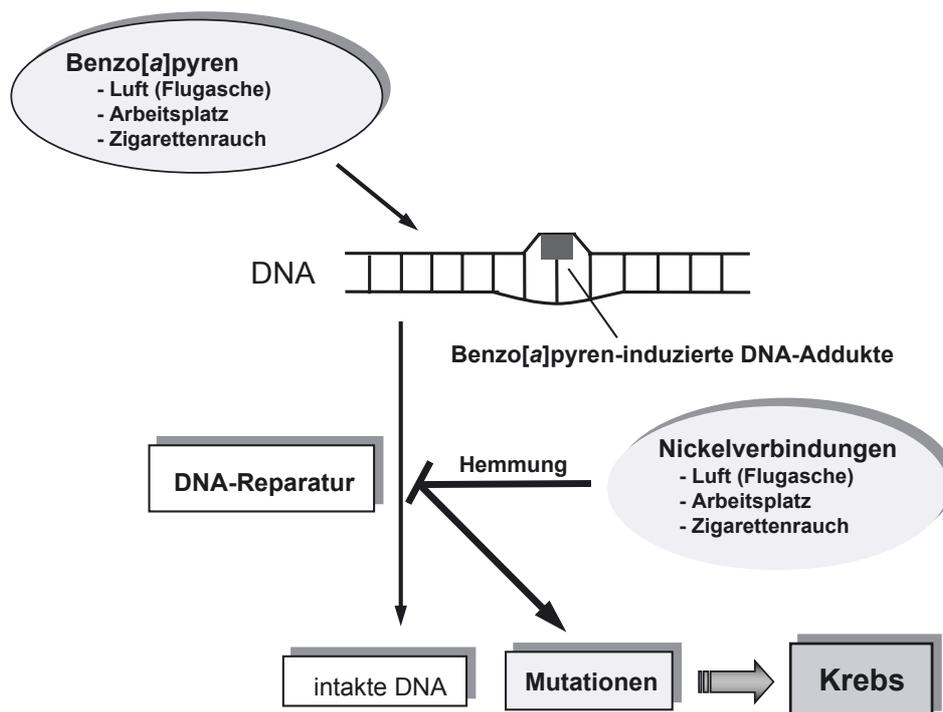
- Es wurden empfindliche *Nachweisverfahren für bestimmte DNA-Schäden* entwickelt (so genannte DNA-Addukte, die durch Benzo[*a*]pyren verursacht werden). Diese Verfahren sind geeignet, nach wissenschaftlichen Maßstäben sowohl den Schaden an der Erbsubstanz als auch die Reparaturleistung der Zelle zu ermitteln.
- Wasserlösliches Nickel (II) bremst die Entfernung der DNA-Addukte in Lungenzellen, die durch Benzo[*a*]pyren hervorgerufen wurden.
- Somit betrifft die Hemmung der Reparatur nicht nur DNA-Schäden, die durch UV-Licht ausgelöst wurden, sondern grundlegende Reparaturmechanismen insgesamt.

- Eine Verstärkung der schädigenden Wirkungen ist zu erwarten, wenn weitere Umweltmutagene ins Spiel kommen.
- Auch für das partikuläre Nickeloxid (NiO) liegt eine Hemmung der Reparaturmechanismen in der Zelle vor. Somit trifft die Reparaturhemmung auch für weitgehend wasserunlösliche, umweltrelevante Formen von Nickel zu.

Perspektive

Ausgehend von diesen Ergebnissen sind weitergehende Untersuchungen unter anderem zur Wechselwirkung von Cadmium mit der Reparatur von DNA-Schäden geplant, die von Benzo[*a*]pyren verursacht werden.

Auch noch zwei weitere Fragestellungen sollten in Zukunft stärker berücksichtigt werden: wie sich die Nickelionen in der Zelle verteilen und wie sich der Einfluss beider Nickelverbindungen auf die Reparatur oxidativer DNA-Schäden gestaltet.



Weitere Informationen

Kombinationswirkungen umweltrelevanter Metallverbindungen in Lungenzellen

Förderkennziffer: BWB 99 007

Laufzeit: 15. 10. 1999 - 31. 10. 2002

Prof. Dr. Andrea Hartwig
 Universität Karlsruhe, Institut für Lebensmittelchemie und Toxikologie
 Postfach 6980
 76128 Karlsruhe
 Telefon: 0721/608-2936, Fax: 0721/608-7254
 E-Mail: andrea.hartwig@chemie.uni-karlsruhe.de.
 Internet: www.chemie.uni-karlsruhe.de

Wie Kupfer auf die Leber schlägt

Untersuchungen an Ratten über Schädigungen und Gegenmittel

Fälle von schweren Lebererkrankungen im frühen Kindesalter sind nicht nur in Deutschland aufgetreten. Diese so genannte frühkindliche Leberzirrhose wird ursächlich mit einer erhöhten Kupferaufnahme durch das Leitungswasser in Verbindung gebracht. Karl H. Summer, Josef Lichtmanegger und Dominik Klein vom Institut für Toxikologie und Umwelthygiene der Technischen Universität München erkundeten deshalb am Tier, was bei einer erhöhten Kupferaufnahme vorgeht.

Analyse

Vor dem Hintergrund des Wissens um das Auftreten der chronischen Kupfertoxizität ist zum einen zu klären, wie die Dosis des aufgenommenen Metalls im Verhältnis zu einer negativen Wirkung im Organismus steht. Weiter ist klärungsbedürftig, wie und in welchem Maße Kupfer in den Organen akkumuliert. Von Interesse ist schließlich auch die Frage nach den Mechanismen der gesundheitsschädigenden Wirkung des Kupfers im Säugetier.

Diese Fragestellungen untersuchten die Wissenschaftler an genetisch veränderten Long-Evans-Cinnamon-Ratten. Auf Grund eines Gendefektes akkumulieren diese Tiere Kupfer in der Leber. Nach drei bis vier Monaten schließlich entwickeln die Tiere meist eine fulminante, häufig tödlich verlaufende Hepatitis.

Die Dosis-Wirkung-Beziehungen des Kupfers wurden dann an neugeborenen *Meerschweinchen* untersucht. Dafür bekamen die Tiere das Metall über die Nahrung gemischt.

Bei den Long-Evans-Ratten wurde untersucht, wie sich das Kupfer im Parenchym (das ist das Gewebe, das die eigentliche Funktion der Leber ausführt) und in den Fresszellen (Makrophagen) des Organs anreichert. Und zwar in dem Zeitraum, in dem sich die Leberschädigungen entwickeln. Die aus Japan bezogenen Ratten erhielten Leitungswasser und Standardfutter. Für die Untersuchungen wurden die Nager in sechs Gruppen eingeteilt. Dabei gab es Tiere, die eine bestimmte Zeit mit DPA, und andere, die gar nicht damit behandelt wurden. Hinter dem DPA verbirgt sich das D-Penicillamin, das die kupferhaltigen Partikel in der Leber auflösen kann. Denn bis zum Auftreten der systemischen Gelbsucht nahmen die Kupfergehalte in der Leber der Ratten kontinuierlich zu. Während des Voranschreitens der Hepatitis war diese Zunahme nur durch eine Anreicherung der Kupferkonzentration in den Organellen der Zellen begründet. Dabei liegt dieses Kupfer, wie es die Befunde der Wissenschaftler zeigen, zu einem beträchtlichen Anteil nur als unlösliche kupferhaltige Partikel vor.

Diese Partikel wurden mit der fortschreitenden Leberschädigung dann aber in zunehmendem Maße in den Fresszellen der Leber geortet. Unter diesen Bedingungen nahmen Zahl und Größe der Makrophagen deutlich zu.

