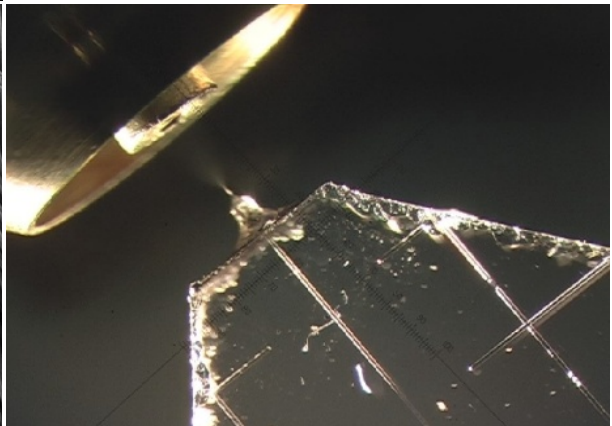
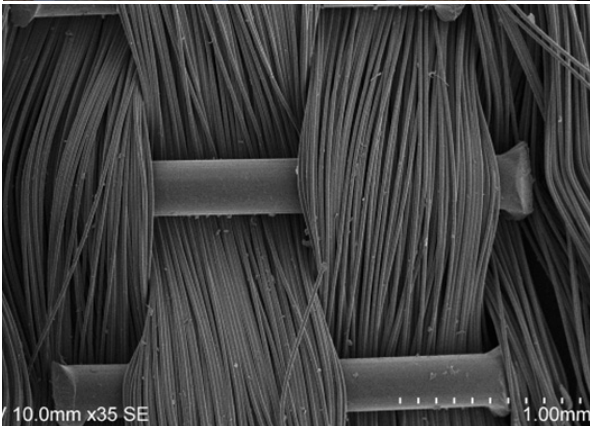
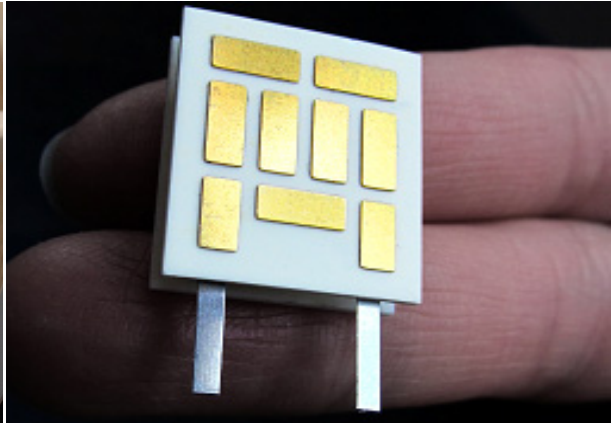
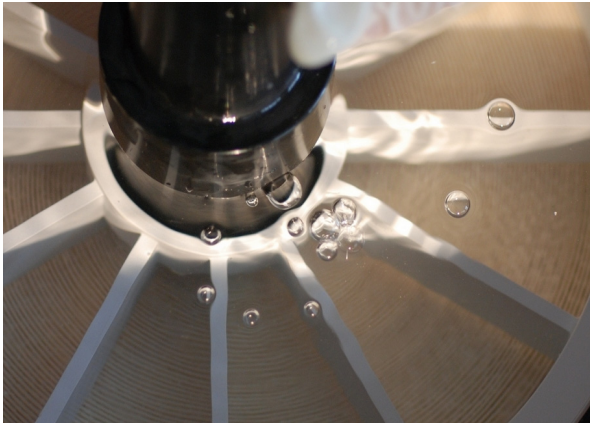


TÄTIGKEITSBERICHT 2012



Institut für Energie- und
Umwelttechnik e. V.

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Institut an der
Universität Duisburg-Essen

Bildnachweis Deckblatt

- oben links: Lokalisierung einer Undichtigkeit an einem Membranelement (IUTA 2012)
- oben rechts: Thermoelektrischer Generator auf Basis von nanostrukturiertem Silizium (AIF / IUTA 2012)
- unten links: Elektronenmikroskopische Aufnahme des senkrecht angeordneten Multi-Mono-Gewebes eines Druckluftfilters (ZF³) (DTNW / IUTA 2012)
- unten rechts: Direkte Kopplung eines LC-Glaschips mit integrierter Emitterspitze (unten) mit der Einlassquelle eines Flugzeitmassenspektrometers (oben) (Universität Leipzig / IUTA 2012)

Impressum

IUTA – Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V.
Institut an der Universität Duisburg-Essen
Bliersheimer Str. 58 - 60

