

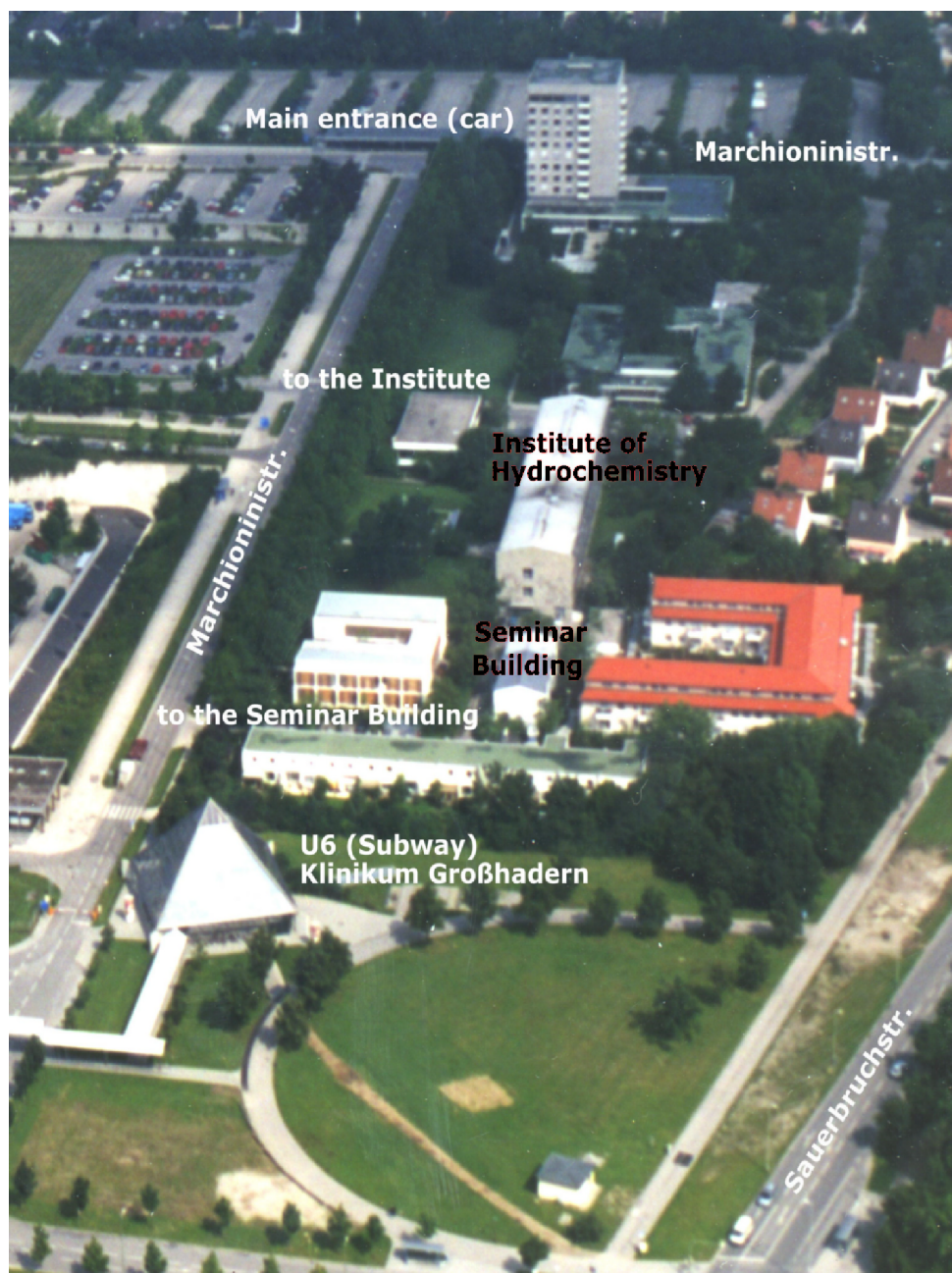


Jahresbericht

Institut für Wasserchemie
und Chemische Balneologie

Lehrstuhl für Hydrogeologie,
Hydrochemie und Umweltanalytik

1998



Institut für Wasserchemie und Chemische Balneologie
 Lehrstuhl für Hydrogeologie, Hydrochemie und Umweltanalytik
 Marchioninstr. 17, D-81377 München, Tel. (089)7095-7981, Fax -7999
 E-mail: sysop@ws.chemie.tu-muenchen.de

Verantwortlich: o. Univ.-Prof. Dr. Reinhard Nießner
 Redaktionelle Bearbeitung: Dr. Thomas Baumann

Dieser Jahresbericht ist auch im WWW erhältlich: <http://www.ws.chemie.tu-muenchen.de>

Vorwort

Bereits zum neunten Mal wird in gedrängter Form über den Ist-Zustand des Instituts bzw. Lehrstuhls hier berichtet. Auch das Jahr 1998 ist wieder voller Herausforderungen gewesen.

Der im letzten Jahresbericht angedeutete Trend der Änderung in den Drittmittelquellen hat sich bewahrheitet. Während in früheren Jahren Landesmittel in hohem Maß zugeflossen sind, ist nunmehr ein Schwenk zu Subventionen von Bund und Wirtschaft ersichtlich. Innerhalb Bayerns läuft Ende dieses Berichtsjahres auch der von uns mitgestaltete Forschungsverbund BayFORKLIM aus. Dieser diene vorrangig zur Stabilisierung unserer Luftreinheitsforschung auf dem Gebiet der Verkehrsemissionen. Glücklicherweise hat sich auch international das Interesse auf diese Problematik fokussiert. Trotz intensiver Bemühungen der Automobilindustrie werden Aerosole im städtischen Ballungsraum in die nächsten Jahre dominierendes Thema bleiben. Neu dazu gekommen sind Forschungsansätze auf dem Sektor der allergieauslösenden Partikel.



Im Wasserbereich konnten verschiedene Projekte der Wasseraufbereitung mit sehr gutem Erfolg abgeschlossen werden. Wir bemühen uns gegenwärtig, mit Kooperationspartnern in Frankreich, Spanien und Österreich auf dem Gebiet der oxidativen Wasserbehandlung international getragene Problemlösungen zu erarbeiten. Besonders aufregend verspricht ein neu bewilligtes Gemeinschaftsvorhaben des BMBF mit Kollegen aus Göttingen und Karlsruhe zu werden: Hier geht es um die Etablierung und Anwendung eines Rasterröntgenmikroskopes am Berliner Synchrotron BESSY II für Hydrokolloidprobleme der Nano- und Ultrafiltration in der Flüssigphase. Bereits 1989 wurde ich äußerst skeptisch in Bezug auf unsere aus Dortmund mitgebrachten Farbstofflasersysteme und deren Nutzen für die Wasserchemie befragt, und jetzt noch das Synchrotron!

Im Deponiebereich konnten mit Forschungsaufgaben zur Wärmebildung von Schlacken und Aschen bei Kontakt mit Sickerwasser und der Untersuchung der Bildung flüchtiger Siliziumspezies im Deponiegas im wahrsten Sinn „heiße Eisen“ angepackt werden. Hier stehen wir an vorderster Forschungsfront. Besonders die Silizium-organische Chemie wird ein Thema für Umweltchemiker und Toxikologen werden.

Der Immunoassay-Sektor steht ebenfalls in scharfem Wettbewerb mit internationalen Gruppen um das effektivste Screening mit hochparallelen High-Throughput-Auslesetechniken. Hier versuchen wir möglichst viele unterschiedliche Erkennungsstrukturen auf kleinster Fläche unterzubringen und nach einer Immun-Reaktion wieder quantitativ auszulesen. Ein Verfahren, welches den zwei Chemie-Doktoranden A. Schütz und M. Winklmeier anlässlich des Intern. Chemilumineszenz-Kongresses in Bologna 1998 einen namhaften Preis einbrachte.

Auf dem Gebiet der angewandten Lasertechnik ist die Suche nach alternativen gepulsten laserähnlichen Lichtquellen für faseroptische Sensoren erfolgreich. Mittels der stimulierten Ramanemission gelang die parallele Erzeugung und Nutzung von mindestens acht individuellen Wellenlängen im UV/VIS-Bereich von 260 – 380 nm. Ein Bereich, wo bislang kaum vernünftig nutzbare Laserlichtquellen für chemische Sensorik zur Verfügung stehen. Neu etabliert am Institut wird nunmehr auch die Laser-Raman-Mikroskopie zur Identifizierung von Mineralphasen an Partikeloberflächen bzw. zur Identifizierung von Polymer-Partikeln. Ebenfalls bewilligt wurde ein weiteres Großgerät, ein MALDI-TOF-MS, das vorrangig für die Peptidanalytik im Bereich seltener wassergängiger Algentoxine Verwendung finden wird. Im Bereich der Großgeräteausstattung wird damit das Institut seine führende Position zumindest halten können.

Schwieriger ist die Findung begeisterter Studenten der Fachrichtungen Chemie, Physik und Geologie geworden. Der Markt ist enger, was sich bei uns in sinkenden Belegschaftszahlen widerspiegelt. Die Konsequenz wird sein, daß wir uns auf Kernkompetenzen zurückziehen werden.

Das Jahr 1998 war trotzdem erstaunlicherweise das bislang erfolgreichste in Bezug auf die Einwerbung von Drittmitteln. Es wird nicht einfach sein, das erzielte Niveau zu halten.

Umso dankbarer sind wir all den Förderern, die uns dieses Jahr wieder mit Rat und Tat begleitet haben. Neben dem Kreis der Freunde unseres Institutes waren dies besonders das BMBF, die DFG, die Europäische Union, BayFORREST, BayFORKLIM, die Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e. V., die Bayerische Forschungsförderung und die chemische Großindustrie.

Ich hoffe, daß dieser Jahresbericht Ihnen das eine oder andere Interessante offenbart. Auf jeden Fall erbitte ich auch für das kommende Jahr wieder die Unterstützung und den Rat aller. Ich darf besonders den Institutsangehörigen für ihre hervorragende Mitarbeit danken.

München, Februar 1999

Univ.-Prof. Dr. R. Nießner
Ordinarius und Institutsvorstand

1 Forschung

1.1 Hydrogeologie

1.1.1 Exothermer Stoffumsatz in MVA-Schlackedeponien

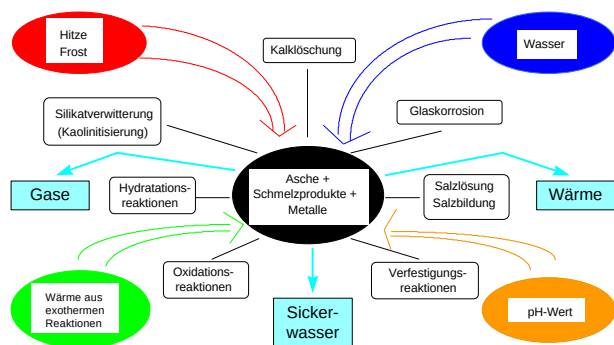
Förderung: BayStMLU

Bei der Verbrennung von Hausmüll und hausmüllähnlichem Abfall in Müllverbrennungsanlagen entstehen Schlacken, die über einen Naßentschlacker ausgetragen werden. Dieses inhomogene Gemisch (Aschen, Schmelzprodukte, materialspezifische Komponenten) wird nach einer 3wöchigen Zwischenlagerung in der Deponie eingebaut. Bei der Lagerung kommt es aufgrund von Wassereintritt zu exothermen Reaktionen. Der damit verbundene Temperaturanstieg in der abgelagerten Schlacke wirkt sich negativ auf die Haltbarkeit der Kunststoffdichtungsbahn, die ein zentrales Element des Regelaufbaus der Deponieabdichtung darstellt, aus und begünstigt darüber hinaus ein Austrocknen der mineralischen Dichtungsschicht. Mit konventionellen Methoden wird die Temperaturentwicklung der eingebauten Schlacke in der Deponie beobachtet und der Phasenumsatz der alterierenden Schlacke in Beziehung der unveränderten Schlacke gesetzt, um die für die Temperaturerhöhung zuständigen Phasenreaktionen bestimmen zu können.

Die im Ofen gebildeten amorphen und kristallinen Phasen sind bei Raumtemperatur nicht stabil. Bedingt durch Wasserzutritt und klimatische Einflüsse, wie Hitze und Frost, aber auch durch freiwerdende Wärme von exothermen Reaktionen stellt sich infolge von endothermen und exothermen Verwitterungsreaktionen ein neues Gleichgewicht ein. Die auf die Schlacke einwirkenden Faktoren und die kausalen Zusammenhänge bzgl. der Verwitterungsreaktionen sind in der Abbildung zusammengestellt. In den ersten Wochen bis Monaten kommt es zu Lösungsvorgängen leicht löslicher Salze und Sulfate. Infolge des hohen pH-Wertes >11 (gelöster Portlandit bzw. noch nicht gelöschter Kalk in den Blasen Hohlräumen der Schlacke) kommt es zur Mobilisation von nicht silikatisch gebundenem Silizium und Aluminium (Gläsern). Neben Sulfatreaktionen kommt es zu Verfestigungsreaktionen, die sich in der Bildung von Calcit und Calciumsilikathydratphasen (CSH-Phasen) ausdrücken. Aufgrund von Wasser- und Sauerstoffzutritt zu den MVA-Schlacken kommt es zu Hydratisierungs- (u.a. Gips, Gibbsite) und Oxidationsreaktionen (z. B. Rostbildung). Bei metallhaltigen Fragmenten (Aluminium, Zn-haltige Legierungen) bilden sich infolge exothermer, Wasserstoff freisetzender Reaktionen trichterartige Gebilde aus. Mit Hilfe von Elementverteilungsbildern gewinnt man Aussagen über den Stoffaustausch.

Abhängig von chemischen und physikalischen Parametern wie u.a. Kinetik, Reaktionsoberfläche, Sauerstoff-, Kohlendioxid- und Wasserpermeabilität, Sauerstoff fugazität, pH-Wert und Temperatur laufen die Verwitterungsreaktionen zwischen Tagen und Jahren ab.

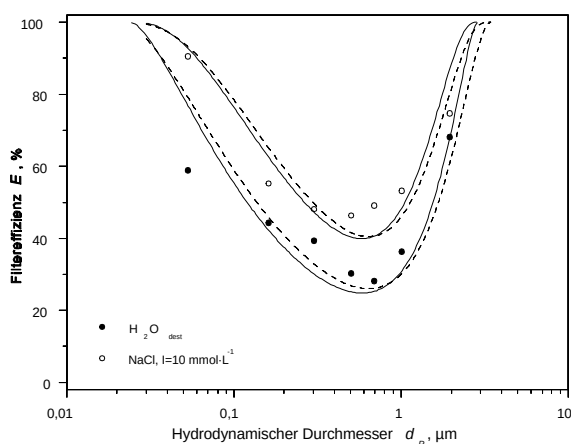
(E. Kahapka, C. Speiser)



1.1.2 Ausbreitung deponierelevanter Substanzen in unterschiedlichen Grundwasserleitern

Förderung: Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft

Die Mobilität, d.h. Transport und Filtration von Kolloiden in einem Aquifer wird durch die Filtrationstheorie beschrieben. Die physikalischen Prozesse, die zur Filtration von Kolloiden aus dem Grundwasser führen und damit die Filtrationseffizienz eines Filterbetts mitbestimmen, sind die Brown'sche Molekulardiffusion, Interzeption und Sedimentation. Trägt man die numerisch berechnete Filtrationseffizienz E als Funktion der Partikelgröße d_p auf, so läßt sich für Partikel mit einem Durchmesser von etwa $1\ \mu\text{m}$ eine minimale Filtrationseffizienz erkennen. Für größere wie auch für kleinere Partikel steigt die Filtrationseffizienz stark an. Elektrostatische Wechselwirkungen zwischen Kolloid und Sedimentoberfläche bleiben hierbei unberücksichtigt, werden aber durch die DLVO-Theorie beschrieben und besagen im wesentlichen, daß die Abstoßung zwischen Kolloid und Sediment um so größer wird, je geringer die Ionenstärke und Ladung des dominierenden Kations in der Lösung ist. Um die Filtrationseffizienz der Sedimente aus München und Sengenthal quantifizieren zu können, wurde das Transportverhalten von Latexkolloiden im Größenbereich zwischen $53\ \text{nm}$ und $1,96\ \mu\text{m}$ unter kontrollierten hydrochemischen Bedingungen untersucht. Die erhaltenen Ergebnisse bestätigten qualitativ die Vorhersagen der Filtrations- und DLVO-Theorie. Neben den reinen Transportversuchen mit Schwermetallen nach einer Peakinjektion wurden in dem Modellaquifer mit Sengenthaler Sanden Versuche zur Remobilisierung sorbierter Schwermetallionen durch Erhöhung des hydraulischen Gradienten durchgeführt. Dabei konnte ein unterschiedliches Remobilisierungsverhalten der einzelnen Schwermetallionen As^{5+} , Cd^{2+} , Cr^{6+} und Ni^{2+} festgestellt werden. Während für Chrom ein deutlicher Durchgang zu beobachten war, konnte für die übrigen Kontaminanten nur eine Erniedrigung der Hintergrundkonzentration festgestellt werden. Der kolloidale Transportpfad spielt auch hierbei insgesamt eine untergeordnete Rolle.



Basierend auf den Ergebnissen der Lysimeter- und Technikumsversuche wurden weitere Feldversuche auf den Versuchsfeldern in München, Nabburg/Opf. und Sengenthal mit den Schwermetallionen As^{5+} , Cr^{6+} und Ni^{2+} durchgeführt. Bis auf Sengenthal konnte in allen Versuchsfeldern ein deutlicher Transport der eingesetzten Schadstoffe beobachtet werden. Der kolloidal transportierte Anteil ist scheinbar unabhängig vom Untergrund und liegt bei etwa 10 - 15 %. Die wiedererhaltenen Massen sind jedoch gering. Ein vorausseilender Transport konnte nicht beobachtet werden. Auch in dem Versuchsfeld Nabburg konnte gezeigt werden, daß die sorbierten Schwermetallionen Ni^{2+} und Cr^{6+} durch einen erhöhten hydraulischen Gradienten remobilisiert werden können. Der Transport erfolgte auch hier vor allem gelöst. Arsen blieb dagegen am Sediment immobilisiert.

(N. Huber, S. Müller)

1.1.3 Grundwassererschließung

Im August 1998 wurde in Bad Steben/Ofr. der Erschließung eines Kohlensäuerlings bzw. von Thermalwasser begonnen. Bis zur Tiefe von 450 m wurde lediglich im oberen Bereich bis 50 m Grundwasser angetroffen. Das geringe Wasserdargebot von 50 m - 450 m (ca. 1 L/s) enthielt weder Kohlensäure noch wesentliche Temperaturanomalien. Die vermuteten Bruchstrukturen des Stebener Grabens wurden nur teilweise angefahren, waren jedoch durch mächtige Diabasintrusionen abgedichtet. An Gesteinen wurde Mittleres-Unteres Devon und Silur durchteuft. Die Bohrung wird noch bis in den Hauptquarzit vorangetrieben, um evtl. dort noch Störungen zu erfassen (Tiefe ca. 850 m). Eine Weiterführung der Bohrung in die ca. 900 m mächtigen Phycodenschiefer (Ordovizium) scheint wegen der dort geschlossenen Klüfte nicht erfolgversprechend.

Weitere Untersuchungsschwerpunkte lagen wieder in der Oberpfalz. In Kondrau wurde ein Tonabbau im Einzugsgebiet der dortigen Mineral- und Heilquellen charakterisiert und Vorschläge für das zuständige Bergamt erarbeitet. Außerdem wurden in den 4 Quellen kontinuierliche Meßvorrichtungen installiert, zur Ermittlung des Gesamtwasserdargebots (Grundwasserneubildung von Tiefenwässern).

In Oberfranken wurde für den Mineralbrunnenbetrieb in Hölle, Höllensprudel und Frankenwald-Mineralbrunnenbetriebe ein Bohrprogramm zur Erschließung neuer Mineralwasservorkommen für die Zukunftssicherung erarbeitet.

(M. Baumann)



Bohrstelle Bad Steben

1.2 Hydrochemie

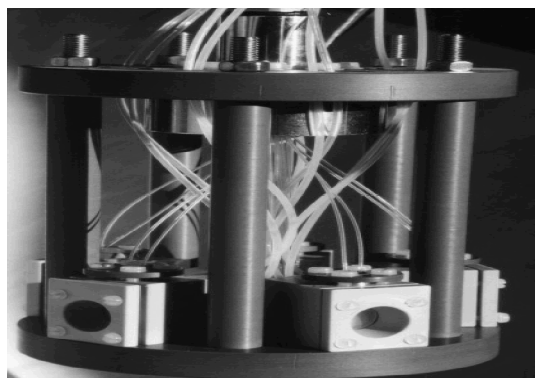
1.2.1 Detektion wassergelöster Schwermetalle mittels fluorimetrischer Methoden

Förderung: DFG; Kooperation mit dem Institut für Anorganische Chemie der TUM (Prof. Schuster)

Es wird eine schnelle On-line- und in situ-Erfassung insbesondere von Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , und Hg^{2+} angestrebt. Das Detektionsprinzip basiert auf faseroptisch geführter, laserinduzierter Fluoreszenzspektroskopie geeigneter Metall-Ligand-Komplexe, wobei die Komplexbildner durch eine Membran von der zu untersuchenden Lösung getrennt sind.