Untersuchungen mit dem D-Penicillamin haben parallel gezeigt, dass das DPA in der Lage ist, die Bildung von Partikeln zu verhindern und sogar bereits bestehende Partikel aufzulösen. Dies sind Hinweise darauf, dass diese Partikel eine wesentliche Rolle für die Hepatotoxizität von Kupfer spielen.

Resultate

- Die Gewebefunde und bestimmte Blutparameter der *Ratten* spiegeln die Entwicklung der fortschreitenden Kupfer-assoziierten Leberschädigung wider. Bis zum Alter von 64 Tagen der Tiere waren deren Lebern histologisch unauffällig, erste Anzeichen einer Leberbeteiligung gab es erst bei den 77 Tage alten Tieren. So war das histologische Bild der Lebern zum Beispiel durch ein vermehrtes Auftreten von Einzelnekrosen und degenerierten Zellen gekennzeichnet. Die 86 Tage alten Ratten litten dann an systemischer Gelbsucht.
- Dagegen blieben die ab einem Alter von 64 Tagen mit dem D-Penicillamin behandelten Tiere bis zum Beobachtungsende, das bei 106 Tagen lag, gesund.
- Auch die DPA-Behandlung von Tieren mit bereits fortgeschrittener Leberschädigung war erfolgreich.
- Bei einer fortgeschrittenen Hepatitis der Ratte sammelten sich Fresszellen, auch Kupffer'sche Sternzellen genannt, und kupferhaltige Partikeln in diesen Zellen an. Diese Phänomene machen eine Beteiligung dieser Zellen an den durch Kupfer hervorgerufenen Schäden der Leber wahrscheinlich.
- Mit Hilfe von monoklonalen Antikörpern wurden Zahl und Größe der Fresszellen gemessen. Bei der 74 Tage alten Ratte mit bereits histologischen Leberveränderungen waren Zahl und Größe der entsprechenden Zellen deutlich höher als bei den Kontrolltieren.

- Die Zunahme des Kupfergehaltes bei den Tieren mit beginnender Leberschädigung im Vergleich zu den Tieren ohne Befund ist vor allem auf die Zunahme der Metallkonzentration in der partikulären Fraktion, welche die Zellorganellen und Membranfragmente enthält, zurückzuführen. Dabei besteht das Kupfer in den Organellen teilweise aus den unlöslichen Partikeln.
- Die Behandlung mit D-Penicillamin hatte durchweg bei allen Ratten eine Abnahme der Kupferkonzentration in der Leber zur Folge, allerdings in unterschiedlichem Ausmaß. So war die Abnahme bei den ab dem 64. Tag mit DPA behandelten Ratten zwar nachweisbar, aber bescheiden. Dagegen nahmen die Kupfergehalte der ab dem 77. Tag mit DPA behandelten Nager nach nur einwöchiger Behandlung auf weniger als die Hälfte im Vergleich zum Zeitpunkt des Behandlungsbeginns ab und erreichten im Mittel sogar niedrigere Werte als die Ratten ohne Befund.

Perspektive

Parallel zur zunehmenden Ansammlung des Kupfers in der Leber liegt das Metall dort vermehrt als unlösliche kupferhaltige Partikel vor. Diesen Partikeln kommt eine entscheidende Bedeutung für die Giftwirkung des Kupfers auf die Leber zu. Und dies auch vor dem Hintergrund, dass das DPA die Partikelbildung verhindern beziehungsweise schon vorhandene Partikel auflösen kann. Hier zeigt sich deshalb ein interessanter Ansatz für weitere Forschungen.

Weitere Informationen

Kupfer und frühkindliche Leberzirrhose: Molekulartoxikologische Untersuchungen der chronischen Kupfertoxizität

Förderkennziffer: PUG U 98 003

Laufzeit: 01. 12. 1998 - 30. 08. 2001

Prof. Dr. Karl H. Summer
Technische Universität München
Institut für Toxikologie und Umwelthygiene
Lazarettstraße 62
80636 München
Telefon: 089/1218-3711, Fax: 089/1218-2446

Naturschutz

Der Moorkiefer im Schwarzwald droht ein Rückgang

Bei Bäumen fehlt der Nachwuchs

Im Südschwarzwald sterben Moorkiefern flächenhaft 20 bis 30 Jahre früher als normal ab. Ein Nachwachsen von jungen Bäumen ist kaum noch zu beobachten. Nach Ursachen hierfür suchten Arno Bogenrieder und Pascal von Sengbusch vom Institut für Biologie II (Geobotanik) der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Immerhin steht die Frage im Raum, ob mit einem starken Rückgang der Moorkiefer (*Pinus rotundata* LINK) zu rechnen ist.

Analyse

Gegenstand der Forschung sind von Moorkiefern geprägte Moorlandschaften im Südschwarzwald. Sie stellen Relikte punktueller Sonderstandorte der nacheiszeitlichen Waldentwicklung dar und sind nirgends großflächig verbreitet. Das Vorkommen der Moorkiefer beschränkt sich auf mitteleuropäische Gebirge (Schwarzwald, Vogesen, Alpenvorland, Bayerischer Wald, Böhmerwald und Erzgebirge).

Entwässerung und Torf-Stich führten ab Mitte des 19. Jahrhunderts zu Beeinträchtigungen vieler Moore. So wurde auch der Lebensraum der Moorkiefer immer weiter zurückgedrängt. Trotz dieser Eingriffe durch den Menschen ist es - wenn auch mit einem veränderten Wasserstand - vielen Mooren dennoch gelungen, sich zu stabilisieren und über mehrere Jahrzehnte einen scheinbar gesicherten Wuchsort für die Moorkiefern zu bieten.

Zu Beginn der 90er Jahre veränderte sich das Bild jedoch dramatisch: In den Mooren des Südschwarzwaldes, die durch die Entwässerung negativ beeinflusst wurden, traten „flächige Absterbeerscheinungen“ der Moorkiefer auf. Problematisch ist dabei, heben die Wissenschaftler hervor, „dass innerhalb der Absterbeflächen kaum eine Kiefernverjüngung zu beobachten ist, da die Moorkiefer als lichtbedürftige Pflanze innerhalb der hochwüchsigen, trockeneren Bestände keine geeigneten Startbedingungen mehr vorfindet“. Die Fichte kann sich dagegen in der trockeneren Randzone verjüngen und macht nach und nach der Moorkiefer den Platz streitig.

Um der Ökologie verschiedener Moortypen gerecht zu werden und um einen aussagekräftigen Vergleich zwischen gestörtem und intaktem Moor anstellen zu können, haben die beiden Autoren der Studie zwei gestörte, vom Absterben betroffene Moore (Lindauer Moor und Steerenmoos) und ein naturnahes Moor



(Ennersbacher Moor) für ihre Untersuchungen ausgewählt.

Die Forscher beobachteten dabei verschiedene Kriterien: Darunter fielen der Wasserpegel im Moor, das Nährstoffangebot im Boden, der pH-Wert (wie sauer das Milieu im Boden ist), die Chlorophyll-Fluoreszenz (ein Nachweis für die Funktionsfähigkeit des Photosyntheseapparats) in den Nadeln der Bäume sowie die Gestalt und das Alter der Moorkiefern.