D – 47229 Duisburg

Telefon: +49 (0)2065 418 0
Telefax: +49 (0)2065 418 211

Vorstand

Prof. Dr.-Ing. D. Bathen, Wissenschaftlicher Leiter
Vertretungsberechtigt gemäß §26 BGB
Dr.-Ing. St. Haep, Vorstandsvorsitzender und Geschäftsführer
Dipl.-Ing. J. Schiemann, stellv. Vorstandsvorsitzender und Geschäftsführer
Dipl.-Volkswirt G. Schöppe, Vorstand und Geschäftsführer

Redaktion

Prof. Dr.-Ing. D. Bathen
Dr.-Ing. S. Haep
Prof. Dr.-Ing. K. G. Schmidt
Dipl.-Ing. M. Bittig
Dipl.-Ing. A. Hugo

Druck

Universitäts-Druckzentrum, Universität Duisburg – Essen, Campus Duisburg

TÄTIGKEITSBERICHT 2012

**Institut für Energie-
und Umwelttechnik e. V.**

**Institut an der
Universität Duisburg – Essen**

TÄTIGKEITSBERICHT 2012

1	Vorwort	1
2	Organisation, Arbeitsweise und Geschäftsverlauf	3
2.1	Organisation und Arbeitsweise	3
2.2	Geschäftsverlauf	4
2.3	Förderverein des Instituts für Energie- und Umwelttechnik e. V. (FVEU)	7
3	Kompetenzen der Bereiche - expertise of departments	8
4	Arbeitsschwerpunkte und technische Ausstattung der Bereiche	20
4.1	Luftreinhaltung & Prozessaerosole	20
4.1.1	Optimierung eines Kondensations-Nass-Elektro-Filters für Feinstaub und Aerosol-Abscheidung	20
4.1.2	Quecksilber in der Abgaswäsche	21
4.1.3	Kombinierte CFD/Monte-Carlo-Methode zur Kontrolle der Produkteigenschaften bei der Nanopartikel-Synthese	23
4.1.4	Schnellnachweis mikrobieller Kontaminationen auf inhomogenen feuchten Oberflächen mittels Durchflussszytometrie und verflüssigbarer Probenahme- Matrix	24
4.1.5	Prozesstaugliche inline-Waschmittelanalytik mittels Raman-Spektroskopie	26
4.2	Luftreinhaltung & Filtration	28
4.2.1	Zentrum für Filtrationsforschung und funktionalisierte Oberflächen in NRW - ZF ³	28
4.2.2	Tröpfchenaerosole im Druckbereich zwischen 1 und 8 bar zur Validierung druckfester Aerosolmesssysteme	43
4.2.3	Optimierung von Metalloxid-imprägnierten Aktivkohlen zur katalytischen Reduzierung von NO _x - oder NH ₃ -Immissionen in Dünnschichtfiltern	44
4.2.4	Entwicklung von Filtertests: Effizienz von Luftfiltern mit zunehmender Beladung aus der Außenluft	46
4.2.5	Einfluss der Filteralterung auf die Adsorption an Kfz-Innenraumfiltern	47
4.2.6	Forschungs- und Dienstleistungsangebote zur Filtrationsforschung	48
4.3	Luftreinhaltung & Nachhaltige Nanotechnologie	50
4.3.1	nanoGEM "Nanostrukturierte Materialien- Gesundheit, Exposition und Materialeigenschaften"	50
4.3.2	European Network on the health and environmental Impact of Nanomaterials – NanoImpactNet – FP7	51
4.3.3	Managing Risks of Nanomaterials – MARINA – FP7 – Reference methods for managing the risks of engineered nanomaterials	52
4.3.4	NANODEVICE: Novel concepts, methods, and technologies for the production of portable, easy-to-use Devices for the measurement and analysis of airborne engineered Nanoparticles in workplace air	53