Bei den verwendeten Liganden handelt es sich zum Teil um substituierte Thioharnstoffe, die von der Arbeitsgruppe Schuster synthetisiert wurden, ansonsten um käufliche Verbindungen. Die ohne Membrandiffusion erreichten Nachweisgrenzen liegen für die meisten Metalle unterhalb der Grenzwerte der TrinkwV. Die durchgeführten Diffusionsversuche zeigten, daß die Gleichgewichtseinstellung auch bei

Verwendung von Membranen mit vergleichsweise geringem Diffusionswiderstand (z.B. Aluminiumoxid-Membranen) sehr langsam verläuft und deshalb nicht abgewartet werden kann. Es erscheint daher sinnvoll, die Fluoreszenzänderungen nur über einen gewissen Zeitraum zu verfolgen und daraus auf die Konzentration zu schließen.



Mit Hilfe der gewonnenen Erkenntnisse wurde ein mobiler Sensor entwickelt, der künftig für die Untersuchung von Realwässern eingesetzt werden soll. Das System besteht aus einer Anregungs- und einer Detektionseinheit sowie aus einem Sensorarray mit fünf Modulen (s. Abbildung). Die Anregung erfolgt durch einen Stickstoff-Laser, dessen Strahl in ein Glasfaserbündel eingekoppelt und zu den einzelnen Modulen des

Sensorarrays geleitet wird. Die Module werden mit geeigneten Liganden, deren Fluoreszenzeigenschaften sich durch Komplexbildung mit den Schwermetallen ändern, befüllt. Die Reservoirs für Reagenzien und Spül-Lösung sind gemeinsam mit einem Abfallbehälter, einer Schlauchpumpe und fünf Ventilen in einem weiteren Gehäuse untergebracht. Die erzeugte Fluoreszenz wird über ein zweites Faserbündel zur Detektionseinheit geleitet und über einen Spektrographen und eine CCD-Kamera aufgezeichnet. Letztgenannte ermöglicht die gleichzeitige Messung mehrerer Fluoreszenzspektren. Als wesentliche Vorteile des Sensorarrays sind der modulare Aufbau, die kleinen Abmessungen sowie das geringe Gewicht bei hoher mechanischer und chemischer Belastbarkeit zu nennen. Die mit dem Sensor erreichbaren Nachweisgrenzen liegen aus mehreren Gründen höher als die am Fluorimeter ermittelten, so daß sich ein Einsatz vor allem für stark belastete Wässer anbietet.

(H. Prestel)

1.2.2 Entfernung von organischen hydrophilen Schadstoffen mit Hilfe neuartiger Adsorberpolymere bei der Wasseraufbereitung - Grundlagen zur technischen Anwendung

Förderung: BMBF; Kooperation mit dem Engler-Bunte-Institut der Univ. Karlsruhe(Prof. Frimmel)

Ziel des mittlerweile abgeschlossenen Vorhabens war die Untersuchung der Leistungsfähigkeit eines neuartigen, synthetischen Adsorberharzes (Lewatit EP 63) für die Entfernung polarer organischer Schadstoffe aus belastetem Wasser. Vergleichend hierzu sollte das Adsorptionsverhalten an Aktivkohle untersucht werden. Hierbei standen vor allem das Adsorptionsvermögen des Polymers, die technische Anwendbarkeit, die Regenerierbarkeit und die Wiederverwendbarkeit des Adsorbers im Vordergrund. Letztlich sollte ein Aufbereitungskonzept zur Entfernung hydrophiler organischer Schadstoffe grundlagenmäßig erarbeitet werden.

Durch Bestimmung von Adsorptionsisothermen mit verschiedenen Modellsubstanzen wurde die Adsorptionsfähigkeit des Adsorberharzes Lewatit EP 63 (bzw. LiChrolut EN) untersucht und mit Aktivkohle verglichen. Im hohen Konzentrationsbereich (mg/L) weist Aktivkohle sowohl für die unpolaren als auch für die polaren in München untersuchten Stoffe ein höheres Adsorptionsvermögen als die Adsorberharze auf. Unpolarere Substanzen wie Diuron oder Atrazin werden sowohl von der Aktivkohle als auch von den Adsorberharzen besser adsorbiert als polare Stoffe wie Carbon- und Sulfonsäuren, Phenole und primäre Amine.

Im trinkwasserrelevanten Konzentrationsbereich ($\mu\text{g/L}$) zeigte das Adsorberpolymer Lewatit EP 63 hingegen für einige der in München untersuchten Substanzen eine bessere Adsorptionsfähigkeit. Für das Herbizid Atrazin werden bei geringeren Konzentrationen höhere Beladungen als mit Aktivkohle erreicht. Die Adsorptionsfähigkeit des Harzes für Phenole ist bei geringen Konzentrationen etwa gleich groß wie für Aktivkohle. Carbonsäuren und primäre Amine werden im Vergleich mit Aktivkohle weniger gut adsorbiert. Nach diesen in München aufgenommenen Isothermendaten ist das Harz sehr gut geeignet für die Adsorption von Triazinen und Phenolen besonders bei geringen Konzentrationen.

Die gute Adsorptionsfähigkeit von Lewatit EP 63 gegenüber Triazin-Herbiziden wurde mit Säulendurchbruchversuchen bestätigt. Im Vergleich zur Aktivkohle wurde für Lewatit EP 63 eine größere spezifische Durchsatzmenge an verunreinigtem Wasser bzw. ein geringerer Adsorptionsmittelbedarf berechnet. Lewatit EP 63 besitzt somit im unteren $\mu\text{g/L}$ -Bereich für Triazinherbizide (analog zu den Isothermendaten) eine höhere Adsorptionskapazität als Aktivkohle. Durch einen Realeinsatz von Lewatit EP 63 mit der halbtechnischen Adsorberanlage in einem Wasserwerk zur Grundwasserreinigung konnte die gute Eignung des Adsorberharzes für die Trinkwasseraufbereitung bestätigt werden.

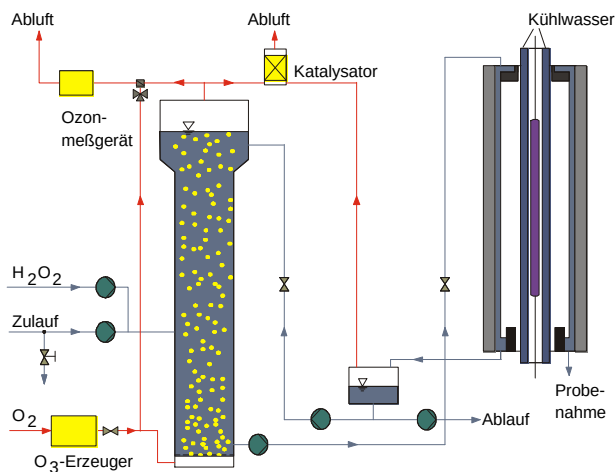
Das mit Triazinen beladene Lewatit EP 63 konnte erfolgreich mit Isopropanol durch die im Kreislauf geführte Gegenstrom-Elution fast vollständig regeneriert werden. Durch die Bestimmung von Adsorptionsisothermen und Durchbruchkurven mit dem regenerierten Lewatit EP 63 wurde gezeigt, daß die Adsorptionskapazität durch die Regenerierung des Harzes verringert wird und damit niedriger als beim frischen Lewatit EP 63 ist.

(A. Gahr, R. Loos)

1.2.3 Abwasserreinigung mit UV-Strahlung, Ozon und Wasserstoffperoxid, kombiniert mit spektroskopischer Analytik

Förderung: BayFORREST; Kooperation mit der École des Mines d'Alès (Prof. Thomas)

Für die Aufbereitung von Sickerwässern haben sich die Behandlungen mit UV/O₃ und UV/O₃/H₂O₂ neben biologischen und physikalischen Verfahren wie Umkehrosmose und Fällung aufgrund ihres geringen Anfalls an Reststoffen etablieren können. Durch intermediär gebildete Hydroxyl-Radikale werden die biologisch nicht abbaubaren Wasserinhaltsstoffe entweder direkt abgebaut oder zumindest bioverfügbar gemacht. Am Institut für Wasserchemie steht hierzu eine Pilotanlage mit einem Dünnschichtreaktor zur Durchführung der Sickerwasserbehandlung zur Verfügung (s. Abbildung).



Das Projekt befaßt sich mit der Prozeßoptimierung der UV-oxidativen Behandlung von Sickerwässern hinsichtlich Kosten und Effizienz, sowie der Integration einer Betriebsüberwachung. Ferner ist langfristig geplant, durch Einbau von Sensoren die für den Abbau der Wasserinhaltsstoffe notwendigen OH-Radikale direkt im Reaktor nachzuweisen. Mit Hilfe dieser Messungen soll herausgefunden werden, unter welchen Bedingungen ein Maximum der produzierten Hydroxyl-Radikale vorliegt, womit die Prozeßführung optimiert werden kann.

Die Abbauraten werden durch die Analyse der Parameter TOC und AOX bestimmt. Ferner wird der Abbau durch die UV-spektroskopische Analyse des behandelten Sickerwassers verfolgt. Die spektroskopische Analyse soll zukünftig durch den Einsatz von Tauchsonden im

Wasserkreislauf direkt durchgeführt werden. Durch Spektrenentfaltung sollen die entsprechenden Informationen über die TOC-Konzentrationen sowie weiterer Wasserinhaltsstoffe und Qualitätsparameter aus den Spektren erhalten werden.

(A. Gahr, M. Seiss)

1.2.4 Entwicklung eines Lichtwellenleiter-Multiplexers für Meßsysteme mit verschiedenen faseroptisch geführten Sensoren

Förderung: DFG (SFB 411)

Ein Lichtwellenleiter-Multiplexer erweitert die Funktions- und Leistungsfähigkeit eines photoakustischen, eines Spektrometer- oder Fluoreszenz-Meßsystems durch den Anschluß von mehreren faseroptisch geführten Sensoren, was besonders für die On-line-Prozeß-Überwachung und Betriebssteuerung beispielsweise von Wasseraufbereitungsanlagen von großem Nutzen ist (s. Abbildung).

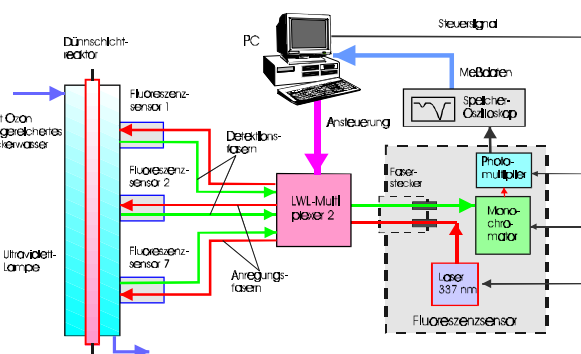
Es wurde ein Konzept für den Aufbau eines optischen Signal-Multiplexers entwickelt, nach dem die Lichtwellenleiter bei den Schaltvorgängen im Unterschied zu herkömmlichen Konstruktionen mechanisch entlastet werden. Bei herkömmlichen Geräte werden die schaltbaren Glasfasern bei jedem Schaltvorgang durch Biege- oder Torsionsmomente beansprucht. Anschlag-freies Umschalten der Lichtwellenleiter ohne ihre dynamische Deformation ermöglicht hohe Übertragungseffizienz und Reproduzierbarkeit der Lichtleistungsübertragung bei unverändertem Laserstrahlprofil, was für optische Messungen zu analytischen Zwecken besonders wichtig ist. Die Anzahl der optischen Verbindungsstellen und somit die optischen Verluste werden minimiert.

Auf Grundlage des entwickelten Konzeptes wurden zwei sich nach ihren Funktionen und Aufbauten unterscheidende LWL-Multiplexer entwickelt und gefertigt: Der LWL-Multiplexer 1 und der LWL-Multiplexer 2. Der LWL-Multiplexer 1 ist für ein faseroptisch geführtes photoakustisches Sensorsystem an einem Bioreaktor bestimmt und enthält einen optischen Eingang und 10 optische Ausgänge, damit das Licht eines Lasers mehreren photoakustischen Sensoren zur Anregung einer akustischen Welle zugeführt werden kann.

Der LWL-Multiplexer 2 wurde für die laserinduzierte Fluoreszenzspektroskopie entwickelt und weist zwei optische Eingänge und 2 x 8 optische Ausgänge auf, wodurch jedem Fluoreszenzsensor kopf gleichzeitig das Anregungslicht vom Laser zugeführt und das Fluoreszenzlicht zum Photodetektor zurückgeleitet werden kann. Die Vorteile dieser technischen Lösung sind unter anderem: Gleichzeitiges Umschalten der Anregungs- und Detektionsfasern, hohe Lichtübertragungseffizienz und Reproduzierbarkeit, geringe mechanische Beanspruchung der Glasfasern, kompakter Aufbau und gute Handlichkeit.

Die LWL-Multiplexer werden jeweils von einem zweiphasigem Schrittmotor angetrieben und von einem PC über ein paralleles RS-232-Interface gesteuert, wobei die Schaltreihenfolge sowie die Schaltgeschwindigkeit vom Steuerprogramm eingestellt werden. Die Ansteuerung und der Aufbau der LWL-Multiplexer sehen eine automatische Justierung der Geräte zum Erreichen des optimalen Lichtumsatzes in jeder Drehposition vor.

(L. Kasarjan)

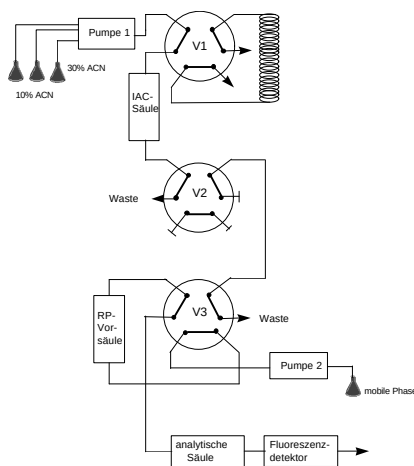


1.3 Bioanalytik 1

1.3.1 Entwicklung und Erprobung von Immunoaffinitätsmedien zur selektiven Anreicherung von Pestiziden und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAKs)

Förderung: DFG

Der letzte Abschnitt des Forschungsvorhabens befaßte sich überwiegend mit der Integration des Immunadsorbers (Immunoaffinitätssäule) in eine HPLC-Apparatur (on-line Kopplung). Die Herstellung des Immunadsorbers erfolgte durch Einschluß von Pyren-Antikörpern in eine Glasmatrix (Sol-Gel-Technik), Zerkleinern des Glas-Monolithen und Befüllen einer HPLC-Vorsäule. Diese Vorsäule wurde mit einer weiteren Vorsäule (RP) und einer analytischen Säule kombiniert (HPLC-Säulenschaltung).



Die Detektion wurde mit einem Fluoreszenzdetektor durchgeführt. Es wurden mehrere Parameter überprüft. (A) Druckstabilität der IAC-Säule: Es wurde nur ein minimaler Druckanstieg über die ersten 15 Zyklen registriert. In der Folge stieg dieser jedoch nahezu exponentiell an, was durch das Komprimieren des Gelbetts hervorgerufen wurde. (B) Wahl des Elutionsmittels: In den vorangegangenen (off-line) Versuchen erwies sich 40% Acetonitril für die Elution der PAKs vom Immunadsorber als geeignet. Der Lösungsmittelanteil mußte für das on-line Verfahren auf 30% reduziert werden, um einen Durchbruch der Analyten auf der nachfolgenden RP-Vorsäule zu verhindern. (C) Elutionsvolumen: Mit einem Volumen von 15 ml 30% Acetonitril wurde Pyren zu 100% wiedergefunden. Sowohl niedrigere als auch höhere Volumina führten zu einer geringeren Wiederfindungsrate. (D) Fluß: Der Fluß während der Probenaufgabe konnte bis auf 1 ml/min erhöht werden, um noch eine vollständige Retention des Analyten auf dem Adsorber zu gewährleisten. Auch für analog hergestellte Immunadsorber für das Herbizid Metsulfuron-methyl (MSM) konnte die Anreicherung

des Analyten aus einer Probe (im off-line Betrieb) demonstriert werden. Allerdings war es mit den bisher verwendeten Elutionsmitteln nicht möglich, das Herbizid wieder quantitativ vom Adsorber zu eluieren. Als Ursache werden hochaffine Antikörper im polyklonalen Serum vermutet. Dafür sprechen auch Ergebnisse, die mit einem eigens für dieses Herbizid entwickelten Fluoreszenz-Polarisations-Immunoassay erhalten wurden (in Kooperation mit Dr. Eremin, Moskau). So wurde das Bindungsgleichgewicht in nur 2 min erreicht (schnelle Assoziation), während die Dissoziation nur sehr langsam erfolgte. Dies könnte die Anwendung sehr drastischer Elutionsbedingungen erforderlich machen, was wiederum die Wiederverwendbarkeit (Standzeit) der Immunadsorber einschränken könnte. Diesbezügliche Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen.

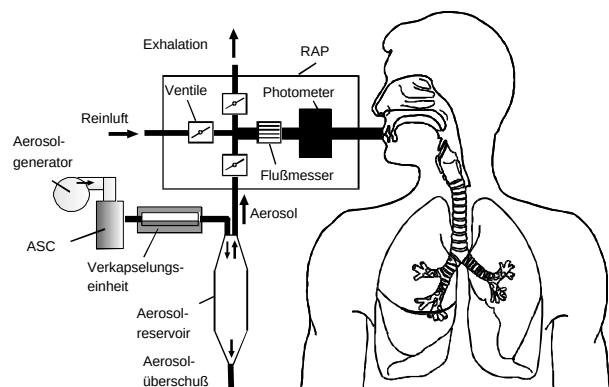
(D. Knopp; in Kooperation mit M. Cichna, Universität Wien)

1.3.2 Entwicklung eines Verfahrens zur gezielten Deposition von lungen-therapeutisch wirksamen Aerosolen

Förderung: Bayerische Forschungsförderung, PARI GmbH, Starnberg; Kooperation mit dem Institut für Inhalationsbiologie der GSF (Prof. Heyder)

In diesem Projekt, das 1998 abgeschlossen wurde, sollte ein Verfahren entwickelt werden, mit dem Medikamente in Aerosolform optimal in der Lungenperipherie appliziert werden können. Konventionelle Aerosol-Applikationssysteme weisen noch immer eine große inter- und intraindividuelle Variabilität in der applizierten Wirkstoffmenge auf. Deshalb ist die Anwendung von aufwendig hergestellten oder nebenwirkungsreichen Pharmaka aus wirtschaftlichen und gesundheitlichen Gründen bis jetzt noch ausgeschlossen. Durch die Entwicklung eines Verfahrens zur gleichzeitigen Erzeugung und Verkapselung (Beschichtung) von Medikamentenaerosolen ist es jedoch möglich, die Deposition des Wirkstoffes je nach gewünschtem "Wirkort" gezielt zu beeinflussen. Durch die Selektion einer geeigneten Partikelfraktion (mit einem bestimmten Durchmesser) und anschließender Beschichtung mit einer hydrophoben Substanz (Unterdrückung des hygroskopischen Wachstums) erhält man so ein sehr gut definiertes Aerosol, das auch bei der hohen Luftfeuchte der Lunge seine Größe beibehält, daher kann der Depositionsort gut "gewählt" werden. Nebenwirkungen werden damit erheblich reduziert und das Dosis-Wirkungs-Verhältnis wird verbessert (weniger Verluste durch Deposition des Wirkstoffes im extrathorakalen Bereich). In der letzten Phase des Projekts wurden weitere Filterproben (Terbutalinsulfat-, Methacholinchlorid- und Cromolynaerosol; hergestellt am Institut für Inhalationsbiologie der GSF) auf ihren Wirkstoffgehalt (eingekapselte Wirkstoffmenge) und der deponierten Menge an Verkapselungssubstanz (Stearinsäure) analysiert. Die Parameter des Versuchsaufbaus für die Aerosolerzeugung konnten auf Grund dieser Ergebnisse (Wirkstoffausbeute, Stearinsäureschichtdicke) weiter optimiert werden. In in-vitro Experimenten mit hoher Luftfeuchtigkeit wurde das Wachstum von verschiedenen Medikamentenaerosolen untersucht und festgestellt, daß die Effektivität der hydrophoben Beschichtung vom Medikament selbst und von der Beschichtungstemperatur abhängt. In einigen Fällen hat sich ferner herausgestellt, daß alternative Beschichtungssubstanzen (Cetylalkohol) bei einigen Medikamenten effektiver sind als die bisher verwendete Stearinsäure. Dieser Befund wurde bei in-vivo Inhalationsstudien weitgehend bestätigt. Schließlich wurde von der Firma PARI ein tragbarer Prototyp zur Erzeugung von monodispersen Aerosolen entwickelt, mit dem in Zukunft klinische Versuche durchgeführt werden sollen.