Resultate

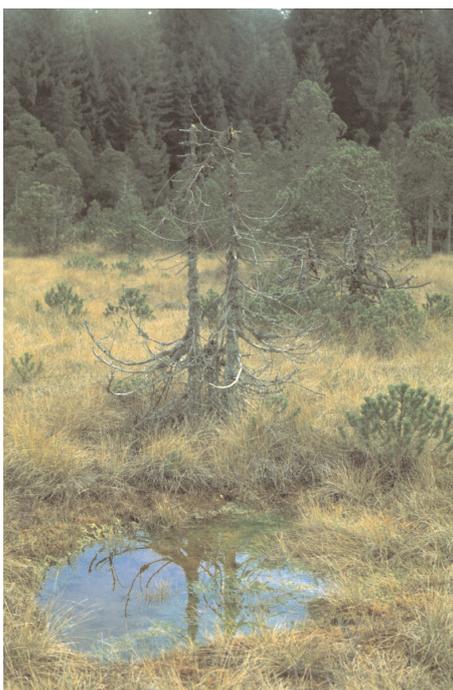
Als Arbeitshypothese gehen die Forscher davon aus, dass im ungestörten Moor ein hoher Wasserstand geringes Wachstum zulässt. Die Entwässerung der Moore hatte deshalb zuerst folgenden Effekt: Es kam zu einer besseren Belüftung des oberen Torfhorizontes und damit zu einer verbesserten Mineralisation. Dies zog dann einen Höhenzuwachs der Moorkiefern nach sich.

„Diese zunächst günstigen Verhältnisse waren jedoch nicht von Dauer“, stellen Bogenrieder und von Sengbusch fest. Denn „durch die verstärkte Mineralisierung kam es im Lauf der Jahrzehnte zu einer Torfzehrung und Torfabsackung“. Die Folgen waren eine geringere Durchlüftung des Wurzelraumes, eine Versauerung des Torfes und eine geringe Nährstoffverfügbarkeit. Das Resultat ist heute zu sehen. Die an günstige Wuchsbedingungen angepassten Moorkiefern kümmern. Sie sterben vorzeitig ab und sind durch ihre schlanke Wuchsform stärker mechanischen, witterungsbedingten Einflüssen ausgesetzt.

Vergleicht man das Stammvolumen von Bäumen eines gestörten mit denen eines ungestörten Moores, so fällt auf, dass in einem gestörten Moor die Stammholzproduktion bis zu einem Alter von 100 Jahren hinter den gedungenen Bäumen eines nasseren Moores zurückbleibt.

Die Wissenschaftler bieten dafür folgende Erklärung an: Sie vermuten, dass für die Gestaltbildung der Bäume ein Verteilerschlüssel (Höhe/Umfang) existiert, der von einer anderen Größe gesteuert wird als der Zunahme des Stammholzvolumens der Bäume. Da der Sauerstoffgehalt des Moorwassers in den hochwüchsigen Populationen (Lindauer Zentrum, Randzone Ennersbach) höher ist, ist dieser wahrscheinlich neben dem Wasserstand an der Steuerung des Höhe/Umfang-Verteilers ursächlich beteiligt. Der Zuwachs des Stammholzvolumens wird dagegen wohl eher durch Lichteinfall, N- und P-Verfügbarkeit sowie durch Reparaturkosten aufgrund von mechanischem Stress bestimmt.

Die Altersuntersuchungen haben unter dem Strich gezeigt, dass die Baumgruppen eines gestörten Moores im Altersprozess ungefähr 15 bis 30 Jahre vorher als die Vergleichsbäume absterben. Seit etwa 40 Jahren findet im Zentrum eines solchen Moores eine Verjüngung praktisch nicht mehr statt. Die noch anzutreffenden Kiefern-Sträucher stellen „Zwerge“ mit einem Alter von sechzig bis hundert Jahren dar.



In den Untersuchungen der Chlorophyllfluoreszenz deutete sich eine Unterlegenheit der Kiefer im Vergleich zur Fichte bezüglich der Temperaturabhängigkeit der Photosynthese an, woraus in Höhen von 800-1000 m NN eine kürzere Vegetationsperiode und allgemein geringere Stoffgewinne resultieren könnten.

Die Ergebnisse bekräftigen die Annahme, dass sich die Standortverhältnisse und damit auch die Populationsdynamik der Moorkiefern in den gestörten Mooren im Laufe der Jahrzehnte gewandelt haben. Das angedeutete schlechte Wachstum der schlankeren Kiefern in entwässerten, trockeneren Moorbereichen bietet eine Antwort auf die Frage, warum sich die hochwüchsigen, gestörten Bestände kaum noch verjüngen: Durch die extrem geringe Holzproduktion in den ersten 100 Jahren auf Grund von mechanischem Stress und Beschattung gelingt nur noch einzelnen Kiefern der Durchbruch in die Baumschicht. Die schlanke Wuchsform der Moorkiefer in trockeneren Moorzonen ist für ihren weiteren Bestand offensichtlich von Nachteil.

Perspektive

Mit dem Eindringen der Fichten in den ursprünglichen Bereich der Kiefern stellt sich heute die Frage, wie konkurrenzfähig die Moorkiefer überhaupt noch sein kann: Die Autoren schlagen vor, durch Anhebung des Moorwasserpegels an erfolgversprechenden Stellen die Standortverhältnisse und damit die Populationsdynamik gestörter Populationen wieder den Verhältnissen naturnaher Bestände anzunähern.

Erste Ansätze einer Moor-Wiedervernässung, von der auch die *Pinus rotundata* LINK profitiert, hat die Bezirksstelle für Naturschutz und Landschaftspflege (BNL) Freiburg im Rahmen der Naturschutzkonzeption für den Oberen Hotzenwald realisiert. In einem Projekt des Naturschutzfonds des Ministeriums für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg soll nun die aktuelle Lage aller verbleibenden Populationen der Moorkiefer im Schwarzwald auf der Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse bewertet werden.

Weitere Informationen

Untersuchungen zur Ökologie der *Pinus rotundata* LINK im Südschwarzwald in einer Dissertation

Förderkennziffer: PAÖ N 98 003

Laufzeit: 01. 11. 1998 - 30. 10. 2001

Universität Freiburg, Institut für Biologie II, Lehrstuhl für Geobotanik
Schänzlestraße 1
79104 Freiburg

Prof. Dr. Arno Bogenrieder

Telefon: 0761/203-2622, Fax: 0761/203-2696

E-Mail: bogi@uni-freiburg.de

Dipl.-Biol. Dr. Pascal von Sengbusch

E-Mail: Pascal.Sengbusch@uni-freiburg.de

Internet: www.biologie.uni-freiburg.de

Forschung und Praxis

Innovationswirkungen des EG-Umwelt-Auditsystems im Land

Ein wichtiges Ziel ökologischer Modernisierung ist die Ausgestaltung von Umweltpolitik in einer Weise, die die umweltfreundliche Produktion von Gütern und Dienstleistungen mit einer Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen verbindet. In den vorangegangenen Jahren wurden insbesondere „weichen“ Instrumenten mögliche Innovationswirkungen in diese Richtung zugesprochen. Eines der wichtigsten Instrumente in diesem Kontext sind auf betrieblicher Ebene die Einführung von Umweltmanagementsystemen (UMS) und auf Regulierungsebene entsprechende Zertifizierungssysteme wie das EG-Umwelt-Audit-System (EMAS). Von diesen Maßnahmen werden sowohl Prozessinnovationen zur Verbesserung der Umweltqualität bei gleichzeitiger Senkung der Kosten (z. B. für Energie, Wasser, Abfall, Material) als auch Produktinnovationen zur Entwicklung ökoeffizienter Produkte und Dienstleistungen erhofft. Eine Besonderheit liegt darin, dass UMS neben Prozessinnovationen und - unter bestimmten Bedingungen - Produktinnovationen in erster Linie organisatorische Innovationen hervorrufen können.