4.3.5	Mobilität, Verhalten und Verbleib von Nanomaterialien in verschiedenen Umweltmedien	54
4.3.6	BUONAPART-E - Better Upscaling and Optimization of Nanoparticle and Nanostructure Production by Means of Electrical Discharges	56
4.3.7	Sicherheit, Gesundheit und Qualität im Umgang mit CNT - Ein Projekt der Innovationsallianz Carbon Nanotubes (Inno.CNT)	57
4.3.8	Materialeigenschaften, Freisetzung und Verhalten von CNT-Materialien in der Umwelt - Ein Projekt der Innovationsallianz Carbon Nanotubes (Inno.CNT).....	58
4.3.9	Technologien zur Luftqualitätsüberwachung in städtischen Gebieten	60
4.3.10	ENERGEO: Verfahren zur globalen Verfolgung der Auswirkungen von Änderungen im Energiesektor	60
4.3.11	Untersuchung von Innenraumquellen für luftgetragene Partikel	62
4.3.12	Messung von ultrafeinen Partikeln (UFP) in Mülheim-Styrum	63
4.4	Umwelthygiene & Spurenstoffe.....	66
4.4.1	Nährstoffgewinnung und Elimination von Spurenstoffen bei der thermokatalytischen Herstellung von Biokohle (NEST-HTC).....	66
4.4.2	Energieeffiziente Eliminierung von persistenten Pharmazeutika aus Abwässern mit schadstoffabhängig gesteuertem Oxidationsverfahren (EPASGO)	67
4.4.3	Untersuchungen zur Entfernung organischer Spurenstoffe aus Abwasser durch den Einsatz von Plasmaverfahren	68
4.4.4	Minderung von Arzneimittel-Emissionen aus Krankenhäusern in NRW	69
4.4.5	Großtechnische Untersuchungen zur Elimination von Spurenstoffen.....	70
4.4.6	Elimination organischer Spurenstoffe in kommunalen Kläranlagen - Volkswirtschaftlicher Nutzen	71
4.4.7	Aktivkoks-Festbett-Biologie (AKFBB) und UV-Oxidation für die weitergehende Abwasserreinigung	72
4.4.8	Entwicklung eines innovativen Textilmaterials für atmungsaktive Chemikalienschutzkleidung	73
4.4.9	Beschichtung von Glasfasergeweben mit photoaktiven Nanomaterialien für funktionalisierte Filtersysteme.....	75
4.4.10	Dienstleistungen der Forschungsanalytik	76
4.5	Gasprozesstechnik & Energiewandlung	77
4.5.1	Separate Rückgewinnung der Wertmetalle Zinn und Kupfer aus verbrauchten Prozesslösungen der Leiterplattenindustrie.....	77
4.5.2	Absorptionsverfahren mit kalksteinbasierten Waschmitteln zur Entfernung von CO aus Abgasen	79
4.5.3	Bau und Einsatz einer mobilen Anlage zur CO ₂ -Abtrennung aus Rauchgasen.....	80
4.5.4	Natriumalanat-Wasserstoffspeicher	82
4.5.5	Wandlung von Abwärme in elektrische Energie Thermoelektrischer Generator aus nanokristallinem Silizium.....	83

4.5.6	Brenngaserzeugung aus Abfällen der Biodieselproduktion mit überkritischem Wasser	85
4.6	Nanomaterial-Synthese & -Prozesstechnik	87
4.6.1	NanoEnergieTechnikZentrum (NETZ) - Funktionale Nanopartikel-Kompositmaterialien für energietechnische Anwendungen.....	87
4.6.2	Nanostrukturierte Materialien: Gesundheit, Exposition und Materialeigenschaften	91
4.6.3	Wandlung von Abwärme in elektrische Energie – Entwicklung und Herstellung eines thermoelektrischen Generators aus nanokristallinem Silizium.....	93
4.6.4	Suspensionen hoher photokatalytischer Aktivität durch Eisen-dotierte TiO ₂ -Nanopartikel	95
4.6.5	Synthese und Herstellung hochspezifischer Nano-Kompositmaterialien aus pulverförmigen Ausgangsstoffen mithilfe der Gasphasensynthese.....	96
4.7	Wasser-Prozess- & Aufbereitungstechnologie	98
4.7.1	Membranuntersuchungen.....	98
4.7.2	Meerwasser als Betriebsmedium einer Rauchgasentschwefelung	99
4.8	Recycling & Umweltgerechte Entsorgung	101
4.8.1	Begutachtung von Kühlgeräteentsorgungsanlagen.....	101
4.8.2	Gewinnung und Recycling von Indium aus gebrauchten LCD-Panels	102
4.8.3	Hintergrundbeleuchtung von LCD-Geräten - Gekapselte Zerkleinerungsapparatur für quecksilberhaltige Röhren.....	103
4.8.4	Aktivkohleanlage für Parameterstudien bei konkurrierender Adsorption für Prozessgase der Chemie-, Pharmazie-, Recycling- und Beschichtungsindustrie	105
4.9	Messstelle	106
4.9.1	Leistungsspektrum der Messstelle	106
4.10	Forschungsanalytik.....	111
4.10.1	Entwicklung einer flexiblen energieeffizienten Kühleinheit für Gaschromatografie-Systeme	111
4.10.2	Entwicklung eines Flammenionisationsdetektors für die Flüssigchromatografie	113
4.10.3	Entwicklung eines Chromatografie-Chips.....	114
4.10.4	Entwicklung eines Raman-Detektors für flüssigkeitschromatografische Anwendungen.....	115
4.10.5	Entwicklung eines Reaktions-Chips.....	117
4.11	Industrielle Gemeinschaftsforschung - Forschungsvereinigung „Energie- und Umwelttechnik“ IUTA e. V.	118
5	Anhang	121
5.1	Vorträge 2012	121
5.2	Veröffentlichungen 2012.....	129
5.3	Poster 2012	133