(M. Schedl)

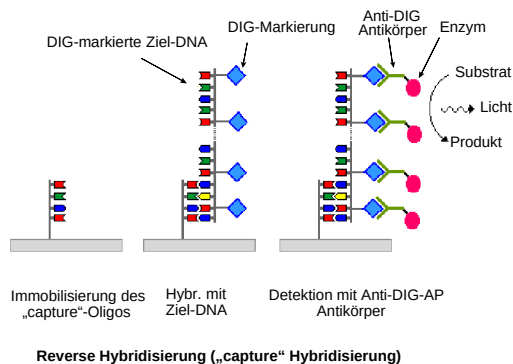


Schematische Darstellung der Inhalationsapparatur
(Abb. von B. Müllinger, GSF Neuherberg)

1.3.3 Entwicklung und Anwendung von Mikrohybridisierungsverfahren für Untersuchungen zu Vorkommen und Aktivität von Mikroorganismen bei der biologischen Abwasserbehandlung

Förderung: DFG (SFB 411); Kooperation mit dem Lehrstuhl für Mikrobiologie, TUM (Prof. Schleifer)

Eine Anlage zur biologischen Abwasserbehandlung bedarf der ständigen Überwachung und Optimierung. In diesem Gemeinschaftsprojekt im Rahmen des SFB 411 sollen detaillierte Informationen über die Populationsstruktur und Aktivität der im Biofilm vorhandenen Mikroorganismen gewonnen werden. Durch Anwendung von Hybridisierungsreaktionen und den Einsatz des Mehrfachsondenprinzips (multiple DNA-Sonden unterschiedlicher Spezifität) wird eine hohe Zuverlässigkeit der Identifizierung garantiert. Als Zielsequenz wird dabei die komplette rRNA verwendet, da die ribosomale RNA von einer Vielzahl von Mikroorganismen bereits in verschiedenen Datenbanken "kartographiert" ist und sowohl taxon- als auch gruppenspezifische Basensequenzen enthält. Neben der konventionellen reversen Hybridisierung soll mit



der Entwicklung eines kompetitiven Hybridisierungsassays die Anwendbarkeit neuartiger Testformate geprüft werden. Um das Mehrfachsondenprinzip effektiv einzusetzen, muß ein hoher Probendurchsatz garantiert sein, da mit einer Probe mehrere Reaktionen mit den jeweiligen Sonden durchgeführt werden müssen. Durch die Verwendung von konventionellen 96-well-Mikrotiterplatten (MTP) wird diese Voraussetzung erfüllt. Auf einer Platte kann durch eine flexible Belegung mit DNA-Sonden unterschiedlicher Spezifität und durch Variation der Hybridisierungsbedingungen ein "Fingerabdruck" des jeweiligen Mikroorganismus erstellt werden. Durch die Verwendung von MTP ergeben sich weitere Vorteile: Alle Schritte sind leicht automatisierbar, eine Standard-ELISA-Labora-ausrüstung

(Washer, Plattenreader, Probenvorbereitungsgeräte) kann verwendet werden und die Hybridisierungsbedingungen können leicht beeinflusst werden. Im ersten Projektabschnitt wurden wichtige Testparameter optimiert. Eine geeignete modifizierte Plattenoberfläche wurde nach Prüfung verschiedener Plattentypen ausgewählt und die Immobilisierungsbedingungen für die Capture-Oligos verbessert. Dabei konnte die eingesetzte Menge an Capture-Oligos und Proben-DNA schrittweise reduziert werden. Bei ersten Versuchen mit dem kompetitiven Test konnten bereits wichtige Erkenntnisse zur Optimierung dieses neuartigen Hybridisierungsformates gewonnen werden. Ferner wurde ein Vergleich zwischen Detektion durch das DIG/Anti-DIG-System und der direkten Fluoreszeinmarkierung durchgeführt, wobei die erste Methode erwartungsgemäß durch die enzymatische Signalverstärkung nachweisstärker ist, letztere aber eine einfachere Durchführbarkeit gewährleistet (Wegfallen mehrerer Arbeitsschritte).

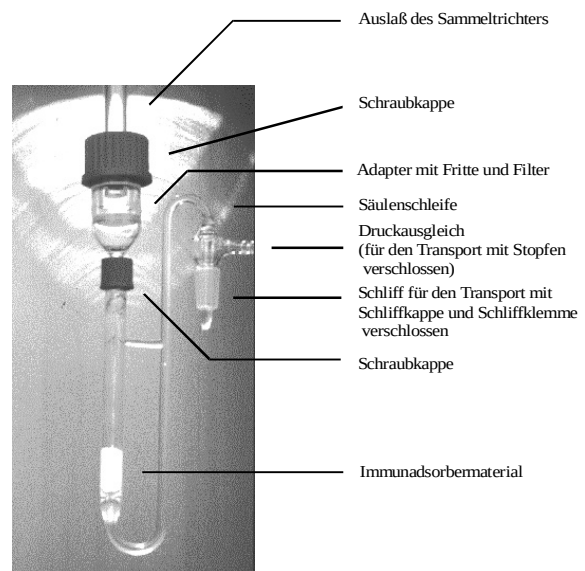
(M. Schedl)

1.3.4 Herstellung und Erprobung von Immunadsorbern auf Sol-Gel-Glas-Basis als neues selektives Sammel- und Anreicherungsverfahren für atmogene organische Schadstoffe im Niederschlagswasser

Förderung: Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg

Im vorliegenden Vorhaben wurden erste Versuche über die Anwendbarkeit immunologischer Adsorber (Immunadsorber) zur Anreicherung von organischen Verbindungen aus dem wäßrigen Niederschlag durchgeführt. Als Zielanalyten wurden die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAKs) gewählt. Die Versuche sollten v.a. Erkenntnisse dazu liefern, ob ein Einsatz der Immunadsorber auch unter Feldbedingungen möglich ist. In vorangegangenen Untersuchungen wurde gezeigt, daß die Anwendung entsprechender Adsorber auf Sol-Gel-Glas-Basis (Einschluß der Antikörper in eine transparente Glasmatrix) zu stabilen, reproduzierbaren Wiederfindungen von niedermolekularen Target-Analyten unter Laborbedingungen führt. Das Vorhaben hatte das Ziel, die Performance der Immunadsorption unter verschiedenen Bedingungen (Lagertemperatur, pH-Wert der Probe, Analyt-Zusammensetzung der Probe) zu prüfen. Auch Realproben (Regenwasser) wurden eingesetzt. Zwei verschiedene Prototypen von Adsorberkartuschen wurden konstruiert und erste Anreicherungsversuche in Bulk-Sammlern im Feldversuch durchgeführt. Die Adsorber zeigten auch bei höheren Temperaturen ein stabiles Retardationsverhalten, wie eine über sechs Wochen andauernde Thermostatisierung des Materials auf 30 °C unter Laborbedingungen ergab. Dies gilt offenbar auch für noch höhere Temperaturen, wie ein 4-wöchiger Einsatz im Hochsommer in einem Bulk-Sammler zeigte. Bedingt durch die Art des Adsorbers (feuchte Packung), ist ein Einsatz der Adsorberkartuschen in der gegenwärtigen Ausführung bei Außentemperaturen unter 0°C ohne Thermostatisierung nicht zu empfehlen. Ein negativer Einfluß des pH-Wertes der Probe im Bereich von 2 - 9 auf die Bindungskapazität des Adsorbers konnte nicht festgestellt werden. Bei der Aufgabe von PAK-Gemischen konnte ein Zusammenhang von retardierter Analytmenge, PAK-Pattern in der Probe und der Adsorberkapazität aufgezeigt werden. So wird das Muster der adsorbierten Analyten mit zunehmender Konzentration dieser Verbindungen in der Probe und Erschöpfung der Adsorberkapazität, dem Muster der Kreuzreaktivität immer ähnlicher, d.h. es werden nur noch diejenigen Analyten gebunden, die die höchste Kreuzreaktivität (höchste Affinität zu den Antikörpern) besitzen. Ausgehend von bekannten Daten aus der Literatur, sind die zu erwartenden PAK-Konzentrationen im Niederschlag aber in einer Größenordnung, die bei Bereitstellung einer genügend hohen Adsorberkapazität eine relativ breite, wenn auch nicht vollständige Retardation aller Vertreter der 16 EPA PAKs erwarten läßt.

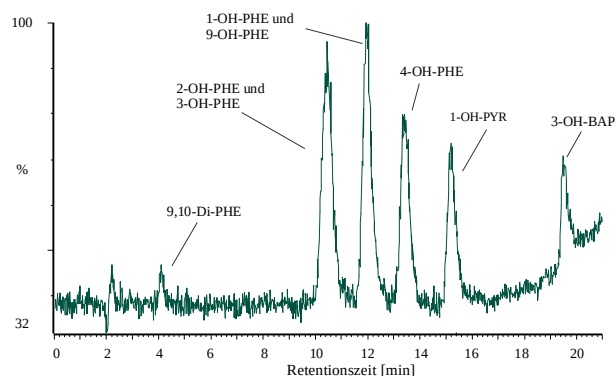
(T. Scharnweber)



1.3.5 Anwendung von Immun- und Kopplungstechniken (LC/MS) für die Bestimmung von Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAKs) und ausgewählten Metaboliten in Umweltproben

Förderung: DAAD; bilaterale Kooperation mit dem CID-CSIC Barcelona

Im Rahmen der bilateralen Kooperation sollen hochleistungsfähige chromatographische und immunologische Methoden vorteilhaft zur Bestimmung von PAKs, einschließlich relevanter Metabolite, in Wasser-, Sediment- und Bodenproben verknüpft werden. Ein Nachteil immunologischer Schnellmethoden besteht darin, daß neben Matrix-Interferenzen auch kreuzreagierende (strukturenaloge) Verbindungen zu einem positiven Ergebnis (Analyt vorhanden!) beitragen können. Die Erfassung mehrerer Analyten (Gruppentest) ist aber z.B. beim Nachweis von PAKs durchaus erwünscht, da insbesondere bei Bodenuntersuchungen meist die Summe der relevanten EPA-PAKs angegeben wird. Nahezu keine Daten stehen zur Verfügung



(auch nicht bei den kommerziell gehandelten Tests), ob und welche PAK-Metabolite ebenfalls zum Meßwert beitragen. Diese Fragestellung ist v.a. auch interessant, wenn die entsprechenden immunologischen Methoden für eine Verlaufskontrolle bei der biologischen Boden-sanierung eingesetzt werden sollen.

Im vorliegenden Vorhaben wurde in einem ersten Abschnitt versucht, die Immunextraktion mit der LC/MS zur Bestimmung von PAK-Metaboliten zu verknüpfen. Es wurden zwei verschiedene Immunadsorber hergestellt: (A) kovalente Immobilisierung der Antikörper auf einer NHS-aktivierten Sephadexsäule, (B) Einschluß der Antikörper in ein Polysiloxannetzwerk mit der Sol-Gel-Glas-Methode. Dabei erwies sich der Sephadex-Immunadsorber wegen der hohen unspezifischen Retention der PAKs und auftretender Interferenzen durch Weichmacher (kommerzielle Sephadexsäule hat einen Kunststoffmantel) bei der nachfolgenden chromatographischen Analytik als ungeeignet. Zur Etablierung der LC/MS-Methode wurde eine PAK-Standardlösung, bestehend aus 1-Hydroxypyren, 3-Hydroxybenzo(a)pyren und sechs hydroxylierten Phenanthrenderivaten verwendet. Die Ionisation erfolgte mittels Atmospheric Pressure Chemical Ionization (APCI). Im positiven Modus trat v.a. bei den Phenanthrenderivaten verstärkt Adduktbildung mit den Lösungsmittelmolekülen und komplexe Fragmentierung auf. Im negativen Modus konnte dagegen fast ausschließlich der Peak M-H beobachtet werden. Die Auftrennung gelang bisher nur unvollständig (keine Trennung der 1- und 9-Hydroxyphenanthrene sowie der 2- und 3-Hydroxyphenanthrene). In einer ersten Realprobe konnten nach Immunextraktion bzw. SPE (je 300 ml Probe) keine PAK-Metabolite nachgewiesen werden.

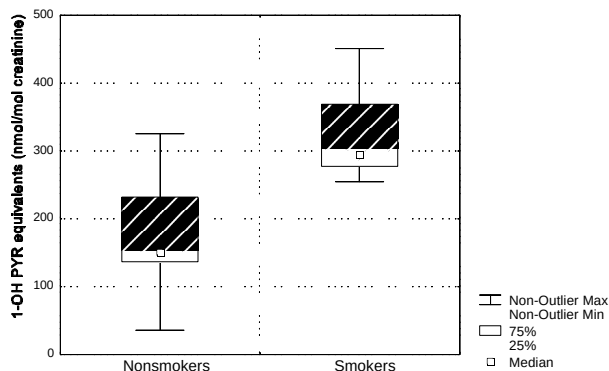
(T. Scharnweber)

1.3.6 Human-Biomonitoring: Die immunologische und chromatographische Bestimmung von PAK-Metaboliten im Urin

Förderung: Eigenmittel; Kooperation mit der Neuherberg (Prof. Kettrup)

Die Gruppe der PAKs ist seit längerer Zeit dafür bekannt, daß einige Vertreter mutagene und auch krebserzeugende Eigenschaften besitzen (z.B. Benzo[a]pyren). Der Mensch ist mit diesen Verbindungen auf vielfältige Weise konfrontiert (Wasser, Nahrung, Luft, Rauchen...). Es wird davon ausgegangen, daß jeder Mensch exponiert ist. Selbst im Urin Neugeborener wurden PAK-Metabolite gefunden. Führende Wissenschaftler sind der Auffassung, daß der Anteil der durch PAKs hervorgerufenen Krebserkrankungen gegenwärtig unterschätzt wird. Genaue und repräsentative Angaben über das Expositions-niveau der Allgemeinbevölkerung (Background-Exposition) liegen aber noch nicht vor. Entsprechende analytische Verfahren zum Nachweis von Schadstoffmetaboliten in Körperflüssigkeiten sind oft sehr zeitaufwendig, instrumentell anspruchsvoll und dadurch teuer. Hin-zukommt, daß epidemiologische Untersuchungen große Kollektive (viele Individuen) einbeziehen müssen, um statistisch signifikante Ergebnisse erbringen zu können. In den letzten 10 Jahren wurden fast ausschließlich exponierte Berufsgruppen (Gießereien, Straßenbau, Aluminiumherstellung, Graphitelektrodenherstellung) untersucht. Meist wurde die 1-Hydroxypyren-Ausscheidung im Urin bestimmt, die als ein Leitparameter für die innere PAK-Exposition angesehen werden kann. Dennoch stellt das 1-Hydroxypyren nur einen einzigen Vertreter von einer Vielzahl an möglichen PAK-Metaboliten dar. Die analytische Erfassung von weiteren, mög-lichst noch toxischeren Metaboliten wäre wünschenswert, um das individuelle Gesundheitsrisiko noch besser beschreiben zu können. In dieser Untersuchung wurde geprüft, ob ein in der Arbeitsgruppe entwickelter Immunoassay PAK-Abbauprodukte (Metabolite) im menschlichen Urin nachweisen kann. Dazu wurden Urinproben von Kontrollpersonen und von potentiell belasteten Personen (Straßenarbeiter, die mit Asphaltierungsarbeiten beim Autobahnbau befaßt waren) gesammelt und sowohl mit der immunologischen Methode als auch mit konventioneller Chromatographie (HPLC) bestimmt. Beide Verfahren zeigten übereinstimmend keinen signifikanten Unterschied in der PAK-Exposition zwischen den zwei Personengruppen, aber eine signifikant höhere Ausscheidung an PAKs im Urin von Rauchern im Vergleich zu Nichtrauchern. Darüber hinaus wurden im Urin jeder Person (auch jeder Kontrollperson) PAK-Metabolite nachgewiesen. Dies bestätigt die mehrfach geäußerte Vermutung, daß wahrscheinlich jeder Mensch gegenüber Polyaromaten exponiert ist. Um detailliertere Ergebnisse zur Back-ground-Belastung zu erhalten, müssen aber viel größere Probandenzahlen in eine entsprechende Studie einbezogen werden.

(D. Knopp)





1.3.7 Automatisiertes Immunoassay-System zur kontinuierlichen Überwachung der Lufthygiene und seine Anwendung auf die Luftverschmutzung und Aero-Allergene

Förderung: Europäische Union; Kooperation mit dem Institut Pasteur (Paris), der Medizinischen Universität Pecs und der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik (Prag)

Die Luftqualität in Wohngebieten stellt einen bedeutenden Gesundheitsfaktor dar. Während gasförmige Bestandteile sehr gut detektiert und quantifiziert werden können, ist die Analyse von Aerosolen gegenwärtig weitaus komplizierter. In zunehmenden Maße treten bei zahlreichen Personen Pollen-Allergien auf, die v.a. den Atemtrakt betreffen. Die Identifizierung der verschiedenen Pollen erfolgt mikroskopisch. Ergebnisse stehen etwa erst nach ein bis zwei Wochen nach erfolgter Pollen-Sammlung zur Verfügung. Dabei scheint es auch einen Zusammenhang zu anderen Luftverunreinigungen zu geben, wie z.B. zur Art und Anzahl von Partikeln bzw. angelagerten chemischen Verbindungen. Dieselmotoren gelten als Hauptemissionsquelle kleiner Partikel ($< 2.5 \mu\text{m}$), die im Zusammenwirken mit Aero-Allergenen als Ursache von Lungenfunktionsstörungen diskutiert werden.

Das Ziel des Vorhabens besteht letztendlich darin, die Aerosolprobenahme und den Nachweis von Pollen und chemischen Verbindungen zu kombinieren und zu automatisieren, um möglichst früh regulatorische Maßnahmen einleiten zu können. Dabei sollen immunologische Analysenmethoden zum Einsatz kommen. Aerosolproben werden an vier Standorten (Paris, München, Prag und Pecs) gesammelt. Organische Verbindungen sowie Aero-Allergene werden extrahiert und mittels chromatographischer und elektrophoretischer Methoden wird eine Charakterisierung und Reinigung der chemischen Inhaltsstoffe durchgeführt. Diese stehen anschließend u.a. auch für in vitro und in vivo Untersuchungen zur Verfügung, um die Toxizität und mögliche Adjuvans-Eigenschaften zu prüfen. Parallel erfolgt die Entwicklung eines ELISA mit hoher Selektivität für Benzo(a)pyren.

(D. Knopp)

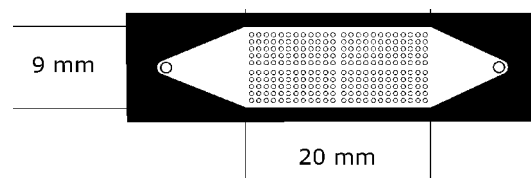
1.4 Bioanalytik 2

1.4.1 Entwicklung von schnellen multidimensionalen optischen Immunosensoren für den Nachweis von Wasserverunreinigungen

Förderung: BMBF; Deutsch-japanische Kooperation mit NIRE, Tsukuba, Japan

Dieser Biosensor, der Parallel Affinity Sensor Array (PASA), hat die Möglichkeit extrem viele unterschiedliche Antikörper auf einem Bio-Chip zu integrieren. Dies ermöglicht gleichzeitig eine fast unbegrenzte Multianalytfähigkeit und das Potential zur Anwendung von modernen chemometrischen Methoden, um eine Identifizierung und Quantifizierung der Analyten zu erreichen. Es konnte schon gezeigt werden, daß der Nachweis von Wasserverunreinigungen genauso empfindlich möglich ist, wie bei bewährten Immunoassays im Mikrotiterplattenformat. Zudem ist es gelungen, den Immunosensor in hohem Maße regenerierbar zu gestalten, was die Kosten des Verfahrens sehr stark senken und die Präzision signifikant verbessern kann. Es wurde auch schon die Parallelisierung in Form eines Arrays angegangen, was auch schon den ersten Schritt zur Miniaturisierung des PASA darstellt. Es konnte gezeigt werden, daß mit dem PASA z.B. Triazinherbizide, Halogenphenoxyalkansäuren und Nitroaromaten parallel in Wasserproben bestimmt werden können. In der Abbildung wird die Flußzelle des PASA schematisch gezeigt. Es konnten schon über 1000 Reagenzpunkte auf einem Chip immobilisiert werden.