Während das allgemeine Kosten-Nutzen-Verhältnis von UMS nach EMAS in einer Reihe von Studien bereits erforscht wurde, sind die Innovationswirkungen von UMS bzw. EMAS bislang noch nicht systematisch untersucht worden. Auch die Wirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit sind kaum erforscht. Das Forschungsvorhaben möchte diese Forschungslücke schließen und exemplarisch bezogen auf Unternehmen in Baden-Württemberg erstmals theoretisch und methodisch fundierte Erkenntnisse zu diesem Fragenkomplex liefern.

Organisatorisch und methodisch ist das Projekt in drei Hauptphasen gegliedert. In der ersten Phase (Oktober 2000 bis Januar 2001) wurden unter Rückgriff auf die einschlägige Literatur (Innovationsforschung, Umweltökonomie, Umweltmanagement und organisationales Lernen) ein Wirkungsmodell entwickelt und Hypothesen formuliert, die in der zweiten Phase (Februar bis Oktober 2001) durch 12 Unternehmensfallstudien in Baden-Württemberg getestet wurden. Um repräsentative Aussagen zu ermöglichen, ist in der dritten Phase (November 2001 bis Juli 2002) eine telefonische Breitenbefragung geplant.

Kernhypothesen des Projektes sind, dass:

1. Innovationen kaum durch EMAS allein ausgelöst werden, EMAS aber indirekt wirkt und das Innovationspotenzial der Unternehmen steigert;
2. die Reichweite der eingeführten UMS im Laufe der Zeit zunimmt;
3. Produktinnovationen im Rahmen der betrieblichen Umwelt-Audits von untergeordneter Bedeutung sind;
4. die Innovations- und Wettbewerbswirkungen von UMS deutlich verbessert werden, wenn eine Verbindung zwischen (operativem) Umweltmanagement und strategischem Management hergestellt wird.

Aus den Fallstudien ergibt sich das vorläufige Ergebnis, dass EMAS Innovationen sowohl direkt auslöst als auch indirekt unterstützt. Bei zunehmendem Alter von EMAS ist eine höhere Reichweite in dem Sinne festzustellen, dass vermehrt überbetriebliche Maßnahmen und Innovationen in vor- und nachgelagerten Bereichen (z. B. Energieversorgung, Logistik) stattfinden. EMAS wird als Maßnahme der Betriebsökologie angesehen und insofern kaum mit Produktökologie sowie technischen Produktinnovationen im engeren Sinne in Zusammenhang gebracht. Auf betrieblicher Ebene sind allerdings EMAS-Effekte feststellbar, die die Berücksichtigung von Umweltkriterien bei der betrieblichen Produktplanung betreffen. Insofern kann man von organisatorischen Innovationen in der Produktplanung als Folge von EMAS sprechen. Die Bedeutung des strategischen Managements für Innovations- und Wettbewerbserfolg konnte bislang nicht bestätigt werden.

Das Projekt wird in Kooperation zwischen dem Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) in Mannheim und dem Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) in Berlin durchgeführt. Es handelt sich um eine Fördermaßnahme im Rahmen des BWPLUS-Forschungsprogramms „Regionale Strategien für nachhaltige Entwicklung“.

*Werner Franke
Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg*

Laufzeit des Projektes: Oktober 2000 bis September 2002

Ansprechpartner

ZEW: Dr. Klaus Rennings (Koordinator)

rennings@zew.de, Tel. 0621/1235-207

IÖW: Esther Hoffmann (esther.hoffmann@ioew.de, Tel. 030/884594-22)

Ein neues Maß gegen den Flächenfraß: die „effektive Maschenweite“

Zerschneidung und Fragmentierung von Landschaften gelten als wesentliche Ursachen des Besorgnis erregenden Artenverlustes in Mitteleuropa. Die Bedeutung des Erhalts großer unzerschnittener, verkehrsarmer Räume ist politisch kaum umstritten. Dennoch hat die Landschaftszerschneidung in den vergangenen 15 Jahren unvermindert zugenommen. Der steigende Problemdruck verlangt nach überprüfbaren Zielvorgaben und wirksameren Maßnahmen als bisher. Als Grundlagen dafür benötigen Kommunen und Landesplaner geeignete, vergleichbare Informationen über den Zustand der Landschaftszerschneidung, möglichst im historischen Vergleich. Sie sind zugleich als Nachhaltigkeitsindikatoren gut geeignet, da sie eine Reihe verschiedener Belastungsfaktoren zusammenfassen und die grobe Entwicklungsrichtung der Umweltbelastung erkennbar machen.

Landesweite Darstellungen zur Landschaftszerschneidung liegen bisher für Baden-Württemberg lediglich intern in der Landesanstalt für Umweltschutz und im Kartenatlas der Materialien zum Landesentwicklungsplan vor. Sie enthalten jedoch keine quantitativen Analysen, sondern fassen vorliegende Datengrundlagen zusammen.

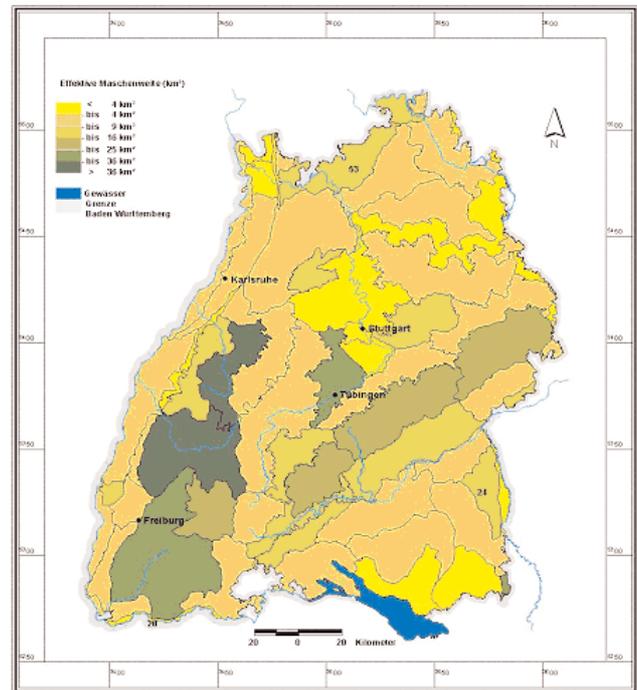
In seiner Dissertation an der ETH Zürich hat nun Jochen Jaeger ein neues Maß zur Quantifizierung der Landschaftszerschneidung entwickelt: die effektive Maschenweite. In Zusammenarbeit mit der Akademie für Technikfolgenabschätzung Baden-Württemberg, dem Institut für Landschaftsplanung und Ökologie der Universität Stuttgart und der Landesanstalt für Umweltschutz hat Jaeger diesen Ansatz auf Baden-Württemberg angewandt. Zur Zeit entsteht darüber hinaus eine Zeitreihe für Baden-Württemberg mit drei Zeitschnitten.

Der Grundgedanke, der der *effektiven Maschenweite* zugrunde liegt, lautet:

Das neue Zerschneidungsmaß ist ein Ausdruck für die Möglichkeit, dass sich zwei Tiere ein und derselben Art, die zufällig (und unabhängig voneinander) im betrachteten Gebiet ausgesetzt werden, begegnen können.

Für die Darstellung der mathematischen Ableitung des Maßes aus dieser einfachen, aber grundlegenden und anschaulichen Grundannahme reicht hier leider der Platz nicht. Für die Anwendung wesentlich ist, dass das Maß von dem statistischen Analyseprogramm FRAGSTATS, Version 3.0, unterstützt wird und somit die effektive Maschenweite für digitalisierte Kartenausschnitte berechnet werden kann.