(A. Schütz, M. Winklmeier)



1.4.2 Entwicklung eines Glufosinat-Immunoassays

Förderung: Hoechst Schering AgrEvo

Durch den Einsatz von durch gentechnischen Veränderungen resistenten Pflanzen gewinnt das Totalherbizid Basta stark an Bedeutung. Bei dem darin enthaltenen Wirkstoff Glufosinat handelt es sich um eine natürliche Phosphoaminosäure. Bisher läßt diese sich nur mit teuren und komplizierten analytischen Methoden nachweisen. Daher sollen geeignete Antikörper hergestellt werden, die eine einfachere Analytik mittels ELISA ermöglichen.

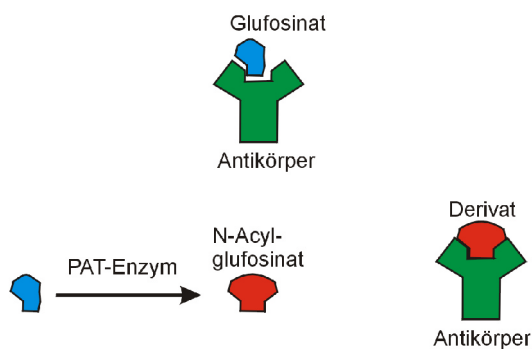
Aufgrund der chemischen Eigenschaften von Glufosinat ist eine Immunisierung mit konventionellen Methoden nicht sinnvoll. Die geringe Immunogenität und die niedrige Molekülmasse erfordern ein spezielles Hapten-Design, um eine ausreichend hohe Selektivität und Affinität der Antikörper zu erhalten. Aber auch die Hapten-Synthese gestaltet sich durch die extrem hohe Polarität von Glufosinat und der damit

verbundenen Problematik der Produktisolierung als äußerst kompliziert. Bedingt durch die Chiralität der Aminosäure sind eventuell auch enantioselektive Total-Synthesen oder Synthesen eines Racemats mit anschließender Enantiomerentrennung notwendig. Somit müssen modernste Methoden zur Hapten-Auswahl, Hapten-Synthese, Immunisierung und zum Hybridoma-Screening angewendet werden.

Eine Erhöhung der Empfindlichkeit des Tests könnte weiterhin durch eine Derivatisierung des Analyten erreicht werden. Dazu soll eine enzymatische Derivatisierungsmethode mit Hilfe des aus Bakterien isolierten

acetylierenden PAT-Enzyms erprobt werden, um das kleine Glufosinat-Molekül selektiv in einen größeren und damit wahrscheinlich besser "erkennbaren" Analyten zu transformieren. Ziel des Projektes ist ein für die Wasser- und Bodenanalytik optimierter Immunoassay.

(M. Diemer, C. Heiß)



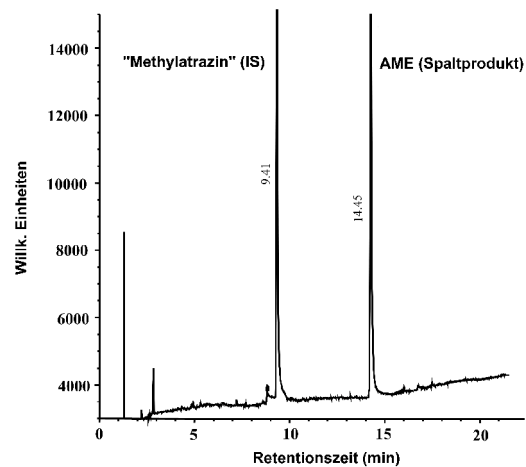
1.4.3 Entwicklung und Anwendung von Immunoassays für das Screening von gebundenen Pflanzenschutzmittelrückständen in Ackerböden

Förderung: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten;
Kooperation mit der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau

Mit einer chemischen Spaltungsmethode, die auf der Oxidation von Thioethern beruht, konnte eine von immunologischen Verfahren unabhängige Referenzmethode etabliert werden.

Die kovalent über Schwefelbrücken an Huminsäuren gebundenen Triazine werden zuerst durch Oxidation mit einer Persäure aktiviert, dann mittels eines starken Nucleophils (Alkoholat) abgespalten. Die Quantifizierung wird in diesem Fall über Gaschromatographie (GC-NPD) erreicht (siehe Abbildung). Im gezeigten Chromatogramm sind zwei Peaks zu erkennen, der interne Standard "Methylatrazin" und das Spaltprodukt "Atrazin-Mercaptopropionsäure" (AME). Es konnte gezeigt werden, daß nicht nur synthetische Konjugate, sondern auch belastete Huminsäureproben mit dieser Methode untersucht werden können. Damit ist das entwickelte Verfahren auch für die quantitative Untersuchung von Realproben auf kovalent gebundene Rückstände geeignet.

(E. Simon)



1.4.4 Entwicklung von Teststreifen auf Basis eines Apoenzym-Reaktivierungsimmuoassays

Förderung: Merck KGaA

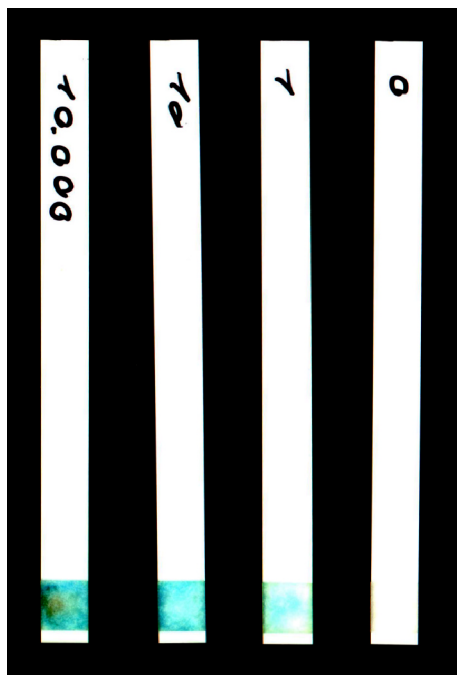
Die hohe Sensitivität und Selektivität von Immunoassays und die Tatsache, daß bei Immunoassays keine Anreicherungen und Probenvorbereitungen nötig sind, eröffnet die Möglichkeit zur Umsetzung als schnelle Vor-Ort-Analytik. Im Bereich der Umweltanalytik wurden so bereits etliche immunologische Schnellteste entwickelt, die in der Regel auf heterogenen Immunoassays basieren. Im klinischen Bereich stehen dagegen bereits sehr einfach und schnell anwendbare "dip-and-read"-Teststreifen zur Verfügung, die meist auf homogenen Formaten basieren.

Für einen einfachen Schnelltests im umweltanalytischen Bereich wurde ein homogener Immunoassay zur Bestimmung von 2,4,6-Trinitrotoluol (TNT) in Wasser entwickelt. Als Testformat wurde der ARIS (Apoenzyme Reactivation Immunoassay System) gewählt. Diese Variante eines homogenen Enzymimmunoassays beruht auf der Rekombination von Apo-Glucoseoxidase und einem Konjugat aus der prosthetischen Gruppe FAD und dem Analyten.

Die Übertragung dieses Testprinzips auf einen Teststreifen setzt aufgrund der hohen Labilität und der hohen Rekombinationsgeschwindigkeit des Apoenzyms spezielle Maßnahmen bei der Trocknung aller

Komponenten des Assays auf den Teststreifen voraus. Inzwischen ist es gelungen, durch Wahl geeigneter Stabilisatoren und Zusätze (Trehalose, PVA, BSA, Ascorbinsäure und Dioctylsulfosuccinat), einen haltbaren Teststreifen zur Bestimmung von TNT in Wasser zu entwickeln. Die Teststreifen müssen lediglich in die Probe eingetaucht werden; die Auswertung der direkt zur Blaufärbung abhängigen Analytkonzentration erfolgt entweder rein visuell (wie ein pH-Meßstreifen) oder mit einem tragbaren Reflektometer. TNT kann mit einer Nachweisgrenze von 0,7 µg/l in Wasser quantifiziert werden. Störungen durch trinkwassertypische Ionen wurden nicht beobachtet. In der Abbildung wird die konzentrationsabhängige Färbung der Teststreifen für TNT gezeigt. Die Zahlenwerte bedeuten µg/L TNT in der Wasserprobe.

(M. Mayr, C. Heiß)

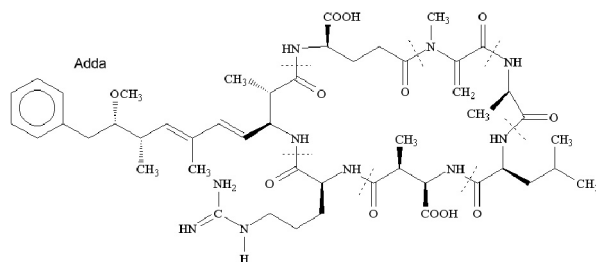


1.4.5 Entwicklung von schnellen immunologischen und massenspektrometrischen Methoden zur Kontrolle von Algentoxin-Kontaminationen im Trinkwasser

Förderung: BMBF; Deutsch-Australische Kooperation, AWQC Adelaide (Prof. Bursill)

Algentoxine stellen ein schwerwiegendes Problem der Trinkwassergewinnung besonders in wärmeren Ländern dar. Die Toxizität dieser Naturstoffe ist so extrem hoch, daß auch geringe Spuren von Relevanz sind. Es wurden aus verschiedenen Ländern sowohl akute, als auch chronische Todesfälle gemeldet. Im Rahmen dieses Projekts sollen immunologische Schnelltests (Biosensoren) und strukturanalytisch instrumentelle Verfahren etabliert werden. Diese Kombination ist notwendig, da eine große Anzahl unterschiedlicher Toxine (mindestens 50) vorkommen, von denen nur eine sehr kleine Anzahl über analytische Standards verifiziert werden können. So ist einerseits eine sichere Summenanalyse notwendig, um im ungünstigsten Fall auch ein bisher unbekanntes Toxin zu detektieren, andererseits ist die Identifizierung der Toxine zur Bewertung des Problems sehr hilfreich. Bei den in diesem Projekt untersuchten Algentoxinen handelt es sich um cyclische Heptapeptide, bestehend aus zwei proteinogenen, variablen Aminosäuren und fünf seltenen, ungewöhnlichen Aminosäuren. Der Hauptvertreter dieser Substanzklasse, Microcystin-LR, ist in der Abbildung zu sehen. Charakteristisch für die Struktur der Microcystine ist der starre Ring, gebildet aus dem Peptidring und der C20-Aminosäure Adda, deren Seitenkette vom Ring wegzeigt. Diese beiden Strukturelemente sind der Grund dafür, daß Microcystine mit hoher Affinität an bestimmte Enzyme binden und diese inhibieren, worauf ihre Toxizität zurückzuführen ist.

(A. Zeck)



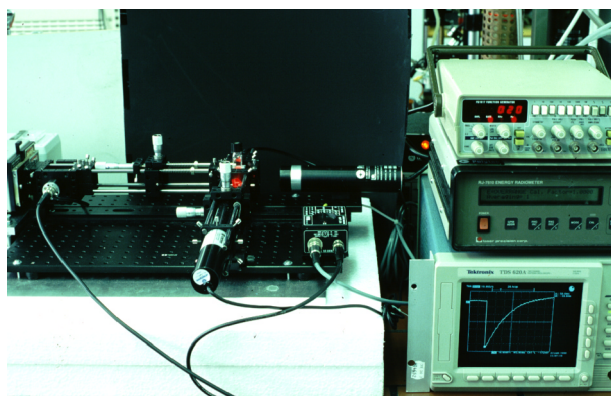
1.5 Lasermeßtechnik und Aerosole

1.5.1 Charakterisierung von Hydrokolloiden mittels asymmetrischer Flow-Field-Flow-Fraktionierung (AF⁴), Photothermischer Spektroskopie und Totalreflexions-Röntgenfluoreszenzanalytik (TRFA)

Förderung: Eigenmittel; Kooperation mit FZ Karlsruhe und Postnova Analytics GmbH, München

Ziel dieser Arbeit ist der Aufbau eines Systems zur Charakterisierung der in natürlichen Wässern enthaltenen Kolloid-Partikel. Einen großen Anteil davon machen die Huminstoffkolloide aus, die ein Potential als Vehikel für den Schadstofftransport aufweisen. Dabei ist im speziellen die Bindung von umweltrelevanten Schwermetallen an die Huminstoffpartikel von Interesse.

Als Instrumentarium zur Bestimmung der Größenverteilung der Kolloide steht eine am Institut entwickelte AF⁴-Anlage zur Verfügung. Diese ist mit einem konventionellen UV-Absorptionsdetektor ausgerüstet. Zur Erweiterung der Detektionsmöglichkeiten wurde ein LC-Absorptions-Detektor auf Grundlage der photothermischen Spektroskopie "Thermal Lensing Spectroscopy" (TLS) aufgebaut. Dieser wird zur Detektion des Absorptionsanteils von Partikeln, Polymeren oder Proteinen in wässriger Lösung verwendet. Mit herkömmlichen UV-Photometern lassen sich für Kolloide aufgrund der Lichtstreuung an



den Partikeln nur unbefriedigende Nachweisgrenzen erreichen. Demgegenüber erfaßt die photothermische Methode die Absorption unabhängig von der Lichtstreuung und ermöglicht signifikant bessere Nachweisgrenzen. Darüber hinaus besteht auch die Option, mit sehr kleinen Detektionsvolumina zu arbeiten.

Das Detektionssystem besteht aus einem gepulsten N₂-Laser mit ($\lambda = 337 \text{ nm}$, $140 \text{ }\mu\text{J}$) zur Anregung und einem He/Ne-Laser ($\lambda = 633 \text{ nm}$, 1.5 mW) zur Detektion. Durch strahlungslose Relaxation wird die Energie der angeregten Moleküle in Wärme umgewandelt. Die Detektion der in der Probe entstehenden thermischen Linse erfolgt über die Bestimmung der Aufweitung des

kollinear geführten Detektionslaserstrahls. Man erhält das "Thermische-Linse-Signal", welches proportional zur Absorption des Analyten in der Probe ist.

Durch Kopplung von AF⁴ mit der TRFA ist Multielementbestimmung von partikulär gebundenen Schwermetallen in Sickerwasserfraktionen möglich. Bei geeigneter Wahl des Puffersystems können die Fraktionen aus der AF⁴ direkt auf die Glasprobenträger der TRFA aufgetropft und anschließend vermessen werden.

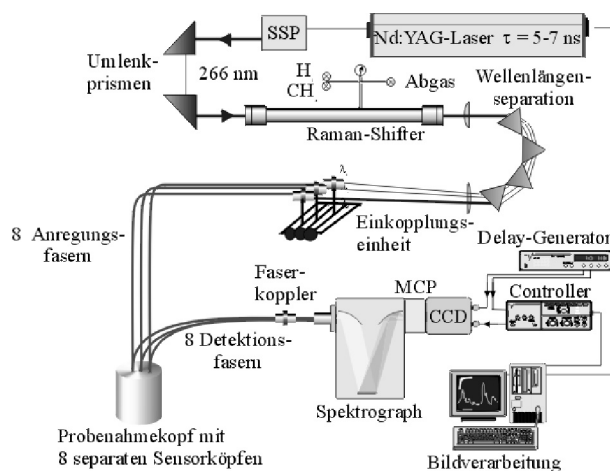
(A. Exner)

1.5.2 Multidimensionale Fluoreszenzspektroskopie mit faseroptischen Sensoren zur on-line und in-situ Bestimmung von PAKs in ölbela-steten Wasser- und Bodenproben

Förderung: BMBF Laser 2000; Kooperation mit dem EU-Forschungszentrum Ispra und der Firma LaVision Göttingen

Die Fluoreszenzspektroskopie ist eine empfindliche Methode zur Bestimmung anthropogener Schadstoffe in der Umwelt. Im Mittelpunkt dieser Arbeit stehen die PAK, die aus unvollständigen Verbrennungsprozessen entstehen, bzw. Bestandteile von Mineralölprodukten sind. Zur schnellen vor-Ort-Bestimmung wurde ein faseroptisches Sensorsystem basierend auf der laserinduzierten Fluoreszenzspektroskopie für den Feldeinsatz entwickelt. Mit Hilfe von statischen Emissionsspektren, wie sie bei bisherigen Detektionssystemen verwendet wurden, können die PAKs aufgrund ihrer breiten und konturlosen spektralen Charakteristika in komplexen Matrices nicht bestimmt werden. Insbesondere bei ölhaltigen Bodenproben zeigen die Fluoreszenzspektren eine erhebliche Abhängigkeit von der Anregungswellenlänge. Mit dem entwickelten System können weitere Informationen durch eine räumlich getrennte, simultane Anregung mit verschiedenen Wellenlängen gewonnen werden. Durch die zeitaufgelöste Beobachtung der Emission, ergibt sich eine 4-dimensionale Informationsmatrix, die sich aus Anregungs-, Emissionswellenlänge, Fluoreszenzintensität und Zeit zusammensetzt.

Das mobile Sensorsystem basiert auf einem Raman-Shift, der von einem Nd:YAG-Laser bei 266 nm gepumpt wird. Durch stimulierte Raman-Streuung (SRS) an einer Methan-Wasserstoff-Mischung können simultan bis zu 30 verschiedene, kohärente Anregungswellenlängen zwischen 240 nm und 500 nm mit Pulsenergien zwischen einigen μJ und mJ erzeugt werden (FWHM: 5 - 6 ns). In dem realisierten System werden zur Anregung der Fluoreszenz acht verschiedene Wellenlängen mittels eines speziellen Interfaces in Glasfaserkabel eingekoppelt und zum eigentlichen Sensorkopf geführt. Analog wird die Fluoreszenzemission von der Probe (Boden oder Wasser) faseroptisch zu einem Imaging-Spektrographen geleitet. Acht separate Spektren von den jeweiligen Sensoren werden dort räumlich getrennt auf eine intensivierte CCD-Kamera abgebildet. Die Bestimmung der Fluoreszenzlebensdauer erfolgt durch das Verschieben des zeitlichen Beobachtungsfensters mit dem Bildverstärker. Die bisher erzielten Nachweisgrenzen in wässriger Lösung liegen für verschiedene PAK im ng/l-Bereich, im Boden im Bereich von einigen mg/kg Bodentrockenmasse. Öle lassen sich mit dieser Methode mit Verfahren der Mustererkennung grob nach ihrer Herkunft klassifizieren. Zur Datenverarbeitung und -analyse werden z. Zt. multidimensionale chemometrische Methoden, wie z. B. PARAFAC und Multiway-PCA, an diese Fragestellung adaptiert. (R. Düsing, H. Lesch)



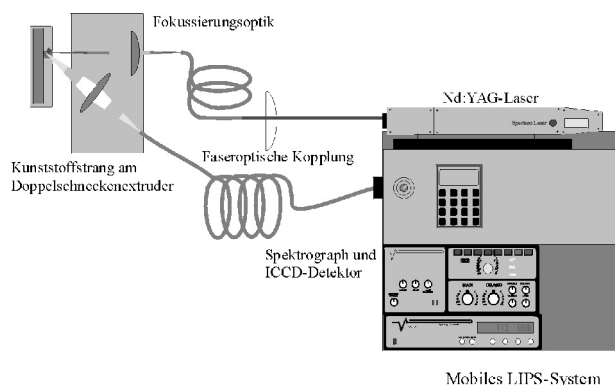
1.5.3 On-line-Charakterisierung von Kunststoffrecyclaten aus Elektronikschrott mit Laserinduzierter Plasmaspektroskopie (LIPS)

Förderung: BayFORREST; Kooperation mit den Lehrstühlen für Kunststofftechnik und für Anorganische Chemie, Universität Erlangen-Nürnberg

Ziel des vorgestellten Projektes ist es, mit LIPS ein mobiles Sensorsystem zur elementspezifischen On-line-Analyse von Kunststoffrecyclaten aus Elektronikschrott zu entwickeln. Diese Analytik ist sowohl für die Qualitätssicherung der Recyclate notwendig als auch zur Überwachung ihres Schwermetallgehaltes, der für Gebrauchsgegenstände gesetzlich geregelt ist. Für den Bereich der industriellen Kunststoffabfälle existiert jedoch zur Zeit kein entsprechendes Verfahren.

LIPS ist eine elementspezifische Methode zur Untersuchung beliebiger Proben. Sie beruht auf der Anregung der Probe durch einen gepulsten Laser, der auf der Probenoberfläche ein lokalisiertes Plasma aus geladenen und neutralen Teilchen erzeugt. Die bei der Relaxation dieser angeregten Teilchen emittierte Strahlung wird zeitaufgelöst registriert und analytisch ausgewertet. Die Methode erlaubt damit gleichzeitig Aufschluß und Analyse der Probe und eignet sich zu Überwachungs- und Kontrollzwecken an industriellen Anlagen.

Geplant ist der Aufbau eines mobilen Laborprototypen eines LIPS-Systems zur On-line-Analyse der



Kunststoffrecyclate an einem Doppelschneckenextruder. Der Prototyp umfaßt das Lasermodul und die damit faseroptisch verbundene Detektionseinheit. Als Laser wird ein gütegeschalteter (Q-switched) Nd:YAG-Laser mit Pulsenergien bis 300 mJ und Pulszeiten von ca. 5 ns verwendet. Zur Anregung wird die fundamentale Wellenlänge oder die vierte Harmonische des Nd:YAG-Lasers benutzt ($\lambda = 1064$ nm bzw. $\lambda = 266$ nm). Die Beobachtung des Plasmas erfolgt durch seitliche Faserauskopplung mit einer gatebaren, intensivierten CCD-Kamera in Kombination mit einem Spektrometer mit hohem Lichtdurchsatz (siehe Abbildung).

Die Arbeiten konzentrieren sich auf typische Thermoplaste wie Acrylnitril-Butadien-Styrol und schlagfestes Polystyrol bzw. Polymerblends mit Polycarbonat und Polyphenylenoxid. Als Analyten sollen vor allem Halogene aus Flammschutzmitteln (Cl, Br) sowie Additive (Al, Ba, Ca, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Sb, Zn) bestimmt werden. Die begleitende Referenzanalytik erfolgt durch Mikrowellen-Totalaufschluß der Kunststoffproben und Untersuchung durch totalreflektierende Röntgenfluoreszenzanalyse (TRFA).

(H. Fink)

1.5.4 Anwendungen der laserinduzierten Plasmaspektroskopie (LIPS) in der Überwachung von Schwermetall-Aerosolemissionen

Förderung: Bayer. Forschungsstiftung; Kooperation mit der Firma Grimm GmbH, Ainring

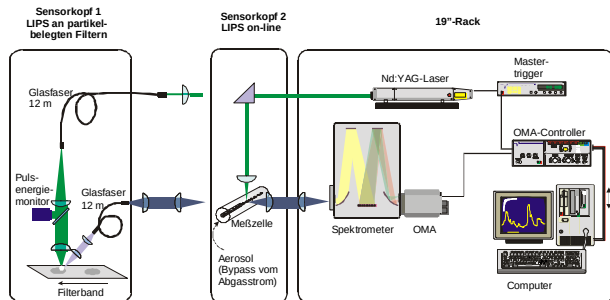
Obwohl einige Schwermetalle zu den essentiellen Spurenelementen gehören, können sie in höheren Konzentrationen, insbesondere wenn sie als Aerosol in feindisperser, inhalierbarer Form auftreten, neben einer akuten spezifischen Toxizität auch kanzerogene Wirkung aufweisen oder langfristige neurotoxische Veränderungen im zentralen Nervensystem hervorrufen. Die Notwendigkeit eines vielseitigen Instrumentariums zur vollständigen Überwachung von industriellen Schwermetallemissionen bzw. von Schwermetallimmissionen am Arbeitsplatz ist damit evident.

Ziel der Arbeit war die Entwicklung eines transportablen und kostengünstigen Systems für eine direkte Element-Analyse von aerosolbelegten Filterproben mittels laserinduzierter Plasmaspektroskopie (LIPS).

Aerosolpartikel werden dabei im Kamin in einer neuartigen Probenahmesonde auf einem Filterband abgeschieden und direkt auf der Filteroberfläche, d.h. ohne weitere Probenvorbereitung, analysiert (In-stack-Analyse). Dies erlaubt eine schnelle und leicht automatisierbare Analytik für nahezu beliebige Elemente. Der gesamte meßtechnische Aufbau ist in ein 19"-Rack integriert und über Glasfasern mit der Probenahmesonde gekoppelt. Ein Plasma wird gezündet, indem der durch die Glasfaser transmittierte Strahl eines gepulsten Nd:YAG-Lasers auf die Oberfläche eines partikelbelegten Filters fokussiert wird. Die erzielten Nachweisgrenzen für ausgewählte Schwermetalle lagen zwischen 1 ng/cm^2 und etwa 450 ng/cm^2 . Bei Kenntnis der Probenahmeparameter (Volumenstrom, Probenahmedauer etc.) durch die in die Probenahmesonde integrierten Sensorsysteme kann die Konzentration der jeweiligen Elemente im Abgasstrom bestimmt werden. Im Rahmen einer Meßkampagne an einer Müllverbrennungsanlage konnte gezeigt werden, daß diese Meßtechnik eine Überwachung von Schwermetallemissionen aus Verbrennungsanlagen gemäß 17. BImSchV bzw. TA Luft auch unter Realbedingungen ermöglicht.

In einem zweiten Projekt zum On-line-Nachweis von Chrom in Aerosolen mittels laser-induzierter Plasmaspektroskopie wurde ein geeigneter Prototyp realisiert. Dazu wurde der Strahl eines Nd:YAG-Lasers direkt in den Aerosolstrom fokussiert und das elementspezifische Emissionsspektrum mit einem 0.3-m-Spektrographen und einer intensivierten, gatebaren Diodenzeile aufgenommen. Dabei ergaben sich für Chrom On-line-Nachweisgrenzen von 14 µg/m^3 . Sowohl die Methode als auch das Instrumentarium erwies als ausreichend geeignet und robust, um einerseits Chrom bereits im Routinebetrieb mit einer Zeitauflösung von 20 s detektieren zu können, und um andererseits den Verlauf unterschiedlicher Chromkonzentrationen zu verfolgen.

(R. Neuhauser)



1.5.5 Ermittlung der Quellen der Partikelimmission in der Atemluft des Menschen

Förderung: Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e.V.; Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Toxikologie und Aerosolforschung, Hannover

Ziel des Projektes ist eine umfassende Charakterisierung und die Bewertung der Belastung der Atemluft des Menschen in urbanen Gebieten durch feine Partikel. Dazu werden chemische und physikalische Parameter des urbanen Aerosols an geeigneten, für einen möglichst großen Bevölkerungsquerschnitt repräsentativen Standorten gemessen. Außerdem sollen unter Berücksichtigung meteorologischer Daten und mit Hilfe der Faktoranalyse die zur Partikelimmission beitragenden Quellen identifiziert und quantifiziert werden.

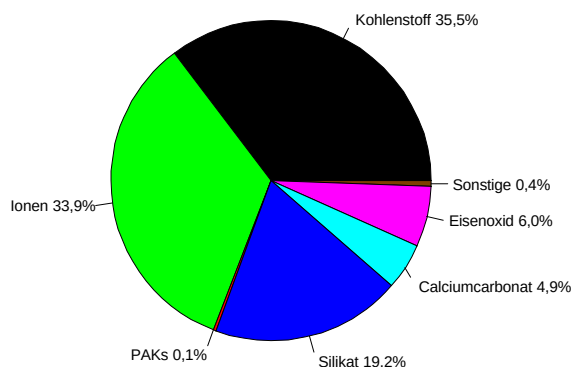
In Form von mehrwöchigen Meßkampagnen werden an verschiedenen Standorten innerhalb eines lokalen Meßgebietes toxikologisch relevante chemische und physikalische Partikelmerkmale ermittelt und durch meteorologische Parameter ergänzt.

Die Messung der chemischen Partikelmerkmale erfolgt über eine Staubprobenahme mit anschließender chemischer Analyse der Staubinhaltsstoffe. Die physikalischen Partikelkenngrößen werden mit On-line-Verfahren gemessen. Für alle Messungen wird die Partikelgrößenfraktion PM_{10} und $PM_{2.5}$ erfaßt.

Die Anteile der Analyten an der Gesamtpartikelmasse sind in der nebenstehenden Grafik zusammengefaßt.

Demnach setzt sich das gesammelte Aerosol zu je einem Drittel aus Kohlenstoff (Total Carbon) und Ionen (Chlorid, Nitrat, Sulfat) zusammen. Das restliche Drittel besteht hauptsächlich aus Silikaten, Calciumcarbonat und Eisenoxid. Alle darüber hinaus bestimmten Elemente sowie die Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe machen zusammen nur 0.5 % der Partikelmasse aus.

(M. Theisen)



1.5.6 Untersuchungen zur Mehrfachnitrierung von Benzo[a]pyren

Förderung: BayFORKLIM und BMBF (Aerosolschwerpunkt)

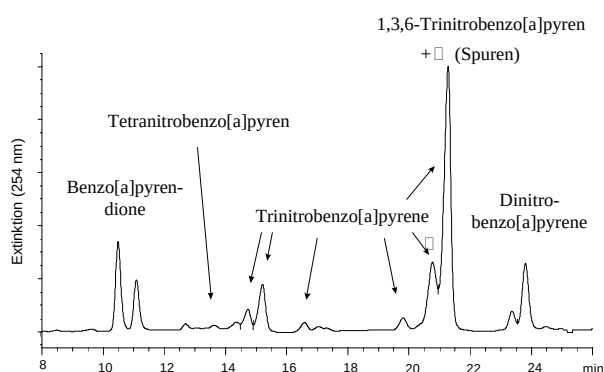
Aus der Verbindungsklasse der PAKs wurde Benzo[a]pyren (BaP) als Modells substanz ausgewählt. BaP kommt ubiquitär in der Umwelt vor und ist aufgrund seines karzinogenen und mutagenen Potentials von großem Interesse. Stickstoffdioxid, das als Spurengas in der Atmosphäre vorhanden ist, ist ebenfalls Gegenstand der Forschung, da es mit Polyzyklen zu nitrierten Derivaten abreagieren kann, die wiederum toxikologisch relevant sein können. Sammelt man Luftstaubproben, so können auf Partikeln adsorbierte Nitro-PAKs, wie z.B. 6-Nitro-BaP, nachgewiesen werden.

Bei Laborversuchen zur Mehrfachnitrierung von BaP auf Glasfaserfiltern mit einem sehr großen Überschuß von gasförmigem Stickstoffdioxid wurde das eingesetzte BaP vollständig umgesetzt. Durch Dünnschichtchromatographie konnten die Reaktionsprodukte weitgehend isoliert werden. Bei der Reaktion wurden neben Benzo[a]pyrendionen Derivate des Benzo[a]pyrens mit mindestens zwei Nitrogruppen gebildet, d.h. es konnten keine einfach-nitrierten Verbindungen in dem erhaltenen Produktgemisch gefunden werden.

1,3,6-Trinitrobenzo[a]pyren konnte durch $^1\text{H-NMR}$ -Spektroskopie und hochauflösende Massenspektrometrie identifiziert werden. Weitere dreifach nitrierte Benzo[a]pyrene wurden so weit wie möglich charakterisiert, eine eindeutige Klärung der Struktur war allerdings aufgrund sehr kleiner Massenanteile im Produktgemisch nicht möglich. Eine Vierfachnitrierung des Benzo[a]pyrens ist unter den gegebenen Bedingungen vermutlich möglich. Eine Verbindung mit der entsprechenden Molekülmasse wurde im Produktgemisch gefunden.

Bei der Untersuchung von Rußproben aus Auspuffendrohren von Dieselfahrzeugen wurde ein zweifach- und ein dreifach-nitriertes Derivat des BaPs gefunden.

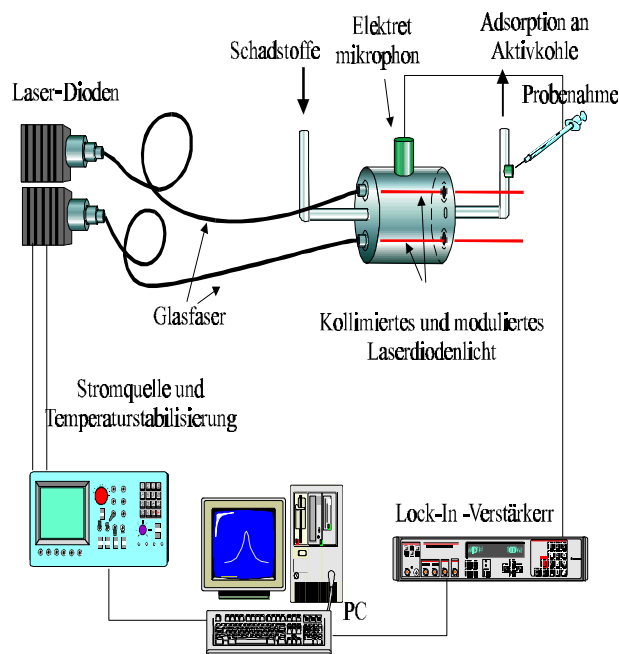
(B. Fröschl)



1.5.7 Entwicklung eines photoakustischen Sensorsystems zur Detektion von Benzol, Toluol und Xylol (BTX) in Luft, Wasser und Boden

Förderung: DFG

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens soll ein photoakustisches Sensorsystem für die Detektion der leichtflüchtigen Aromaten Benzol, Toluol und Xylol in der Gasmatrix entwickelt werden. Bei der Prozeßkontrolle in der Industrie und der Umweltüberwachung sind immer mehr einfache Sensorsysteme gefragt, die direkt vor Ort eine schnelle Analyse ermöglichen. Photoakustik gehört zu den Techniken, bei denen die Signalbildung proportional zur eingestrahelten Lichtleistung ist. Daher ist die Benutzung von Lasern als Lichtquelle ein großer Vorteil. Die Entkopplung zwischen der optischen Einstrahlung und der akustischen Beobachtung ermöglicht damit den Nachweis geringer Schadstoffkonzentrationen. Außerdem sind photoakustische Methoden unempfindlicher gegenüber Streueffekten, da diese nicht zur einer



Umwandlung von Strahlung in Wärme führen. Für ein Sensorsystem sind NIR-Laserdioden besonders geeignet, da sie klein, kostengünstig und einfach im Betrieb sind. Die Selektivität für die Schadstoffe soll durch die Verwendung verschiedener stoffspezifischer Wellenlängen in einem Laserdiodenarray erreicht werden. Es wurden verschiedene Laserdioden auf ihre Empfindlichkeit und Querempfindlichkeiten untersucht. Ein faseroptischer Aufbau (s. Abbildung) mit zwei Laserdioden ermöglicht die Detektion von Gasgemischen. Messungen wurden bei der ersten und dritten Oberschwingung der CH-Bande von Benzol, Toluol und Xylol durchgeführt. Die Nachweisgrenzen der Analyten liegen dabei zwischen 70 µg/l und 160 µg/l.

Um aber auch Anwendungsmöglichkeiten dieser Technik bei speziellen Umgebungen, wie z.B. feuchter Boden, direkt vor Ort zu erhalten wurde ein auf einem interferometrischen Verfahren basierender faseroptischer Schalldrucksensor aufgebaut und getestet. Der Vorteil eines faseroptischen Sensors liegt in der Unempfindlich-

keit gegenüber elektromagnetischer Störstrahlung, in der verlustfreien Übertragung von Signalen über weite Strecken und in der Korrosionsfestigkeit.

Das optische Mikrophon besteht aus einer Laserdiode, einer Einkoppeleinheit, dem Monomodekoppler, einer Photodiode und je nach interferometrischen Detektionschema aus einer Monomodefaser, die an den Enden mit Gold bedampft ist (Michelson-Interferometer). Mit diesen System konnte Toluoldampf bis zu einer Konzentration von 1,2 mg/l bestimmt werden.

(A. Beenen)

1.5.8 Optimierung des Deponiebetriebes unter besonderer Berücksichtigung des siliziumhaltigen Gas/Partikelanteils im Deponiegas

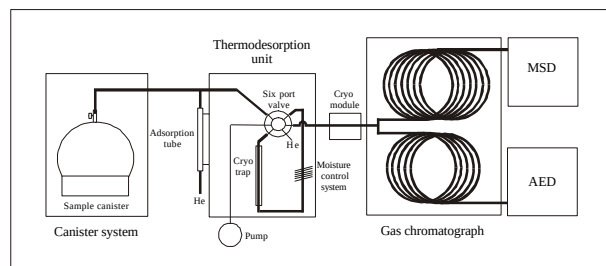
Förderung: BayFORREST

Zur Bestimmung von flüchtigen Siliziumverbindungen (Trimethylsilanol und cyclische sowie offenkettige Dimethylsiloxane) in Deponie- und Klärgas wurde eine neuartige Analytik aufgebaut. Die Probenahme der Biogase erfolgt dabei in evakuierten Edelstahlkanistern. Dem Kanister wird anschließend ein definiertes Volumen entnommen und die Analyten an einer Kältefalle angereichert. Nach Thermodesorption erfolgt eine gaschromatographische Trennung an zwei parallel geschalteten Kapillarsäulen und die Identifizierung mittels Massenspektrometer (MS) und Atomemissionsdetektor (AED). Die Kopplung dieser beiden Detektoren ermöglicht damit die unabhängige Identifizierung von Gasspurenstoffen, basierend auf dem substanzspezifischen Fragmentierungsmuster (MS) und der Elementarzusammensetzung der Analyten (AED). Die Abbildung zeigt den schematischen Aufbau der entwickelten Analytik.

Die Quantifizierung der Spurenstoffe erfolgt mittels AED unter Verwendung eines externen 30-Komponenten-Standards, der neben Siloxanen auch Alkane, Terpene, BTX, sowie halogenierte und schwefelhaltige Verbindungen enthält. Mit der entwickelten Analytik können Siloxane bis zu einer Minimalkonzentration von ca. $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bestimmt werden.

Gasmessungen an verschiedenen Mülldeponien und Kläranlagen zeigten sehr hohe Siloxankonzentrationen zwischen $6 \text{ mg}/\text{m}^3$ und $17 \text{ mg}/\text{m}^3$. Diese Siloxane verursachen bei der Verwertung von Deponie- und Klärgas technische Probleme und müssen daher aus dem Rohgas abgeschieden werden. Auf verschiedenen Mülldeponien erfolgt derzeit eine Langzeitüberwachung der Gasspurenstoffe, um die Einflußgrößen auf verstärkte Si-Belastung zu untersuchen. Daneben werden dort bestehende Gasaufbereitungsanlagen hinsichtlich ihrer Siloxanabscheideeffizienz überprüft und im Rahmen von Laborversuchen nach neuen Methoden zur Eliminierung flüchtiger Siliziumverbindungen gesucht.

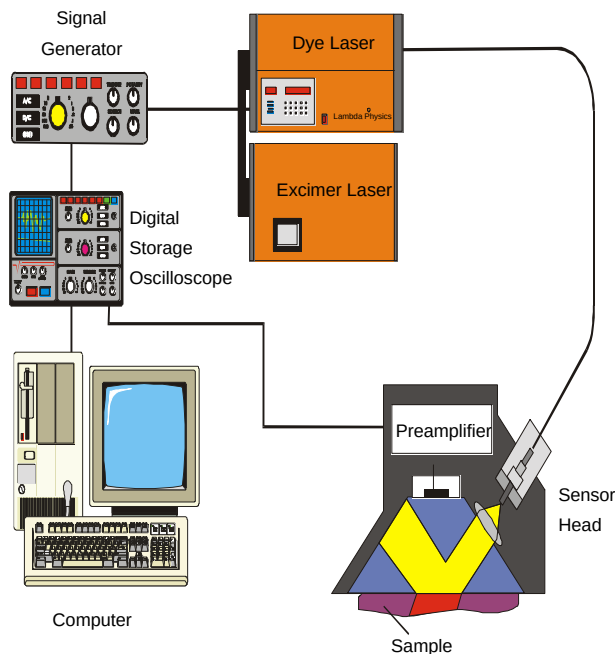
(M. Schweigkofler)



1.5.9 Entwicklung eines faseroptisch geführten Sensors zur nichtinvasiven und tiefe aufgelösten Bestimmung von Stoffen in einem Biofilm

Förderung: DFG (SFB 411)

Im Rahmen dieses Projektes ist ein Sensorsystem entwickelt worden, das zur Überwachung des Biofilms in Kläranlagen eingesetzt werden soll. Ein derartiges Sensorsystem ist notwendig, da der Abbau organischer und anorganischer Schadstoffe nur dann zuverlässig garantiert ist, wenn definierte Prozeß-



größen eingehalten werden. Die entsprechenden Variablen in Biofilmreaktoren sind u. a. Dicke und Effektivität des Biofilms. Die Überwachung beider Kenngrößen erfordert eine nichtinvasive und tiefe aufgelöste Analyse.