Die Anwendung auf das Land Baden-Württemberg erfolgte nach Kreisen, Regierungsbezirken und Naturräumen. Die Ergebnisse - hier exemplarisch für die Naturräume dargestellt - zeigen, dass das Land viel stärker zerschnitten ist, als die Ergebnisse früherer Studien aufgezeigt haben.



*Effektive Maschenweite der Naturräume
in Baden-Württemberg*

Das Maß der effektiven Maschenweite ist aufgrund seiner Aussagestärke und der mathematischen Robustheit als Nachhaltigkeitsindikator und zur Ableitung von Grenz-, Ziel- und Richtwerten bundesweit und darüber hinaus geeignet.

Die Ergebnisse der Anwendung auf Baden-Württemberg sind veröffentlicht in: Jaeger, Jochen; Esswein, Heide; Schwarz-v. Raumer, Hans-Georg; Müller, Manfred (2001): Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 33 (10), S. 305-317. Dort finden sich auch weiterführende Literaturhinweise.

Internet: <http://www.fragmentation.de>

*Manfred Schmidt-Lüttmann
Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg*

Schilfbestände erholen sich nur langsam

Untersuchungen von Reinhard Böcker, Michael Dienst, Wolfgang Ostendorp und Klaus Schmieder vom Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie der Universität Hohenheim haben ergeben, dass 30 Hektar der Schilfröhrichte am baden-württembergischen Bodenseeufer durch das „Jahrhunderthochwasser“ von 1999 abgestorben sind. Dies entspricht einem Rückgang der seawärtigen Schilffront um 7 Meter. Selbst unter günstigen Bedingungen vergehen nach Auffassung der Wissenschaftler mindestens 20 Jahre, bis diese Fläche wieder zugewachsen ist.

Das Land Baden-Württemberg fördert das Forschungsprojekt „Auswirkungen des Extremhochwassers 1999 auf die Uferrohrichte des Bodensees“ bis April 2003.

Die Wissenschaftler untersuchen die Regenerationsfähigkeit des Röhrichts und werden für besonders kritische Uferabschnitte Maßnahmen vorschlagen.

Eineinhalb Jahre lang hat Michael Dienst dabei Infrarot-Luftbilder aus dem Jahr 2000 mit denen von 1999 und 1993 verglichen. Die Flächenbilanz hat selbst Skeptiker erschüttert. Etwa 30 Hektar Schilfflächen zwischen Gaienhofen und Langenargen sind infolge des Hochwassers von 1999 abgestorben.

Bereits nach dem starken Hochwasser von 1965 waren etliche Hektar Röhricht besonders am Untersee verschwunden. An vielen Uferbereichen konnte dieser Verlust bis in die 90er Jahre nicht wieder nachwachsen. Dabei sah es in den 90er Jahren relativ gut für das Bodensee-Schilf aus. Von 1993 bis 1999 konnten die Hohenheimer Wissenschaftler einen Zuwachs des Röhrichts von 6 Hektar messen. Dies entspricht einer seawärtigen Ausdehnung der Schilffront um fast 2 Meter. Hierfür macht Dienst die relativ niederen Hochwässer in dieser Zeit verantwortlich. Wenn die Jungschilfhalme nicht stark überschwemmt werden, können sie besser wachsen und Reservestoffe im Wurzelsystem ansammeln. Dies ermöglicht eine bessere Expansion - auch seawärts in tiefer gelegene Bereiche. Aber selbst unter derart günstigen Bedingungen wie in den 90er Jahren ist mit mehreren Jahrzehnten zu rechnen, bis die durch das Extremhochwasser innerhalb eines Jahres verursachten Röhrichtverluste wieder ausgeglichen sind.

Ostendorps Geländeuntersuchungen begleiten die Luftbilddatenauswertungen. Der Wissenschaftler erhebt in 50 Versuchsflächen die Bestandsstrukturen, Halmausbildungen und Reservestoffe im Wurzelsystem. Hierbei hat er unter anderem festgestellt, dass die stark geschädigten Flächen nur noch wenig Reservestoffe im Wurzelsystem gespeichert haben und dadurch nur kleinwüchsige Halme hervorbringen. Damit sind sie nicht nur anfälliger auch gegen „normale“ Hochwässer, sie scheinen

zudem auch gegenüber dem Schilfkäfer anfälliger zu sein. Der Schilfkäfer schädigt die Schilfpflanze, indem er die Wurzeln anbohrt und dadurch den Lufttransport unterbindet. Diese ohnehin stark geschädigten Flächen mit ihren geschwächten Schilfhalmen sind in der Regel vom Jahr 2000 bis 2001 vollends abgestorben. Doch haben sich die höher gelegenen Flächen relativ gut erholt, obwohl dort oft eingeschwemmtes Schilftreibgut den Boden bedeckt.

Schilfröhricht ist gegenüber Hochwässern empfindlich. Die Schilfpflanze ist keine Wasserpflanze, und die Jungpflanzen können nur wenige Wochen unter Luftausschluss wachsen.

Projektleiter Böcker befürchtet, dass die *Klimaveränderung* am Schilfrückgang schuld sei. Denn die Hochwässer kämen wegen der milden Winter immer früher, und die erst ab April hochwachsenden Schilfhalme hätten es schwer, den Wettlauf mit dem ansteigenden Wasserspiegel zu gewinnen. Das könnte in Uferbereichen vor allem dort, wo landseits die Rückzugsflächen durch Verbauung fehlen, das Aus für Schilfröhrichte und damit für wichtige *ökologische Funktionen* bedeuten. Denn Schilfröhrichte schützen nicht nur vor Ufererosion. Ihre unter Wasser stehenden Halme vergrößern die für Bakterien besiedelbare Oberfläche in der Uferzone um ein Vielfaches, so dass Einträge organischer Abwässer direkt in der Uferzone abgebaut und Belastungen vom Freiwasser ferngehalten werden können.

Für die *Tierwelt* sehen die Hohenheimer Biologen durch den Rückzug der Schilffront eher Nachteile. Zum Beispiel wird der Lebensraum schilfbewohnender Vögel durch den Röhrichtschwund eingeengt. Es gibt dadurch nicht nur weniger Brutfläche, sondern auch die Brutzeit wird verkürzt, da die höher liegenden Restrohrichte nicht mehr so lange wie die früher tiefer liegenden überschwemmt werden. Und darauf sind Enten, Rallen und Taucher angewiesen. Andererseits können für manche Tiergruppen durch das lückiger gewordene Röhricht auch Vorteile entstehen. Die Fische nämlich können jetzt ungehinderter in die Schilfbestände hinein schwimmen, und durch den verbesserten Wasseraustausch mit dem Freiwasser ist die Sauerstoffversorgung in den überschwemmten Röhrichtern besser.

Die Uferzone des Bodensees ist durch die annähernd natürlichen Wasserstandsschwankungen des Sees ein sehr dynamisches System, sagt Schmieder, an das sich die hier lebenden Pflanzen und Tiere angepasst haben. Bleiben genügend Rückzugsflächen vorhanden, können auch solche Extremereignisse mittelfristig gut kompensiert werden.

*Prof. Dr. Reinhard Böcker, Michael Dienst,
Dr. Wolfgang Ostendorp und Dr. Klaus Schmieder
Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie
der Universität Hohenheim*

Zehn Jahre Umweltpreis für Unternehmen

Vorbildliche Betriebe erhielten für ökologisch herausragende Leistungen 97 Auszeichnungen

Eine der vordringlichen Zukunftsaufgaben ist es, Wirtschaftswachstum auf der Basis umweltverträglicher Produktionsverfahren und Produkte zu fördern. Wer umweltgerecht produziert und seine Betriebsabläufe ressourcenschonend organisiert, der gewinnt nicht nur öffentliches Ansehen und ein gutes „Umweltbewusstsein“. Er spart darüber hinaus regelmäßig auch Kosten und kann schließlich noch mit seiner auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Unternehmensphilosophie werben.