In Bezug auf das gestellte Anforderungsprofil wurde der photoakustische Effekt als Detektionsprinzip ausgewählt. Bei der Wechselwirkung von kurzen Laserpulsen mit kondensierter Materie induziert die absorbierte Strahlung eine thermische Ausdehnung des bestrahlten Volumenelements. Diese praktisch instantane Ausdehnung erzeugt eine Drucktransiente, welche die Verteilung der absorbierten Energie in der Probe widerspiegelt. Mithilfe der Spektralanalyse kann aus dem räumlichen Absorptionsspektrum tiefe selektiv eine Information über die chemische Zusammensetzung der Probe gewonnen werden.

Zur Detektion derartiger Drucktransienten wurde ein photoakustischer Sensorkopf entwickelt, der auf einem Dove-Prisma basiert, an das eine piezoelektrische

PVDF-Folie angekoppelt ist. Dieser breitbandige Sensor zeichnet sich durch eine Zeitauflösung im Bereich von Nanosekunden aus, die einer Tiefenauflösung in aquatischen Systemen von ca. 25 μm entspricht, und einer Absorptions-Nachweisgrenze von mindesten 1 cm^{-1} (pro 1 mJ/cm^2 Energiedichte) aus. Ein Vergleich von experimentell und theoretisch bestimmten Druckprofilen lieferte einen eindeutigen Nachweis für die korrekte Funktionsweise des entwickelten Detektors.

Erste Experimente wurden mit definierten Biofilmmodellen ausgeführt. Derartige Modelle wurden aus einem Hydrogel hergestellt, das mit Farbstoffen eingefärbt wurde. Mittels dieser Modellbiofilme wurden Proben mit vertikalen (Einschicht- und Mehrschichtsysteme) und lateralen Inhomogenitäten (Tröpfchen) untersucht. Aufgrund der hohen Analysegeschwindigkeit konnten auch dynamische Prozesse untersucht werden, wie z.B. die Diffusion zwischen Biofilm und angrenzenden Medien.

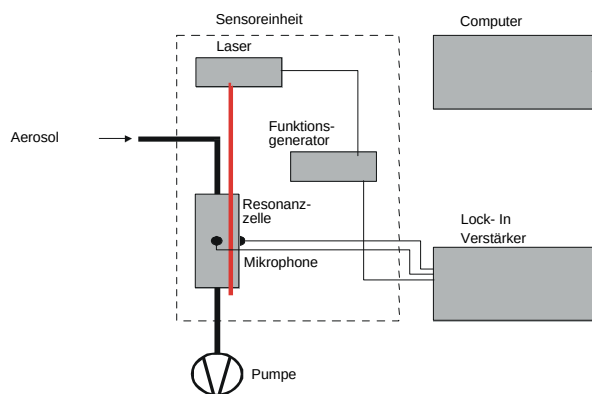
(C. Kopp)

1.5.11 Entwicklung eines photoakustischen Sensorsystems zur Messung von Rußaerosolen in der Atmosphäre

Förderung: BMBF

Im Projekt wird ein photoakustisches Sensorsystem zur Messung von Rußaerosolen in der Atmosphäre entwickelt. Die Vorteile der Photoakustik gegenüber den bisherigen Meßverfahren sind die große Mobilität des unabhängigen Sensorsystems und der geringe Zeitaufwand der Messungen.

Das zur Messung von Rußaerosolen gemäß VDI-Richtlinie 2465, Blatt1, bisher eingesetzte Verfahren beruht auf der Probenahme durch Filter und der anschließenden coulometrischen Kohlenstoffbestimmung. Diese Methode weist erhebliche Nachteile auf: Das Meßgerät (Coulomat) ist nicht mobil einsetzbar, arbeitet diskontinuierlich, mit großem Zeitaufwand, und hochmolekulare luftgetragene kohlenstoffhaltige Verbindungen wie etwa Blütenstaub beeinflussen die Meßergebnisse. Diese Umstände führen zu der Notwendigkeit eines on-line-Meßgerätes, welches in Form eines photoakustischen Rußsensors (PASS) realisiert wurde. Der von Petzold et al. am Institut entwickelte PASS wurde in einigen Punkten modifiziert



und ist in der Abbildung schematisch dargestellt. Ein durch einen Funktionsgenerator modulierter Laserstrahl mit einer Wellenlänge von 680 nm wird linear durch die photoakustische Resonanzzelle geleitet, in welcher der monochromatische Lichtstrahl mit dem laminar fließenden Aerosol wechselwirkt. Rußpartikel absorbieren das eingestrahlte Licht und geben die aufgenommene Energie in Form von Wärme ab. Diese Relaxation führt zur Ausbildung einer Schallwelle, die nach resonanter Verstärkung mittels zweier Mikrophone detektiert wird. Die Signalintensität der von den Mikrophenen induzierten Spannung ist proportional zur Rußkonzentration im Aerosol. Im Laufe einer Messung (ca. 5 Minuten) läßt

sich so die Rußmassenkonzentration in einer gegebenen Luftmasse in-situ bestimmen. Der Sensor wurde im Labor mit einem generierten Rußaerosol kalibriert; die Nachweisgrenze des Sensors liegt momentan im Bereich von wenigen $\mu\text{g pro m}^3$. Durch die Verwendung einer Hochleistungslaserdiode (250 mW) mit einer Wellenlänge von 680 nm ist die Querempfindlichkeit gegenüber Wasserdampf um das fünffache gegenüber der vorher verwendeten Diode (800 nm) abgesenkt. Durch Messung der relativen Luftfeuchte und Kalibration des PASS kann somit unter jedweden atmosphärischen Bedingungen gemessen werden. Momentan wird an der Verbesserung der Nachweisgrenze gearbeitet und der Einfluß von diversen Aerosolen und Spurengasen auf das photoakustische Signal untersucht.

(L. Krämer, Z. Bozoki, R. Kotzick)

1.5.12 Photoakustische Detektion von Holzschutzmitteln in Holzabfall

Förderung: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen

In diesem Projekt wird ein Sensorsystem für die schnelle Detektion von Holzschutzmitteln (Lindan, Pentachlorphenol und Kreosot) entwickelt, das auf der Grundlage der photoakustischen Laserspektroskopie basiert. Der Sensor soll zur Überprüfung von Holzabfällen vor der Entsorgung oder Wiederverwertung eingesetzt werden. Zu Beginn des Projekts wurden Absorptionsspektren von Pentachlorphenol und Lindan im NIR-Bereich bestimmt. Dabei ergab sich ein Absorptionsmaximum von PCP bei 1,45 μm . Als Lichtquelle für die Resonanzzelle wurde deshalb eine durchstimmbare Halbleiterlaserdiode mit dem Wellenlängenbereich 1,43 μm -1,47 μm ausgewählt.

Die Resonanzzelle wurde beheizbar gestaltet, um eine Adsorption der Analyten an die Zellwände zu verhindern. Die Zelle wurde hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit mit Wasserdampfmessungen getestet. Hier konnte gezeigt werden, daß auch bei hohen Temperaturen (230°C) noch mit einem Absorptionskoeffizienten von $1 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^{-1}$ gemessen werden kann. Eine Meßelektronik für die photoakustische Messung mit Diodenlasern wurde entwickelt und getestet.

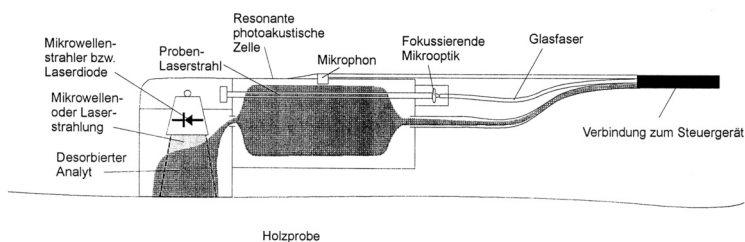
Für die Probenahme wurde ein Sensorkopf entwickelt. Da es sich bei Holzschutzmitteln weitgehend um Verbindungen mit einem hohem Dampfdruck handelt, können sie durch eine moderate

Erwärmung der zu untersuchenden Oberflächen in die Gasphase gebracht werden. Die Erwärmung soll rasch erfolgen, aber ein Kontakt der Apparatur mit der Holzoberfläche vermieden werden, um ein Verschleppen der Analyten zu verhindern. Hierfür bietet sich eine berührungslose Technik mit einer starken Lichtquelle an. Um die Probenahme zu charakterisieren, wurde eine entsprechende Referenzanalytik mittels GC/HRMS entwickelt.

Nach Überprüfung der optischen Eigenschaften des Diodenlasers, hinsichtlich der Wellenlänge, Ausgangsleistung und Durchstimbarkeit wurde das Absorptionsmaximum von PCP in der photoakustischen Zelle bei circa 230°C bestimmt.

Der Probenahmekopf wurde mit der photoakustischen Zelle verbunden. Erste Messungen von Pentachlorphenol auf Oberflächen konnten durchgeführt werden.

(Z. Bozoki, H. Beck, A. Beenen)



1.5.13 Ramanspektroskopische Analyse von Schwebstaubinhaltsstoffen auf Filtermedien

Förderung: DFG; Kooperation mit dem Lehrstuhl für Laseranwendungstechnik der Universität Bochum (Prof. Schweiger)

Aerosolpartikel in der Umgebungsluft dienen als Transportmedium für organische und anorganische Substanzen, die gesundheitsschädlich sind (Allergien, Krebs etc.). Vor allem der Dieselruß wird als eine der wichtigsten kanzerogenen Substanzen angesehen. Bei der Messung von Schwebstaubkonzentrationen wird bisher unspezifisch die gesamte Massenkonzentration zur Bewertung der Schadstoffkomponente herangezogen.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, ein Meßverfahren zu entwickeln, das in der Lage ist, selektiv verschiedene Schwebstaubinhaltsstoffe zu bestimmen. Als Meßmethode soll die lineare Raman-Spektroskopie eingesetzt werden. Die Aerosolpartikel sollen auf Filtern abgeschieden, die Raman-Streuung durch Anregung mittels eines Diodenlasers im NIR-Bereich erzeugt und anhand ihrer Raman-Spektren identifiziert und quantifiziert werden.

1.5.14 Aufbau eines Rasterröntgenmikroskops am Elektronenspeicherring BESSY II und Experimente auf dem Gebiet der Wasserforschung

Förderung: BMBF; Kooperation mit der Forschungseinrichtung Röntgenphysik der Universität Göttingen (Dr. Thieme) und dem Engler-Bunte-Institut der Universität Karlsruhe (Prof. Frimmel)

Von der FE Röntgenphysik der Uni Göttingen wird gegenwärtig ein leistungsstärkerer röntgenmikroskopischer Meßplatz am Berliner Speicherring BESSY II aufgebaut. Eine besondere Stärke der Röntgenmikroskopie liegt darin, daß Objekte in wässrigen Medien untersucht werden können.

Das System soll für spektromikroskopische Untersuchungen auf dem Gebiet der Wasserforschung eingesetzt werden. Forschungsthemen sind die Untersuchung der Wirkung von Biofilmen und Hydrokolloiden bei der Membranfiltration von Rohwasser sowie die Charakterisierung von Flockungsprozessen im Hinblick auf die Entfernung natürlicher organischer Materie (NOM) aus Roh- und Abwasser.

2 Publikationen

2.1 Übersichtsartikel

- Niessner, R.: Alternative Vor-Ort-Nachweisverfahren für Schadstoffe bei der Erkundung und Beobachtung von Untergrundbelastungen im Bereich von Deponien und Altstandorten. In: Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten. Herausgegeben von H.-J. Voigt und T. Wippermann, Springer-Verlag, Berlin, S. 235-260
- Niessner, R. (1998): Trends – Analytische Chemie.— Nachrichten aus Chemie, 46: 302-314
- Panne, U. (1998): Laser Remote Sensing.— TRAC Trends Anal. Chem. 17, 491-500.

2.2 Originalarbeiten

- Baumann, M. (1998): Kohlensäure- und Radonwässer im Bereich des Beckens von Eger (Euregio Egrensis) unter Berücksichtigung von Sibyllenbad/Opf.— Heilbad, Kurort 50: 6-8.
- Baumann, T., Fruhstorfer, P., Niessner, R. (1998): Sickerwassertransport von Kolloiden und Schwermetallen in Bergbaufolgelandschaften.— Grundwasser 3: 2-10.
- Baumann, T., Schneider, M. (1998): Dynamik des Wasserhaushalts von Hausmülldeponien.— Entsorgungspraxis 3/98, 45-49.
- Beenen, A., Niessner, R. (1998): Trace gas analysis by photoacoustic spectroscopy with NIR laser diodes.— VDI-Berichte 1366: 69-72
- Beenen, A., Niessner, R. (1998): Development of a photoacoustic gas sensor for in-situ and on-line measurement of gaseous water and toluene.— Analyst 123: 543-545
- Dosch, M., Weller, M., Bückmann, A., Niessner, R. (1998): Homogeneous immunoassay for the detection of TNT based on reactivation of apoglucose oxidase using a novel FAD-trinitrotoluene conjugate.— Fres. J. Anal. Chem. 361: 174-178
- Fröschl, B., Knopp, D., Niessner, R. (1998): Possibilities and limitations of an ELISA for the detection of 1-nitropyrene on air particulate matter.— Fres. J. Anal. Chem. 360: 689-692
- Haisch, C., Panne, U., Niessner, R. (1998): Combination of an intensified CCD with an echelle spectrometer for analysis of colloidal material by laser-induced plasma spectroscopy (LIPS).— Spectrochim. Acta 53: 1657-1666
- Klein, T., Niessner, R. (1998): Characterization of heavy metal containing seepage water colloids by flow FFF, ultrafiltration, ELISA and AAS.— Mikrochim. Acta 129: 47-55
- Koeber, R., Bayona, J.M., Niessner, R. (1997): Analysis of ozonolysis products of benzo[a]pyrene with capillary gas chromatography mass spectrometry and liquid chromatography mass spectrometry.— Intern. J. Environ. Anal. Chem. 66: 313-325.
- Huber, N., Gahr, A., Niessner, R. (1998): Fluorimetric determination of bromate in a post-column-reaction.— Mikrochim. Acta 129: 281-290
- Kopp, C., Niessner, R. (1998): Photoacoustic depth profiling of layered samples.— Analyst 123: 547-550.

- Lienert, D., Anklam, E., Panne, U. (1998): Gas-chromatography-mass-spectral analysis of roots of echinacea species and classification by multivariate data analysis.— *Phytochemical Analysis* **9**, 88-98.
- Loos, R., Niessner, R. (1998): Analysis of aromatic sulfonic acids in water by solid-phase extraction and capillary electrophoresis.— *J. Chromatogr. A* **822**: 291-303
- Panne, U., Haisch, C., Clara, M., Niessner, R. (1998): Analysis of glass and glass melts during the vitrification process of fly and bottom ashes by laser-induced plasma spectroscopy. Part I: Normalization and plasma diagnostics.— *Spectrochim. Acta B* **53**: 1957-1968
- Panne, U., Clara, M., Haisch, C., Niessner, R. (1998): Analysis of glass and glass melts during the vitrification process of fly and bottom ashes by laser-induced plasma spectroscopy. Part II: Process analysis.— *Spectrochim. Acta B* **53**: 1969-1981
- Pfortner, P., Weller, M., Niessner, R. (1998): Immunological method for the detection of bound nitroaromatic residues in soils.— *Fres. J. Anal. Chem.* **360**: 192-198
- Pfortner, P., Weller, M., Niessner, R. (1998): Detection of bound nitroaromatic residues in soils by immunoassays.— *Fres. J. Anal. Chem.* **360**: 781-783
- Simon, E., Weller, M., Niessner, R. (1998): Characterization of a covalent triazine-humic acid conjugate by gas chromatography.— *Fres. J. Anal. Chem.* **360**: 824-826
- Simon, E., Knopp, D., Bou Carrasco, P., Niessner, R. (1998): Development of an enzyme immunoassay for Metsulfuron-methyl.— *Food. Agric. Immunology* **10**: 105-120
- Weller, M., Simon, E., Pfortner, P., Dosch, M., Niessner, R. (1998): Detection of bound residues by enzyme immunoassay. Pesticide bound residues in soil, edited by the senate commission for the assessment of chemicals used in agriculture, Report 2. Wiley – VCH, p. 56-59
- Zühlke, J., Knopp, D., Niessner, R. (1998): Determination of 1-nitropyrene with enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) versus HPLC column switching technique.— *J. Chromatogr. A* **807**: 209-217

2.3 Tagungsbeiträge

2.3.1 Vorträge auf Einladung

- Baumann, T.: Großmaßstäbliche Feldversuche zur Ausbreitung von kolloidgebundenen Schadstoffen im Grundwasser. VDI/VDE Arbeitskreis Bio- und Umwelttechnik, 22.6.98, München.
- Baumann, T.: Dynamik des Wasser- und Stoffhaushalts von Hausmülldeponien - Feldversuche mit abgestuften Tracern. VDI/VDE Arbeitskreis Bio- und Umwelttechnik, 23.11.1998, München.
- Knopp, D., Seifert, M., Väänänen, V., Niessner, R.: Experimental evaluation of an ELISA for the fast screening of polycyclic aromatic hydrocarbons in water and soil samples. - *Analytica Conference* 98, 1998, München
- Knopp, D.: Anwendung immunologischer Methoden im Umweltbereich, Forschungszentrum Jülich, Institut für Radioagronomie (ICG 5), 12.11.1998, Jülich

- Knopp, D.: Immunoaffinitätschromatographische Anreicherung niedermolekularer Analyten mit nanostrukturierten biokeramischen Trägern. - DFG Fachgespräch „Anwendung biomolekularer Erkennungsstrukturen in der Umweltanalytik“, 19.-20.11.1998, München
- Knopp, D., Schedl, M., Achatz, S.: Immunochemical test to monitor human exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: Urine as sample source. - Immunochemistry Summit VII, Third Workshop on Biosensors and Biological Techniques in Environmental Analysis, 1.-3.12.1998, Las Vegas, USA
- Knopp, D.: Production and application of antibodies for environmental pollutants, Department of Chemistry and Biochemistry, New Mexico State University, 10.12.1998, Las Cruces, USA
- Niessner, R., Haisch, C., Panne, U., Pfortner, P., Weller, M.: Advances in speciation and in situ measurement using laser spectroscopy or antibodies. - 28th Annual Intern. Symp. on Environ. Anal. Chem., 1.-5.3.98, Genf.
- Niessner, R.: Antikörperbasierende Techniken als Instrumente zur Charakterisierung von Wasser-Boden-Luft.- Kolloquium in Anorganischer und Analytischer Chemie der Universität Mainz, 11.5.98.
- Niessner, R.: On-line- und in situ-Analytik. - Symposium „30 Jahre Institut für Ökologische Chemie“, GSF Neuherberg, 25.5.98.
- Niessner, R., Haisch, C., Kopp, C., Panne, U., Schütz, A., Weller, M., Winklmair, M.: Fast screening tools for monitoring environmentally related processes. - 2nd Intern. Colloquium on Process Related Analytical Chemistry, 31.5.-3.6.98, Helsinki.
- Niessner, R., Dicke, M., Panne, U., Pfortner, P., Weller, M.: Process-related rapid instrumental analysis for waste inspection. - 2nd Intern. BayFORREST Conference on Development and Application of Waste Technology, 1.-3.7.98, Garching.
- Niessner, R.: Antikörperbasierende Techniken als Instrumente zur Charakterisierung von Wasser-Boden-Luft. Kolloquium am Institut für Technische Biochemie der Universität Stuttgart, 15.7.98.
- Niessner, R., Beenen, A., Kopp, C., Kotzick, R.: Application of laser-induced photoacoustic spectroscopy in analytical chemistry. Compans '98, Universität Duisburg, 17. 9.98.
- Niessner, R., Fröschl, B., Knopp, D., Mayr, M., Pfortner, P., Schütz, A., Weller, M., Winklmair, M.: Antikörper-basierende Techniken zur chemischen Charakterisierung von Wasser, Boden und Luft.- Umwelttagung 1998, 27. - 30.9.98, Karlsruhe.
- Niessner, R.: Antibodies as recognition elements. Workshop on Biosensors and Bioarrays in Cooperation with the Biovalley Initiative. Part of „Euroanalysis 10“, 6.-11. 9.98, Basel.
- Niessner, R.: Laser-gestützte Analytische Chemie an diffizilen Matrices (Schmelzen, Biofilme und Kolloide). GDCh-Kolloquium an der Universität Essen, 11.9.98, Essen.
- Panne, U.: Anwendungen der Laserspektroskopie in der Umwelt- und Prozeßanalytik, Institutsvortrag am Institut für Angewandte Spektroskopie (ISAS), 26.2.98, Dortmund.
- Panne, U.: Anwendungen der Laserspektroskopie in der Umwelt- und Prozeßanalytik, Institutsvortrag am Institut für Instrumentelle Analytik, Forschungszentrum Karlsruhe, 17.3.98, Karlsruhe

2.3.2 Vorträge

- Baumann, T., Niessner, R.: Ein Expertensystem zur Planung und Durchführung von Markierungsversuchen.— Jahrestagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 6.-9.10.98, Berlin.
- Baumann, T., Niessner, R.: Colloidal mass transfer of metal ions within porous media.— EGS XXIII General Assembly, 20.-24.4.98, Nice.
- Beenen, A., Niessner, R.: Trace gas analysis by photoacoustic spectroscopy with NIR laser diodes.— X. International Conference on Photoacoustic and Photothermal Phenomena, 23.-27. August 1998, Rom.
- Düsing, R., Panne, U., Niessner, R.: Time-resolved excitation emission spectra (TEES) with fiberoptical sensors: A new tool for multidimensional fluorescence spectroscopy.— EUROANALYSIS 10, 6.-11.9.98, Basel.
- Düsing, R., Panne, U., Niessner, R.: Time-resolved excitation emission spectra (TEES) with fiberoptical sensors, 2nd Euroconference on Environmental Analytical Chemistry, 31.10-6.11.98, Cordoba.
- Exner, A., Seidel, B., Faubel, W., Panne, U., Niessner, R.: Characterization of hydrocolloids by asymmetric flow field-flow fractionation (AF⁴) and thermal lens spectroscopy.— X. International Conference on Photoacoustic and Photothermal Phenomena, 23.-27.8.98, Rom.
- Gahr, A., Prestel, H., Nießner, R.: Entwicklung analytischer Methoden zur Detektion des Hydroxyradikals bei der Wasseraufbereitung.— Jahrestagung 1998 der Fachgruppe Wasserchemie, 18.-20.5.98, Lübeck.
- Huber, N., Baumann, T., Niessner, R.: Kinetik des Stofftransports an anorganischen Kolloiden.— Grenzflächen- und Kolloidchemie in Böden II, 9.-11.9.98, Jülich.
- Kopp, C., Niessner, R.: Fiber-optical inspection of biofilm-like structures by pulsed photoacoustic spectroscopy.— Workshop on Biofilms in Aerobic Wastewater Treatment: An Interdisciplinary Approach. 9./10.11.98, Garching.
- Ludwig, W., Knopp, D., Behr, T., Schedl, M., Niessner, R., Schleifer, K.-H.: Identification of microorganisms: Solid phase hybridization with nucleic acid probes on microplates. - Biofilms in Aerobic Wastewater Treatment: An Interdisciplinary Approach, 9.-10.11.1998, Garching
- Müller, S., Baumann, T. Niessner, R.: Großmaßstäbliche Versuche zum Transport von Kolloiden und Schwermetallionen.— Jahrestagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 6.-9.10.98, Berlin.
- Neuhauser, R., Panne, U., Niessner, R.: Laser-induced plasma spectroscopy (LIPS): A versatile tool for monitoring heavy metals in aerosol streams.— EUROANALYSIS 10, 6.-11.9.98, Basel.
- Neuhauser, R., Panne, U., Niessner, R.: Laser-induced plasma spectroscopy: A versatile tool for monitoring heavy metal aerosols.— Intelligent Analytical Solutions, 24.-26.9.98, Jülich.
- Neuhauser, R., Panne, U., Niessner, R.: On-line monitoring of heavy metals in aerosols.— FACSS XXV, 11.-15.10.98, Austin, USA.
- Neuhauser, R., Haisch, C., Panne, U., Niessner, R.: Rowland and Echelle spectrometers: Two old tools for new applications in laser-induced plasma spectroscopy.— FACSS XXV, 11.-15.10.98, Austin, USA.

- Niessner, R., Gahr, A., Loos, R.: Application of the new adsorber polymer Lewatit EP 63 for the treatment of contaminated water in comparison to activated carbon.— 5th Australian-German Workshop on Water Technology, 6.-8.5.98, Karlsruhe.
- Niessner, R., Neuhauser, R., Panne, U.: Laser-induced plasma spectroscopy (LIPS): A versatile tool for monitoring heavy metals in aerosol streams.— 5th Intern. Aerosol Conference, 14.-16.9.98, Edinburgh.
- Niessner, R., Kotzick, R.: Atmospheric black carbon measurement using photoacoustic spectroscopy.— 5th Intern. Aerosol Conference, 14.-16.9.98, Edinburgh.
- Panne U., Haisch, C., Neuhauser, R., Niessner, R.: Anwendung der laserinduzierten Plasma-Spektroskopie (LIPS) in der Prozess- und Umweltanalytik.— 5. Anwendertreffen Röntgenfluoreszenz- und Funkenemissionsspektrometrie, 9.-10.3.98, Dortmund.
- Schütz, A., Winklmaier, M., Weller, M., Niessner, R.: Multianalytfähiger paralleler Affinitätssensorarray (PASA) für die Trinkwasseranalytik.— Jahrestagung 1998 der Fachgruppe Wasserchemie, 18.-20.5.98, Lübeck.
- Speiser, C., Baumann, T., Niessner, R.: Änderung des Phasenbestandes bei der Alterung von MVA-Schlacken.— Tagung Technische und Angewandte Mineralogie, 14.-16.6.98, Halle.
- Speiser, C., Baumann, T., Niessner, R.: Änderungen des Phasenbestandes bei der Alterung von MVA-Schlacken.— Jahrestagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 6.-9.10.98, Berlin.
- Weller, M., Schütz, A., Winklmaier, M., Niessner, R.: Parallel Affinity Sensor Array (PASA) Based on Chemiluminescence Detection.— EUROANALYSIS 10, 6.-11. 9.98, Basel.
- Weller, M., Niessner, R.: Development of fast immunological and mass-spectrometrical methods for the control of algal toxin contaminations in drinking water.— 5th Australian-German Workshop on Water Technology, 6.-8.5.98, Karlsruhe.

2.3.3 Poster

- Baumann, T., Schneider, M., Niessner, R.: Application of sorptive tracers within waste disposals.— EGS XXIII General Assembly, 20.-24.4.98, Nice.
- Beenen, A., Niessner, R.: Trace gas analysis by photoacoustic spectroscopy with NIR laser diodes.— 5th Intern. Symp. on Gas Analysis by Tunable Diode Lasers, 25.-26.2.98, Freiburg.
- Eliet, V., Bidoglio, G., Ferrari, D., Sena, F., Springer, A., Niessner, R., Panne, U.: Multiplexed four-dimensional fiber-optic fluorescence for in situ detection of soil and groundwater tracers.— EGS XXIII General Assembly, 20.-24.4.98, Nice.
- Ferron, G., Busch, B., Heyder, J., Krämer, L., Kotzick, R., Niessner, R.: Hygroscopic and heterogeneous condensation properties of soot particles.— 5th Intern. Aerosol Conference, 14.-16.9.98, Edinburgh.
- Kopp, C., Niessner, R.: Depth-resolved photoacoustic measurements with pulsed excitation.— X. International Conference on Photoacoustic and Photothermal Phenomena, 23.-27.8.98, Rom.

- Leis, E., Baumann, T., Niessner, R.: Exotherme Prozesse in MVA-Schlackedeponien und deren Auswirkungen auf die Technische Barriere.— Jahrestagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 6.-9.10.98, Berlin.
- Loos, R., Niessner, R.: Environmental analysis of aromatic sulfonic acids by CZE.— Analytica Conference '98, 21.-24.4.98, München.
- Loos, R., Gahr, A., Weil, L., Nießner, R.: Anwendung des neuen Adsorberpolymers Lewatit EP 63 zur Wasseraufbereitung im Vergleich zur Aktivkohle.— Jahrestagung 1998 der Fachgruppe Wasserchemie, 18.-20.5.98, Lübeck.
- Loos, R., Nießner, R.: Analytik trinkwasserrelevanter polarer organischer Schadstoffe mit Kapillarelektrophorese.— Jahrestagung 1998 der Fachgruppe Wasserchemie, 18.-20.5.98, Lübeck.
- Haisch, C., Panne, U., Niessner, R.: Characterization of hydrocolloids by laser-induced plasma spectroscopy (LIPS).— EUROANALYSIS 10, 6.-11. 9.98, Basel.
- Huber, N., Baumann, T., Niessner, R.: Transport von Schwermetallionen durch chemische und dynamische Mobilisierung von Kolloiden im Aquifer - Laborversuche.— Jahrestagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 6.-9.10.98, Berlin.
- Mayr, M., Weller, M., Niessner, R.: Homogeneous immunoassay based on reactivation of apoglucose oxidase with a FAD-derivate.— Analytica Conference '98, 21.-24.4.98, München.
- Neuhauser, R.E., Ferstl, U., Panne, U., Niessner, R.: Design of a Rowland-polychromator for laser-induced plasma spectroscopy (LIPS).— EUROANALYSIS 10, 6.-11. 9.98, Basel.
- Müllinger, B., Jaser, S., Knoch, M., Knopp, D., Niessner, R., Schedl, M., Heyder, J.: Hydrophobic coating of drug particles allows individual dosimetry. - Respiratory Drug Delivery VI, 3.-7.5.1998, Hilton Head, USA
- Pfortner, P., Weller, M., Niessner, R.: Development of a highly sensitive ELISA for the TNT metabolite 4-Amino 2,6-dinitrotoluene.— Analytica Conference '98, 21.-24.4.98, München.
- Pohlmann, G., Koch, W., Theisen, M., Niessner, R.: Measurement of ambient aerosol characteristics for receptor modelling with special emphasis on fine particles.— 5th Intern. Aerosol Conference, 14.-16.9.98, Edinburgh.
- Schütz, A., Winklmaier, M., Weller, M., Niessner, R.: Influence on the haptene structure in indirect immunoarray design.— Analytica Conference '98, 21.-24.4.98, München.
- Schedl, M., Knopp, D., Niessner, R.: Sol-gel-glass immunoadsorbents: Novel tools for specific extraction and enrichment of hydroxylated PAH metabolites from human urine. - Immunochemistry Summit VII, Third Workshop on Biosensors and Biological Techniques in Environmental Analysis, 1.-3.12.1998, Las Vegas, USA
- Szekacs, A., Le, H.M., Knopp, D., Niessner, R.: A modified immunoassay for polyaromatic hydrocarbons. - Immunochemistry Summit VII, Third Workshop on Biosensors and Biological Techniques in Environmental Analysis, 1.-3.12.1998, Las Vegas, USA
- Winklmaier, M., Schütz, A., Weller, M., Niessner, R.: Stabilization of antibodies by analytes of high affinity.— Analytica Conference '98, 21.-24.4.98, München.

2.4 Mitveranstalter bei Konferenzen

CLEO/EUROPE-EQEC '98, Section „Lasers in Chemistry, Biology and Medicine“, 13.-18.9.98, Glasgow (Programmausschuß)

Analytica Conference '98, Section „Screening Analysis with Immunoassays“, 21.-24.4.98, München (Scientific Committee)

Jahrestagung 1998 der Fachgruppe Wasserchemie in der GDCh, 18.-20.5.98, Lübeck (Programmausschuß)

SPIE International Symposium on Industrial and Environmental Monitors and Biosensors, 2.-5.11.98, Boston (Program Committee)

2.5 Gutachten

Kontrollanalysen

Bad Abbach, Bad Windsheim, Bentheim, Birnbach, Endorf, Füssing, Gögging, Griesbach, Hölle, Stamsried, Kellberg, Kondrau, Neustadt/Aisch, Pilzweg, Radenska, Sibyllenbad, Siegsdorf, Straubing, Wiessee, Radenska, Wimpfen

Anerkennungsgutachten, Gutachten zur hydrogeologischen Situation

Brückenau, Carolinensiel, Endorf, Horumersiel, Neustadt/Aisch, Pilzweg, Radenska

Brunnenkontrollanalysen

Brückenau, Hölle, Kissingen, Kondrau, Neustadt/Aisch, Pechbrunn, Siegsdorf (incl. Flaschenfüllungen), Süßgetränke, Utting, Windsheim

Wasseranalysen in Forschungsprogrammen

Risikostudie Gundremmingen, Eluate MVA Schlackedeponie, Eluat Qumran, Filtereluate

2.6 Abgeschlossene Diplomarbeiten

Dipl.-Ing. (FH) Bernhard Ferstl: Realisierung eines Rowland-Polychromators, FHM.

Dipl.-Chem. Carola Heiß: Entwicklung von Teststreifen für die TNT-Bestimmung auf der Basis eines Apoenzym-Reaktivierungsimmoassays (ARIS), TUM.

Dipl.-Chem. Lutz Krämer: Anwendungen der elektrostatischen Klassierung zur physikalisch-chemischen Charakterisierung ultrafeiner Aerosolsysteme, TUM.

Dipl.-Chem. Thomas Letzel: Identifizierung von Abbauprodukten der Reaktion Benzo[a]pyren mit Ozon mittels HPLC und GC/MS, LMU.

Dipl.-Geol. Stefan Törnau: Einfluß von sedimenteigenen Kolloiden auf den Transport von Schwermetallen in einem fluvioglazialen Aquifer – Laborversuche, TUM.

2.7 Abgeschlossene Dissertationen

Dipl.-Phys. Christoph Haisch: Anwendungen der laserinduzierten Plasmaspektroskopie (LIPS) in der Prozeß- und Umweltanalytik

Dipl.-Chem. Guido Kallinger: Untersuchungen zur diffusionskontrollierten Emissionsprobenahme von gasförmigen aliphatischen Aldehyden und Aminen.

Dipl.-Chem. Robert Koeber: Analytik von Benzo[a]pyren-Abbauprodukten unter simulierten und realen atmosphärischen Bedingungen.

Dipl.-Phys. Robert Kotzick: Kondensationseigenschaften künstlich erzeugter und realer Rußaerosole.

Dipl.-Chem. Maria Mayr: Schnelltests für die Untersuchung von Altlasten auf TNT: Entwicklung eines Apoenzym-Reaktivierungs-Immunoassays (ARIS)

LM-Chem. Peter Pfortner: Entwicklung von Enzymimmunoassays (ELISA) zur Bestimmung von huminstoffgebundenen Nitroaromaten.

Dipl.-Chem. Elfriede Simon: Entwicklung von Immunoassays für Sulfonylharnstoffherbizide und huminsäuregebundene Triazinherbizide

Dipl.-Ing. (Univ.) Alexander Wenzel: Aufbereitung von Deponiesickerwasser durch naßchemische Oxidation unter Verwendung von Ozon und UV-C-Strahlung.

2.8 Erfindungen

Deutsche Patentanmeldung 198 12 846.O: C. Haisch, Dr. U. Panne und Prof. Dr. R. Niessner: Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der elementaren Zusammensetzung von oxidischen Schmelzen.

Deutsche Patentanmeldung 198 09 328.4: C. Haisch, Dr. U. Panne, Dr. T. Baumann und Prof. Dr. R. Niessner: Vorrichtung, deren Verwendung und Verfahren zur Probenentnahme von Partikeln aus Flüssigkeiten.

Deutsche Patentanmeldung 198 08 003.4: Dr. M.Weller, M. Winklmaier, A. Schütz und Prof. Dr. R. Niessner: Verfahren zur Beschleunigung der Dissoziation von Komplexen.

3 Lehre und Fortbildung

3.1 Vorlesungen

Chemie gelöster und ungelöster Wasserinhaltsstoffe, Teil 1: Wasserkreislauf und Gleichgewichte	Nießner
Chemie gelöster und ungelöster Wasserinhaltsstoffe, Teil 2: Hydrokolloide, micellare Systeme und photochemische Umsetzungen	Nießner
Umweltanalytik, Teil 1: Grundlagen der instrumentellen Analytik von Wasserinhaltsstoffen	Nießner
Umweltanalytik, Teil 2: Charakterisierung von Luftinhaltsstoffen (Gase und Aerosole)	Nießner
Umweltanalytik, Teil 3: Organische Spurenanalytik an Umweltmatrices	Nießner
Massenspektrometrie in der Umweltanalytik	Weller/Nießner
Biochemische und molekularbiologische Analysenverfahren in der Umweltanalytik	Knopp/Nießner
Die Mineral-, Thermal- und Heilwässer in Bayern und ihr hydrogeol. Rahmen	M. Baumann/Nießner
Einführung in das hydrogeologische Praktikum II	M. Baumann/Nießner
Brunnenbau und Bohrtechnik	M. Baumann/Nießner
Hydrogeologie I und II	Frisch (Lehrauftrag)
Ausbreitung von Schadstoffen im Untergrund	T. Baumann/Nießner
Ausgewählte Kapitel und Übungen zur Hydrogeologie	T. Baumann/Nießner
Erkundung und Sanierung von Grundwasserschadensfällen	T. Baumann/Nießner
Modellierung der Grundwasserströmung und des Stofftransports	T. Baumann/Nießner
Hydrochemische Modellierung	T. Baumann/Nießner
Chemie und Technologie des Trink- und Betriebswassers I (Wasser und Umwelt)	Knopp
Chemische Charakterisierung von Umweltmatrices (Gase)	Nießner

3.2 Übungen, Praktika und Seminare

Vertiefungsfach Analytische Chemie, Teil 1 Organische Spurenanalytik	Nießner/Weller/Panne
Teil 2 Methoden der Strukturaufklärung und Instrumentellen Analytik	Nießner/Mitarbeiter + Dozenten in Garching
Wasserchemisches Praktikum I: Wasseranalyse	Panne/Weller/Nießner
Wasserchemisches Praktikum II: Wassertechnologie	Panne/Nießner
Hydrogeologisches Praktikum I: Gesteinsphysikalische Methoden	M. + T. Baumann/Nießner
Hydrogeologisches Praktikum II: Hydrochemische Methoden	M. Baumann/Nießner

Hydrogeologisches Praktikum III: Geländeübungen mit Kurs	M. + T. Baumann/Nießner
Hydrogeologische und hydrochemische Exkursionen	M. + T. Baumann/Nießner
Hydrogeologisches, hydrochemisches und umweltanalytisches Seminar	M. Baumann/Nießner
Hydrogeologisches Literaturseminar	T. Baumann/Nießner

3.3 Institutskolloquium

- Prof. Dr. H. Frank, Lehrstuhl für Umweltchemie und Ökotoxikologie, Universität Bayreuth: „Aus der Atmosphäre zur Hydrosphäre: FCKW und deren Ersatzstoffe“ am 19.1.1998
- Prof. Dr. W. Engewald, Institut für Analytische Chemie, Universität Leipzig: „Chromatographische Analytik von Sprengstoffen und deren Metaboliten in Rüstungsaltslasten“ am 3.2.1998
- Prof. Dr. A. Schmidt-Ott, Institut für Verbrennung & Gasdynamik der Gerhard-Mercator-Universität GHS Duisburg: „Messung von Aerosolpartikeln im Größenbereich weniger Nanometer“ am 16.2.1998
- Dr. R. Reuter, Fachbereich Physik, C.v.O.-Universität Oldenburg: „Optische Meßverfahren zur Untersuchung natürlicher Gewässer“ am 17.2.1998
- Dr. R. Zimmermann, Institut für Ökologische Chemie, GSF: „Anwendungen von REMPI-TOF/MS in der Umwelt- und Prozeßanalytik“ am 11.3.1998
- Prof. Dr. H.-C. Flemming, Universität GHS Duisburg und Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserchemie und Wassertechnologie GmbH, Mülheim a.d. Ruhr: „Bedeutung und Charakterisierung von Biofilmen“ am 25.3.1998
- Dr. Z. Bozóki, Department of Optics & Quantum Electronics, JATE University, Szeged/Hungary: „Diode Laser Based Photoacoustic Gas Detection. Research and Development at the Department of Optics and Quantum Electronics, JATE University/Szeged“ am 7.4.1998
- Dr. J.M. Ramsey, Oak Ridge National Lab, Laser Spectroscopy and Microinstrumentation Group, Chemical & Analytical Sciences Division: „The Lab-on-a-Chip: Chemical Measurements of the Future?“ am 24.4.1998
- PD Dr. G. Niedner-Schatteburg, Institut für Physikalische und Theoretische Chemie der Technischen Universität München: „Aerosolchemie mit Clustern in einer Ionenfalle“ am 29.4.1998
- Dr. T. Wolff, GSF-Institut für Toxikologie, Neuherberg: „Erfassung von DNA-Schäden in biologischen Systemen als Methode zur Früherkennung potentieller Kanzerogene“ am 26.5.1998
- Dr. M. Wahls, Leiden Institute of Chemistry, Dept. Physical & Macromolecular Chemistry, Gorlaeus Laboratories, Leiden University, The Netherlands: „Step-scan FTIR Photoacoustic Spectroscopy: Depth Profiling in Polymeric Laminates and Coatings“ am 10.6.1998
- Dr. U. Pöschl, Abteilung Chemie der Atmosphäre, Max-Planck-Institut für Chemie, Mainz: „Reaktionskinetik und Massenspektrometrie der atmosphärischen Spurenstoffe H₂SO₄ und Isopren“ am 15.6.1998
- Prof. Dr. T. Welsch, Abt. Analytische Chemie und Umweltchemie der Universität Ulm: „Gekoppelte Säulensysteme in der Chromatographie von Umweltproben“ am 17.6.1998
- Prof. Dr. D.A. Sabatini, University of Oklahoma, U.S.A.: „Chemical and Media Properties Affecting the Sorption and Transport of Fluorescent Dyes“ am 8.7.98