Seit dem Jahr 1993 würdigt daher das Land Baden-Württemberg ökologisch herausragende und besonders qualifizierte Leistungen eines Unternehmens zugunsten der Umwelt mit dem Umweltpreis für Unternehmen. Die Urkunden für die *Preisträger 2001 und 2002* überreichte Umwelt- und Verkehrsminister Ulrich Müller MdL am 4. Juli 2002 in einer Feierstunde bei der Jubiläumsausstellung des Landes „Erde 2.0“ auf dem Killesberg in Stuttgart.

Für unsere Welt von morgen ist eine gesunde Umwelt die unabdingbare Grundlage. Viele Ressourcen, die wir heute verbrauchen, stehen uns morgen nicht mehr für Konsum- und Produktionszwecke zur Verfügung. Wir sind heute vor die Herausforderung gestellt, den materiellen Wohlstand unserer Gesellschaft und kommender Generationen zu sichern und dabei unsere natürlichen Lebensgrundlagen zu wahren. Eine unserer zentralen Aufgaben ist es deshalb, Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch auf der Grundlage umweltfreundlicherer Produktionsverfahren und Produkte zu entkoppeln.

Mit dem Umweltpreis für Unternehmen zeichnet das Land Baden-Württemberg unternehmerischen Einsatz und unternehmerische Leistungen aus, die in vorbildhafter Weise mithelfen, den Schutz und den Erhalt unserer Umwelt weiter voranzubringen.

Der Umweltpreis ist ein sehr ambitionierter Wettbewerb. Unternehmen, die eine *Auszeichnung (Preis oder Anerkennung)* erhalten, müssen ein breites Qualitätsprofil erfüllen: ökologieorientierte Unternehmensführung und Mitarbeiterschulung bis hin zu ressourcenschonenden Betriebsabläufen und zur Entwicklung umweltfreundlicherer Produkte. Durch die Auszeichnung erhalten Unternehmen, die erfolgreich Umweltschutz praktizieren, die verdiente öffentliche Aufmerksamkeit: als Ansporn, in ihren Bemühungen fortzufahren - aber auch als Impulsgeber für andere Unternehmen.

Gleichzeitig zeigen die Unternehmen, die eine Auszeichnung erhalten, mit beispielhaften Aktivitäten, dass sich die *Verknüpfung von Ökologie und Ökonomie* auch wirtschaftlich rechnet.

Es ist nicht nur gut für die Ökobilanz, sondern es zahlt sich auch wirtschaftlich aus, das Klima zu schützen und den Ressourcenverbrauch zu drosseln. Hinzu kommen die positiven Effekte auf das Arbeitsklima im Unternehmen und die Motivation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

Schließlich stärkt der Umweltpreis für Unternehmen die Partnerschaft von Wirtschaft und Umwelt in Baden-Württemberg.

Seit der erstmaligen Ausschreibung des Umweltpreises im Jahr 1993 konnte der Umweltminister insgesamt 97 Unternehmen auszeichnen: 19 mit einem Preis und 78 mit Anerkennungen. Alle diese prämierten Unternehmen betreiben betrieblichen Umweltschutz in einer besonders innovativen Art und Weise, die sich durch die ganzen Unternehmen zieht. Dabei „leben“ alle, ob Chef oder Beschäftigte, bewusst und nach außen überzeugend Umweltschutz.

Den Wettbewerb schreibt das Ministerium für Umwelt und Verkehr abwechselnd jedes Jahr für Unternehmen und Selbstständige aus *zwei* der folgenden *vier Wirtschaftssektoren* aus: *Dienstleistungen, Handwerk, Industrie und Handel*. Für jeden Wirtschaftssektor gibt es jeweils einen Preis und mehrere Anerkennungen. Die Vergabe der Auszeichnung orientiert sich an folgenden Kriterien: Unternehmensführung, Personal, Kommunikation nach außen/Marketing, Produkte/Dienstleistungen, Gestaltung des Betriebsablaufs, Transport und Verkehr, Selbstdarstellung und Verbesserungsvorschläge.

Die Entscheidung über die Vergabe der Preise und Anerkennungen fällt eine unabhängige *Jury*. Ihr gehören Vertreter der Wirtschaftsorganisationen, Gewerkschaften, Umwelt- und Naturschutzverbände, des Wirtschaftsministeriums und des Ministeriums für Umwelt und Verkehr an.

Die Preisträger erhalten eine *Urkunde*. Eine finanzielle Zuwendung ist mit dem Umweltpreis nicht verbunden.

Dr. Klaus Schrode
Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg

Projektförderungen 2000 und 2001

| Leiter | Institution | Titel | Förderkennzeichen | Laufzeit |
|---|--|---|-------------------|-------------------------|
| Förderbereich A: Nachhaltigkeitsstrategien | | | | |
| Becker, Michel, Prof. Dr. | Universität Freiburg/Institut für Forstpolitik und Raumordnung | Umweltverträgliche Regionalentwicklung durch Aktivierung endogener forst- und holzwirtschaftlicher Potentiale | BWA20004 | 01.03.2000 – 30.04.2002 |
| Doluschitz, Reiner, Prof. Dr. | Universität Hohenheim/Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre | Kontinuierliche Verbesserung des betrieblichen Umweltschutzes durch die Umsetzung der EMAS-Verordnung - Benchmarks als Erfolgsindikatoren für das Umweltmanagement in Unternehmen der Milchwirtschaft | BWA20003 | 01.01.2000 – 31.12.2001 |
| Frings, Ellen, Dipl.-Ing. | Institut für Energie- und Umweltforschung e. V. (IFEU), Heidelberg | Vom Umwelt- zum Nachhaltigkeitsbericht - Anforderungen und Kriterien | BWA20010 | 01.11.2000 – 31.12.2002 |
| Hoffmann, Esther, Dipl.-Ing. | Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) GmbH, Berlin | Innovationswirkungen des EG-Umwelt-Auditsystems in Baden-Württemberg - Eine Analyse auf Basis einer Breitenbefragung und Fallstudien, Teil 2 | BWA20014 | 01.10.2000 – 30.09.2002 |
| Kern, Peter, Prof. Dr.-Ing. | Universität Stuttgart/Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement | MESA - Entwicklung von Methoden zur Einführung eines betrieblichen Stoffmanagements in Automobilzulieferbetrieben | BWA20011 | 01.03.2001 – 30.09.2003 |
| Rennings, Klaus, Dr. | Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH, Mannheim | Innovationswirkungen des EG-Umwelt-Auditsystems in Baden-Württemberg - Eine Analyse auf Basis einer Breitenbefragung und Fallstudien, Teil 1 | BWA20013 | 01.10.2000 – 30.09.2002 |
| Rey, Uwe, Dipl.-Math. | Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, Stuttgart | IKARUS - Internet-Katalog betrieblicher Umweltinformationssysteme | BWA20015 | 01.05.2000 – 30.04.2001 |
| Vetter, Reinhold, Dr. | Institut für Umweltgerechte Landbewirtschaftung, Müllheim | Nachwachsende Rohstoffe in Baden-Württemberg: Identifizierung vorteilhafter Produktlinien zur stofflichen Nutzung unter besonderer Berücksichtigung umweltgerechter Anbauverfahren | BWA20002 | 01.04.2000 – 31.03.2002 |
| Wacker, Manfred, Dipl.-Ing. | Universität Stuttgart/Institut für Straßen- und Verkehrswesen | Ergänzung zu PEF 4 98001: Systematischer Vergleich konkreter Fahrten im Personenverkehr im Hinblick auf umwelt- und klimarelevante Wirkungen verschiedener Verkehrsmittel | BWA20016 | 01.07.2000 – 31.12.2000 |
| Förderbereich B: Ökologische und gesundheitliche Beeinträchtigungen durch anthropogene Umweltbelastungen | | | | |
| Abraham, Klaus, Dr. | Universitätsklinikum Charité Berlin/Kinderklinik | Veränderungen biologischer Parameter (Immunsystem, Cytochrom P450-System) bei 3 hoch 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin (TCDD)-exponierten Personen aus Wien | BWB20002 | 01.07.2000 – 31.05.2001 |