- 
- Dr. J.D. Hoheisel, Deutsches Krebszentrum Heidelberg: „DNA-Chip Technology“ am 13.7.1998
- PD Dr. S. Vieths, Abt. Allergologie, Paul-Ehrlich-Institut Langen: „Charakterisierung allergieauslösender Bestandteile in Lebensmitteln“ am 19.8.1998
- Dr. B.W. Smith, Department of Chemistry, University of Florida: „Isotopically Selective Detection in Laser-induced Plasmas“ am 22.9.1998
- Prof. Dr. A. V. Hirner, Institut für Umweltanalytik und Angewandte Geochemie der Universität GHS Essen: „Analytik und Bewertung metall(oid)organischer Verbindungen in Umweltkompartimenten“ am 7.10.1998
- Dipl.-Phys. D. Klotz, Institut für Hydrologie der GSF: „Tracerstudien zur Schadstoffverfrachtung“ am 14.10.1998
- Prof. Dr. J. Wang, Department of Chemistry and Biochemistry, New Mexico State University Las Cruces, NM, USA: „Course on Electrochemical Biosensors“ am 2.11.1998; „Enzyme and Immuno Electrodes“ am 3.11.1998; „DNA Biosensors for Environmental Monitoring“ am 4.11.1998
- Prof. Dr. V.S. Petrosyan, Department of Chemistry, Lomonosov University Moskau: „Characterization and Detoxification of Polluted Water and Soil“ am 30.11.1998
- Prof. Dr. J. W. Einax, Institut für Anorganische und Analytische Chemie der Universität Jena: „Planung und Bewertung der Probenahme“ am 7.12.1998
- PD Dr. T. Fehr, Institut für Mineralogie, Petrologie und Geochemie der Universität München: „Bestimmung von CSH-Phasen in MVA-Schlacken über ‚beam scanning‘ Verfahren mit der Elektronenstrahl-Mikrosonde“ am 9.12.1998

4 Ausstattung

4.1 Hydrogeologie

4.1.1 Versuchsaquifere

Mit den variablen Modellaquiferen stehen dem Institut Instrumente zur kontrollierten Durchführung von eindimensionalen Ausbreitungsversuchen im gesättigten Medium zur Verfügung. Die Doppelwannenkonstruktion erlaubt den risikolosen Einsatz von umweltgefährdenden Analyten. Damit kann das Transportverhalten von Schadstoffen unter realitätsnahen Bedingungen im Technikumsmaßstab untersucht werden. Die maximale Fließstrecke beträgt 10 m, die Fließbreiten sind 1 m und 1,5 m. Die Einstellung der hydraulischen Randbedingungen erfolgt wie die Steuerung der Probenahme vollelektronisch. Damit kann eine hohe zeitliche Auflösung der Versuche sichergestellt werden. Nach Ausbreitungsversuchen mit Pestiziden, Schwermetallen, hydrophoben und organischen Kontaminanten wird derzeit der kolloid-moderierte Schadstofftransport einer detaillierten Betrachtung unterzogen. Die Ergebnisse der Versuche aus dem Modellaquifer lassen sich unter Berücksichtigung der räumlichen Heterogenität gut auf die Ausbreitung im wassergesättigten Aquifer übertragen.

4.1.2 Naturmeßfelder

Mit den Naturmeßfeldern wird der Schritt vom Technikumsmaßstab in naturräumliche Bedingungen möglich. An drei Standorten (München-Nord, Nabburg, Sengenthal) bestehen hier Möglichkeiten zur Untersuchung der Stoffausbreitung mit hoher transversaler Auflösung. Damit kann insbesondere der dispersive Transport, der im Laborversuch häufig nur abgeschätzt wird, im Detail untersucht werden. Im Mittelpunkt der Untersuchungen steht, wie bei den Versuchsaquiferen, der kolloid-moderierte Stofftransport.

4.1.3 Deponiemeßfeld Augsburg-Nord

Die langfristige Sicherheit der Deponieabdichtungssysteme bildet einen Eckpfeiler der heutigen Entsorgungskonzepte. Aus der Motivation heraus, Aufschluß über das Langzeitverhalten mineralischer Dichtungssysteme unter Realbedingungen zu erhalten und gleichzeitig ein Feldlabor für neuentwickelte und zu entwickelnde Sensoren zur Überwachung von Dichtungssystemen zur Verfügung zu stellen, wurde das hydrogeologische Meßfeld auf der Deponie Augsburg-Nord eingerichtet.

Das Meßfeld geht nach 5jähriger intensiver Nutzung jetzt in die zweite Phase über. Bis zum Abschluß des Deponiebetriebs werden jährliche Untersuchungen der Basisabdichtung durchgeführt. Mit Einrichtung der



Oberflächenabdichtung wird die Beobachtung dann wieder intensiviert, um deren Einfluß auf den Stofftransport in der Basisdichtung unter Realbedingungen zu untersuchen.

4.1.4 Deponiemeßfeld Großmehring

Zur Untersuchung der exothermen Prozesse in Deponien für Müllverbrennungsschlacken wurde im BA IV der Deponie Großmehring ein Meßprofil eingerichtet. Mit 8 Meßebenen (Temperatur, Wassergehalt) in einem vertikalen Abstand von max. 2 m, von denen die erste Meßstelle unmittelbar auf der Kunststoffdichtungsbahn liegt, kann die Temperaturentwicklung innerhalb der Deponie genau verfolgt werden. Über einen Zeitraum von 3 Jahren werden an diesem und weiteren geplanten Meßprofilen die Temperaturen aufgezeichnet und mit den Randbedingungen (Klima, Schlackenzusammensetzung, Einbaubedingungen) korreliert. Die Meßeinrichtungen der konventionellen Sensoren verbleiben auch nach Beendigung des Forschungsvorhabens auf der Deponie Großmehring, um das Meßprogramm langfristig fortzuführen zu können.

4.1.5 Münchner Loch

Das Münchner Loch wurde als Feldlabor in Großhadern zur Untersuchung der ungesättigten Zone eines quartären Kiesgrundwasserleiters eingerichtet. Ausgerüstet mit Probenahme- und Monitoringeinrichtungen in 7 Ebenen bis zu einer Tiefe von 10 m können der vertikale Wasser- und Stofftransport unter ungesättigten Bedingungen beobachtet werden. Nach grundlegenden Forschungsarbeiten zur Wasserbewegung in der ungesättigten Zone liegt der Forschungsschwerpunkt mittlerweile auf der umfassenden Beschreibung des anthropogenen Eintrags in das Grundwasser nach trockener und nasser Deposition.

4.2 Technikum

Das Institut für Wasserchemie und Chemische Balneologie befaßt sich seit Jahren mit aktuellen Themen der Wasseraufbereitung. Das neu erstellte institutseigene Technikum stellt hierfür die räumlichen und technischen Erfordernisse bereit und ermöglicht das Aufstellen und die Installation von Pilotanlagen zur Anwendung moderner Wasseraufbereitungstechnologien. Darüber hinaus bieten die mit klassischer instrumenteller Analytik ausgestatteten Laboratorien die apparative Voraussetzung zur Entwicklung neuartiger, problemorientierter Analysenmethoden für umweltrelevante Schadstoffe in den Kompartimenten Wasser, Boden und Luft.

4.2.1 Laser

- 4 He/Ne-Laser
- 5 Nd-YAG-Laser
- 1 CO₂-Laser
- 3 Farbstoff-Laser (durchstimmbar mit Frequenzverdoppelung)
- 5 N₂-Laser
- 8 modulierbare Diodenlaser (600-1670 nm; > 100 mW CW)
- 1 Laserdiodenarray mit 10 Dioden (0.8 µm - 1.8 µm), faseroptisch

4.2.2 Optoelektronik/Spektrometer

- 1 Rowland-Spektrometer
- 1 Echelle-Spektrometer
- 1 Perkin Elmer FTIR-Spektrometer 1600
- 1 Perkin Elmer Fluoreszenzspektrometer, Typ LS-50, zeitauflösend
- 1 UV/VIS-Spektrometer Beckman DU 650
- 1 Boxcar-Integrator
- 4 Speicher-Oszilloskope (400 MHz, 500 MHz)
- 3 Optische Vielkanalanalysatoren mit Monochromatoren, zeitauflösend
- 4 Zweidimensional operierende Vielkanalanalysatoren, zeitauflösend
- 1 Spektrofluorophotometer Shimadzu RF 540
- 1 Laser-Raman-Mikroskop

4.2.3 Chromatographie

- 7 Gaschromatographen mit FID, NPD, ECD, TEA und AED
- 1 Gaschromatograph mit massenselektivem Detektor, Kaltaufgabesystem und Autosampler
- 1 Hochauflösende GC/MS-Station (VG Autospec)
- 1 Gefriertrockner
- 2 Field-flow-fractionation-Systeme zur kontinuierlichen Hydrosoltrennung
- 1 SFE-System (SUPREX) mit Modifier
- 2 Konzentratoren für dynamische Headspace-Analyse
- 1 High-speed Counter-Current-Verteilungschromatographie-Station
- 3 HPLC-Arbeitsstationen, UV/VIS-Array-Detektor, steuerbarer Fluoreszenzdetektor
- 2 HPLC-Anlagen
- 1 Kapillarelektrophoresesystem
- 1 Ionenchromatograph Dionex 4500 i

- 
- 1 Ionenchromatograph Dionex 14
 - 1 AMD-System für Hochleistungs-DC mit Scanner (UV, VIS und Fluoreszenz) und Datenverarbeitung
 - 1 Niederdruck-Chromatographiesystem ECONO
 - 1 Präp.-HPLC

4.2.4 Bioanalytik-Auswertesysteme

- 2 Fluoreszenz-Reader-System, zeitauflösend
- 3 Photometrie-Reader-Systeme
- 1 Mikrodosiersystem (Chip-Spot-Auftragesystem)

4.2.5 Element-Analysensysteme

- 1 Totalreflektierend arbeitende Röntgenfluoreszenzanalytik-Station, Atomika (EXTRA II a)
- 1 Flammen-Photometer, Eppendorf (ELEX 6361)
- 2 AAS-Systeme mit Flammenatomisierung, elektrotherm. Atomisierung, Hydridsystem, Perkin Elmer (PE 3300 & 4100)

4.2.6 Rasterelektronenmikroskopie/Mikroskopie

- REM-Station mit Bildspeicher (Cambridge Instruments/Leica Stereoscan 360), Videobild-Recorder-Einheit,
- Fensterloser EDX-(Röntgenfluoreszenz)Detektor (Link/Röntec)
- Polarisationsmikroskop zur Phasenanalyse
- Software zur automatischen Bildverarbeitung (Größe, Klassifizierung, Quantifizierung),
- Schutzgas-Glovebox mit Sauerstoffentfernungssystem

4.2.7 Summenparameter-Meßsysteme

- 1 Coulostat (Coulomat 702) zur Kohlenstoffbestimmung
- 1 DOC-Analysator (UNOR 6 N)
- 1 TOC-Analysator (TOCOR 2)
- 1 AOX /TOX-10 Sigma

4.2.8 Aerosolmeßgeräte

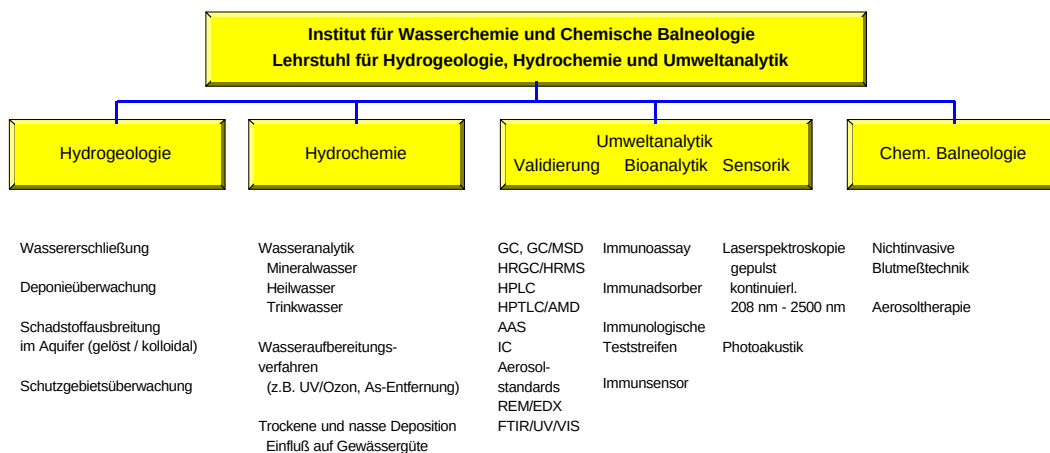
- 1-m³-Aerosolreaktor
- 1 Ozon-UV-Absorptionsgasmeßsystem
- 1 Chemilumineszenz-NO/NO_x-Analyzer
- 2 Aerodynamische Aerosolaufzeitspektrometer (0.5 µm - 25 µm)
- 1 Vielstufen-Kondensationskernzähler, rechnergesteuert
- 1 Berner-Impaktor, neunstufig (50 nm - 16 µm)
- 2 Differential mobility particle sizer-Systeme (5 nm - 1 µm)
- 2 Diffusionsbatterien mit Umschaltsteuerung (5 nm - 300 nm)
- 5 Kondensationskernzähler, kontinuierlich
- 1 Wafer-Scanner mit Laseranregung
- 5 Elektrostatische Klassifizierer zur Erzeugung monodisperser Aerosole (5 nm - 500 nm)
- 2 Ruß-Aerosolgeneratoren zur Erzeugung polydisperser, ultrafeiner Aerosole aus Kohlenstoff
- 1 Berglund-Liu-Aerosolgenerator zur Erzeugung monodisperser Aerosole (0,8 µm - 50 µm)
- 1 Schwebbett-Aerosolgenerator zur Redispergierung von Pulvern
- 1 Bürstendosierer, Erzeugung redispergierter Flugaschen-Aerosole etc.

4.2.9 Dioxin-Laboratorium

- 3 Labors mit Schleuse und 3 Abzügen, ausgestattet mit separaten Aktivkohle- und Hochleistungs-Schwebstoff-Filtern

5 Personal

5.1 Institutsorganigramm



5.2 Mitarbeiter 1998

Vorstand

Univ.-Prof. Dr. Reinhard Nießner
Ordinarius für Hydrogeologie,
Hydrochemie und Umweltanalytik

Zentrales Personal:

Günter Dollinger
Roswitha Glunz
Karin Koller
Gisela Lang
Robert Schneider
Christa Stopp

Hatice Hazir (z.Zt. beurlaubt)
Mira Kolar
Dragica Büttner

Abteilung Hydrogeologie

Akad. Dir. Dr. Manfred Baumann
Wiss. Ass. Dr. Thomas Baumann

Birgit Apel
Gertrud Göppel
Joachim Langer

Dipl.-Chem. Norbert Huber
Dipl.-Geol. Elisabeth Kahapka
Dipl.-Geol. Stefan Müller
Dipl.-Min. Claudia Speiser

Cand.biol. Jitka Tomanova (bis 2/98)
Cand.geol. René Wagner
Stud.HK Tobias Bundy
Stud.HK Nicole von Amelnunxen

Abteilung Hydrochemie

Wiss. Ang. Dr. Achim Gahr

Barbara Hanisch (z. Zt. beurlaubt)
Petra Helbig (z. Zt. beurlaubt)
Irmengard Kefer (z. Zt. beurlaubt)
Susanne Mahler
Christine Sternkopf

Dipl.-Ing. (Univ.) Larissa Kasarjan
Dipl.-Chem. Robert Loos
Dipl.-Chem. Harald Prestel
Dipl.-Chem. Mario Seiss (ab 8/98)
Dipl.-Ing. (Univ.) Alexander Wenzel (bis 3/98)

Abteilung Bioanalytik 1

PD AOR Dr. Dietmar Knopp

Dipl.-Chem. Tim Scharnweber (ab 2/98)
Dipl.-Chem. Matthias Schedl

Gäste und Stipendiaten:
Pilar Bou Carrasco (CSIC Barcelona)
Anders R. Johnsen (NERI, DK)

Abteilung Bioanalytik 2

AR Dr. Michael Weller

Dipl.-Chem. Carola Heiß (ab 10/98)
Dipl.-Chem. Maria Mayr (bis 7/98)
LM-Chem. Peter Pfortner (bis 1/98)
Dipl.-Chem. Elfriede Simon (bis 4/98)
Dipl.-Chem. Andreas Schütz
Dipl.-Chem. Michael Winklmair
Dipl.-Chem. Anne Zeck (ab 2/98)

Cand.chem. Barbara Fall (ab 9/98)

Abteilung Lasertechnik & Aerosole

Wiss. Ang. Dr. Ulrich Panne

Wiss. Ang. Dr. Zoltan Bozoki (ab 11/98)

Dipl.-Phys. Angela Beenen
Dipl.-Chem. Rüdiger Düsing
Dipl.-Chem. Andreas Exner
Dipl.-Ing. (FH) Werner Froschauer (bis 1/98)
Dipl.-Chem. Birgit Fröschl
Dipl.-Phys. Christoph Haisch (bis 7/98)
Dipl.-Chem. Robert Koeber (bis 6/98)
Dipl.-Phys. Christian Kopp
Dipl.-Phys. Robert Kotzick (bis 2/98)
Dipl.-Chem. Lutz Krämer (ab 4/98)
Dipl.-Chem. Thomas Letzel (ab 2/98)
Dipl.-Phys. Richard Neuhauser
Dipl.-Chem. Martin Schweigkofler
Dipl.-Chem. Andreas Taglauer (bis 9/98)
Dipl.-Chem. Michael Theisen

Cand.chem. Harald Beck (ab 8/98)
Cand.ing Bernhard Ferstl (bis 4/98)
Cand.chem. Harald Lesch (ab 9/98)
Cand.chem. Thomas Letzel (ab 6/97)
Cand.chem. Thomas Schmid (ab 12/98)

Wiss.HK Anton Luible (5/98 bis 11/98)

Externe Doktoranden:

Dipl.-Biol. Thomas Hofer (GSF)
Dipl.-Biol. Thomas Meindl (GSF)

5.3 Externe Aufgaben Institutsangehöriger

Prof. Dr. Reinhard Nießner

Titular-Mitglied IUPAC, Kommission V.4 „Spectrochemical and Other Optical Methods of Analysis“

Mitglied im BayFORKLIM, Bereichskoordinator „Gase & Aerosole“

Mitglied im BayFORREST

Mitglied im DFG-SFB 411 „Grundlagen der aeroben Abwasserreinigung“

Beiratsmitglied Arbeitsgemeinschaft Wasserforschung Bayern

Fachbeirat des Fachbereiches IV „Meßtechnik“ der VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft

Mitglied im Forschungsbeirat des DVGW

Ständiger Gast des Landesvorstands BGW/DVGW Bayern

Mitglied des Bayer. Fachausschusses für Kurorte, Erholungsorte und Heilbrunnen

Mitglied im Ausschuß für Medizin-Meteorologie des Deutschen Bäderverbandes

Jurymitglied „Heinrich-Emanuel-Merck-Preis“

Jurymitglied ISPAC-Award for Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Research

Mitglied im Fachbeirat des Instituts für Spektrochemie und Angewandte Spektroskopie, Dortmund

Mitglied im wiss. Beirat des Bayer. Instituts für Abfallforschung, Augsburg

Vorstandsmitglied Fachgruppe Wasserchemie der GDCh

Editorial Board Member „Fresenius' Journal of Analytical Chemistry“

Advisory Board Member „Fresenius' Environmental Bulletin“

Editorial Board Member „Mikrochimica Acta“

Mitherausgeber „Römpp Umweltlexikon“

Advisory Board Member „Field Analytical Chemistry and Technology“

Dr. Manfred Baumann

Stellvertr. Mitglied des Bayer. Fachausschusses für Kurorte, Erholungsorte und Heilbrunnen

Dr. Thomas Baumann

VDI/VDE-Arbeitskreis Bio- und Umwelttechnologie, Bezirk München, Ober- und Niederbayern

PD Dr. Dietmar Knopp

Mitglied im BayFORREST

Mitglied im DFG-SFB 411 „Grundlagen der aeroben Abwasserreinigung“