Projektförderungen 2000 und 2001

| Leiter | Institution | Titel | Förderkennzeichen | Laufzeit |
|---|--|---|-------------------|-------------------------|
| Angerer, Jürgen, Prof. Dr. | Universität Erlangen/Nürnberg/ Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin | Belastung der Allgemeinbevölkerung mit aromatischen Aminoverbindungen - Der Einfluss von Ernährung und Bekleidung | BWB20007 | 01.01.2001 – 31.12.2002 |
| Diabaté, Silvia, Dr. | Forschungszentrum Karlsruhe/Institut für Genetik und Toxikologie | Gesundheitseffekte durch inhalierbare Feinstäube aus technischen Verbrennungsanlagen: In vitro Untersuchungen zur Wirkung feiner und ultrafeiner Partikel auf kultivierte Lungenzellen | BWB20013 | 01.11.2000 – 31.12.2002 |
| Hartwig, Andrea, Prof. Dr. | Universität Karlsruhe/Institut für Lebensmittelchemie und Toxikologie | Spezies der Kfz-emittierten Platingruppenelemente (PGE) und ihre toxikologische Wirkung (Teil B) | BWB20012 | 01.06.2001 – 31.12.2003 |
| Kloas, Werner, Dr. | Forschungsverbund Berlin e. V./Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei | Identifizierung und Quantifizierung endokrin wirksamer Substanzen (endocrine disruptors) sowie deren Risikobewertung für die Reproduktionsbiologie - Amphibien als Indikator für Ökosysteme | BWB20006 | 01.01.2001 – 31.12.2002 |
| Kloas, Werner, Dr. | Forschungsverbund Berlin e. V./Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei | Welchen Einfluss haben Umweltchemikalien durch endokrine Effekte auf die Reproduktion? Amphibien als Indikator für Ökosysteme (Teil 2) | BWB99001 | 01.01.2000 – 31.12.2000 |
| Riechelmann, Herbert, Prof. Dr. | Universitätsklinikum Ulm/HNO-Klinik | Wirkung urbaner Stäube auf das Zell- und Zytokinmuster der humanen Nasenschleimhaut | BWB20004 | 01.12.2000 – 30.11.2002 |
| Stüben, Doris, Prof. Dr. | Universität Karlsruhe/Institut für Petrographie und Geochemie | Spezies der Kfz-emittierten Platingruppenelemente (PGE) und ihre toxikologische Wirkung (Teil A) | BWB20011 | 01.09.2000 – 31.12.2003 |
| Wießler, Manfred, Prof. Dr. | Deutsches Krebsforschungszentrum/Forschungsschwerpunkt Krebsrisiko und Krebsprävention | In vivo DANA-Addukte des Luftschadstoffes 3-Nitrobenzanthron; Bildung und Identifizierung | BWB20003 | 01.10.2000 – 30.06.2002 |
| Förderbereich C: Ressourcenschutz und Strategien zur Minderung von Umweltbelastungen | | | | |
| Alles, Erich, Dr. | | Konsolidierung ehemals versauerter Bachläufe, dokumentiert anhand der Veränderungen der Kieselalgen-Zönose | BWC20018 | 01.03.2001 – 31.07.2002 |
| Böcker, Reinhard, Prof. Dr. | Universität Hohenheim/Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie/Fachgebiet Landschaftsökologie und Vegetationskunde | Auswirkungen des Extremhochwassers 1999 auf die Uferferröhrchte des Bodensees | BWC20011 | 01.04.2000 – 30.04.2003 |

Projektförderungen 2000 und 2001

| Leiter | Institution | Titel | Förderkennzeichen | Laufzeit |
|--------------------------------|---|--|-------------------|-------------------------|
| Buchwald, Rainer, Dr. | Hochschule Vechta/Institut für Naturschutz und Umweltbildung | Naturschutzorientierte Untersuchungen zur Bestandssituation dreier europaweit geschützter Libellenarten auf Metapopulationsniveau unter Einsatz eines Geographischen Informationssystems (GIS) | BWC20001 | 01.03.2000 – 28.02.2003 |
| Fischer, Klaus, Dr.-Ing. | Universität Stuttgart/Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft | Emissionsminderung von Biofiltern durch eine neuartige Methode zur Überwachung der Filterfeuchte | BWA20001 | 01.04.2000 – 31.12.2002 |
| Hahn, Hermann H., Prof. Ph. D. | Universität Karlsruhe/Institut für Siedlungswasserwirtschaft | Stoffstromanalyse für kleine und mittlere Flussgebiete als Grundlage für die Planung und Umsetzung von Gewässerschutzmaßnahmen (Vorprojekt) | BWC20003 | 01.10.2000 – 31.07.2001 |
| Kandeler, Ellen, Prof. Dr. | Universität Hohenheim/Institut für Bodenkunde und Standortslehre (310) | Boden- und Flächenressourcenmanagement in Ballungsräumen: Teilprojekt: Biologische und ökotoxikologische Bewertung von Böden in Ballungsräumen | BWC20009 | 01.10.2000 – 30.09.2003 |
| Krieger, Nils, Dipl.-Ing. | Landeshauptstadt Stuttgart/ Stadtplanungsamt | Nachhaltiges Bauflächenmanagement | BWC20022 | 01.03.2001 – 28.02.2003 |
| Leonhard, Wera, Dipl.-Ing. | Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart | Elimination von Phosphor aus Produktionsabwässern der Oberflächentechnik | BWC20007 | 01.11.2000 – 30.04.2002 |
| Oppermann, Bettina, Dipl.-Ing. | KOMMA.PLAN, Stuttgart | Kooperatives Flächenmanagement zwischen Wirtschaft, Verwaltung und Bürgerschaft: Problemtypologien, Einigungspotenziale und Akteurskonstellationen in Baden-Württemberg | BWC20023 | 01.06.2001 – 30.11.2002 |
| Russell, David, Dr. | Staatliches Museum für Naturkunde Görlitz | Feststellung und Modellierung der kurzfristigen Jahresdynamik und kleinräumlichen Variabilität von endogäischen Insekten auf Bodendauerbeobachtungsflächen in Baden-Württemberg – Erhöhung der Aussagekraft des Monitoringprogramms in Rheinauen | BWC20020 | 01.07.2001 – 30.06.2003 |
| Stüben, Doris, Prof. Dr. | Universität Karlsruhe/Institut für Petrographie und Geochemie | Entwicklung eines Bewertungsverfahrens zur erfolgreichen Anwendung einer Kalzitaufspülung für die interne Restaurierung eutropher Baggerseen in Baden-Württemberg | BWC20002 | 01.11.2000 – 31.10.2001 |

Projektförderungen 2000 und 2001

| Leiter | Institution | Titel | Förderkennzeichen | Laufzeit |
|--|---|---|-------------------|-------------------------|
| Westrich, Bernd, Prof. Dr. | Universität Stuttgart/Institut für Wasserbau | Neue naturnahe Bauweisen für überströmbare Dämme an dezentralen Hochwasserrückhaltebecken zur Erprobung von Erkundungsmethoden zur Beurteilung der Sicherheit von Absperrdämmen | BWC20004 | 01.11.2000 – 31.10.2002 |
| Förderbereich D: Altlasten, Abfall, Umwelttechnik | | | | |
| Barczewski, Baldur, Dr.-Ing. | Universität Stuttgart/Institut für Wasserbau | Pilotversuch zur energiesparenden, ökonomischen Reinigung kontaminierten Grundwassers im innerstädtischen Bereich mit einem Dichtwand-Heber-Reaktor am „Öl-Epple“-Areal in Stuttgart | BWD20005 | 01.11.2000 – 31.01.2003 |
| Brandelik, Alex, Dr. | Forschungszentrum Karlsruhe/Institut für Meteorologie und Klimaforschung | Dichtungskontrollsystem für Deponien | BWD20003 | 01.04.2000 – 30.11.2002 |
| Doluschitz, Reiner, Prof. Dr. | Universität Hohenheim/Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre | Kontinuierliche Verbesserung des betrieblichen Umweltschutzes durch die Umsetzung der EMAS-Verordnung - Benchmarks als Erfolgsindikatoren für das Umweltmanagement in Unternehmen der Milchwirtschaft | BWA20003 | 01.01.2000 – 31.12.2001 |
| Domnick, Joachim, Dr.-Ing. | Universität Stuttgart/Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb | Neue Pulversprühorgane zur Erweiterung der Anwendbarkeit der Pulverlacktechnik | BWD20006 | 01.10.2000 – 30.09.2002 |
| Fischer, Klaus, Dr.-Ing. | Universität Stuttgart/Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft | Emissionsminderung von Biofiltern durch eine neuartige Methode zur Überwachung der Filterfeuchte | BWA20001 | 01.04.2000 – 31.12.2002 |
| Kandeler, Ellen, Prof. Dr. | Universität Hohenheim/Institut für Bodenkunde und Standortslehre (310) | Boden- und Flächenressourcenmanagement in Ballungsräumen: Teilprojekt: Biologische und ökotoxikologische Bewertung von Böden in Ballungsräumen | BWC20009 | 01.10.2000 – 30.09.2003 |
| Ondratschek, Dieter, Dipl.-Ing. | Universität Stuttgart/Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb | Einsatz lacksparender, elektrostatischer Hochrotationsglocken beim Lackieren von Holz und Holzwerkstoffen | BWD20002 | 01.02.2000 – 30.09.2000 |
| Weisweiler, Werner, Prof. Dr. | Universität Karlsruhe/Institut für Chemische Technik | Entwicklung von Katalysatoren zur simultanen Entfernung von Stickoxiden und Ruß aus dem Abgas von Kraftfahrzeug-Dieselmotoren („Zwei-Wege-Katalysator“) | BWD20001 | 01.03.2000 – 31.12.2001 |
| Förderbereich E: Regionale Klimaschutzstrategien | | | | |
| Bächlin, Wolfgang, Dr. | Ingenieurbüro Dr. A. Lohmeyer, Karlsruhe | Erstellung eines Validierungsdatensatzes für die Geruchsausbreitungssimulation | BWE20003 | 01.04.2000 – 30.09.2001 |

Projektförderungen 2000 und 2001

| Leiter | Institution | Titel | Förder- kennzeichen | Laufzeit |
|--------------------------------------|--|---|------------------------|----------------------------|
| Brohmann, Bettina, Dr. | Öko-Institut e. V. Institut für Angewandte Ökologie/ Geschäftsstelle Freiburg | Klimaschutz durch Verhaltensänderungen - Potenziale sozialer Motivationsstrategien in Baden- Württemberg | BWE20007 | 01.11.2000 – 31.03.2002 |
| Friedrich, Rainer, Prof. Dr. | Universität Stuttgart/Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung | Ermittlung der Feinstaubemissionen in Baden- Württemberg und Betrachtung möglicher Minderungsmaßnahmen | BWE20005 | 01.11.2000 – 31.01.2003 |
| Friedrich, Rainer, Prof. Dr. | Universität Stuttgart/Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung | Minderung von NMVOC- Emissionen aus der Lösemittelanwendung in Baden- Württemberg | BWE20010 | 01.10.2001 – 30.09.2003 |
| Jungbluth, Thomas, Prof. Dr. | Universität Hohenheim/Institut für Agrartechnik | Ermittlung eines Datensatzes zur dynamischen Geruchsfreisetzung aus Schweineställen und deren Auswirkung auf das Ausbreitungsverfahren von Geruchsstoffen | BWE20004 | 01.04.2000 – 31.03.2002 |
| Reinhardt, Guido, Dr. | Institut für Energie- und Umweltforschung e. V. (IFEU), Heidelberg | Analyse von Minderungspotenzialen der partikelrelevanten Emissionen durch die Landwirtschaft in Baden-Württemberg | BWE20009 | 01.07.2001 – 30.06.2003 |
| Rentz, Otto, Prof. Dr. | Universität Karlsruhe, Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion | Entwicklung einer kombinierten Minderungsstrategie für Treibhausgase und die Massenluftschadstoffe SO ₂ und NO _x | BWE20006 | 01.10.2000 – 30.06.2002 |
| Richter, C.-J., Dipl.-Met. | IMA Richter & Röckle, Freiburg | Untersuchung der Lagerfähigkeit von Geruchsproben | BWE20002 | 01.04.2000 – 30.04.2002 |
| Schatzmann, Michael, Prof. Dr. | Universität Hamburg/ Meteorologisches Institut | Bereitstellung systematischer Vergleichsdaten für die Entwicklung und Validierung numerischer Geruchsausbreitungsmodelle - Windkanalversuche im Verbund- Projekt „Geruchsfreisetzung und -ausbreitung“ | BWE20001 | 01.04.2000 – 31.03.2002 |
| Voss, Alfred, Prof. Dr. | Universität Stuttgart/Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung | Perspektiven stationärer Brennstoffzellen im Energiesystem Baden- Württembergs | BWE20008 | 01.11.2000 – 31.10.2002 |

Kontakte

Ihre Ansprechpartner rund um BWPLUS



BWPLUS-Projektträger:

BWPLUS wird organisatorisch und finanziell durch das Forschungszentrum Karlsruhe verwaltet.

BWPLUS-Büro

Forschungszentrum Karlsruhe
Umwelt und Technik GmbH
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Projektleitung

Dr. Frank Horsch
Telefon 07247/82-5190
E-Mail: frank.horsch@bw-plus.fzk.de

Sekretariat

Telefon 07247/82-5191, Telefax 07247/82-3929
Zentrales E-Mail-Postfach: bwplus@bw-plus.fzk.de

Transfer „Umweltforschung Baden-Württemberg“:

Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg

Referat 22 - Ökologie, Forschung, Klimaschutz
Dr. Günther Turian
Kernerplatz 9
70182 Stuttgart
Telefon 0711/126-2672, Telefax 0711/126-2867
E-Mail: guenther.turian@uvm.bwl.de

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg

Referat 21 - Konzeptentwicklung, Forschungstransfer
Dr. Rosemarie Umlauff-Zimmermann
Griesbachstraße 1
76185 Karlsruhe
Telefon 0721/983-1542, Telefax 0721/983-1414
E-Mail: rosemarie.umlauﬀ-zimmermann@lfuka.lfu.bwl.de

Informationen im Internet:

www.umweltforschung.baden-wuerttemberg.de
www.bwplus.fzk.de