5.4	Forschungsprojekte der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) der Forschungsvereinigung Umwelttechnik im Jahr 2012	137
5.5	Forschungspartner und Auftraggeber	142
5.6	Mitarbeit in Ausschüssen und Arbeitskreisen	143
5.7	Mitglieder des Verwaltungsrats des Instituts für Energie- und Umwelttechnik e. V.	146
5.8	Mitglieder des IUTA e. V.	147
5.9	Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirates des Instituts für Energie- und Umwelttechnik e. V.	149
5.10	Mitglieder des Fördervereins des Instituts für Energie- und Umwelttechnik e. V.....	151
5.11	Wegbeschreibung zum IUTA	152

1 Vorwort

Nach den dramatischen Ereignissen 2011 („Fukushima“, „Arabischer Frühling“, „Euro-Krise“, ...) wirkte 2012 wie ein Jahr zum Atemholen, obwohl immer wieder kleinere Nachbeben für Erschütterungen sorgten. Doch auch in den scheinbar ruhigeren Zeiten werden Weichenstellungen vorgenommen, die das Potenzial haben, aktuelle und zukünftige Probleme und Konflikte zu lösen oder zu verschärfen. Für ein energie- und umwelttechnisches Institut wie das IUTA sind dabei sicherlich die energie-, umwelt- und forschungspolitischen Weichenstellungen von besonderer Bedeutung.

Wie die gesamte Energiepolitik ist die Energieforschung derzeit von großer Unsicherheit geprägt. Da noch kein konkretes politisches Konzept für die Energiewende auf dem Tisch liegt, wird eine Vielzahl von Optionen (Ausbau der Stromnetze, diverse Speichertechnologien, Power-to-Gas, fossil-betriebene Kraftwerke mit CCS (CO₂-Lagerung) oder CCC-Technologie (CO₂-Verwertung)) untersucht und diskutiert. Doch genau diese Vielsichtigkeit der Forschungsaktivitäten halten wir für folgerichtig und sinnvoll, da u. E. die zukünftige Energieversorgung Deutschlands eben nicht von einer Technologie dominiert wird. Der in der Vergangenheit relativ überschaubare Energiemix (Öl-Gas-Kohle-Kernkraft) wird wahrscheinlich durch einen deutlich komplexeren Mix aus sehr vielen Technologien mit sehr viel komplexeren Übergängen zwischen den einzelnen Energieträgern abgelöst werden.

Die Umweltpolitik ist dagegen abgesehen von kurzfristigen Skandalen von einer gewissen Kontinuität geprägt. Neben einer kontinuierlichen Verschärfung von Grenzwerten, die z. B. aktuell zu einer „Renaissance“ des Schadstoffs Quecksilber führen, etabliert sich das Konzept der Nachhaltigkeit zunehmend auch in der Industrie. Insbesondere

Unternehmen, die komplexere Produkte oder Dienstleistungen anbieten, engagieren sich in diesem Feld und versuchen so die Positionierung ihrer Produkte zu verbessern.

In der Forschungspolitik verstärkt sich zurzeit ein seit längerem schwelender Konflikt zwischen den überwiegend bundesfinanzierten, finanziell sehr gut ausgestatteten großen Forschungsgesellschaften (Helmholtz, Max-Planck, Fraunhofer, ...) und den überwiegend länderfinanzierten, häufig mit Finanzierungsproblemen kämpfenden Universitäten. Neben finanziellen Fragen geht es vor allem um die Führungsrolle innerhalb der Wissenschaftslandschaft. Die heftigen Diskussionen um das Promotionsrecht für die Max-Planck-Institute oder um ein Positionspapier der Helmholtz-Gesellschaft sind nur die Spitze des Eisbergs. Am Ende wird die Politik entscheiden müssen, wie sie die deutsche Hochschul- und Forschungslandschaft im 21. Jahrhundert gestalten will.

Vor diesem Hintergrund hat das IUTA das Jahr 2012 genutzt, um seine Position in der nationalen Forschungslandschaft weiter zu festigen und sich auf die zukünftigen Herausforderungen (insbesondere angesichts knapper werdender öffentlicher Mittel) vorzubereiten. So haben wir u. a. den Ausbau unserer Forschungsinfrastruktur im Bereich der Filtrations- und Partikeltechnologie zu einem europaweit einzigartigen Zentrum erfolgreich abgeschlossen. Wie erfolgreich, zeigte der 4. Filtrationstag des IUTA, zu dem wir mehr als 100 Teilnehmer aus Industrie und Wissenschaft begrüßen konnten. Gleichzeitig haben wir unsere interne Struktur an die sich wandelnden Themenstellungen insbesondere im Bereich Energie / Ressourcen angepasst und gestrafft. Dabei wurde die erfolgreiche Fokussierung des Instituts auf die fünf Leitthemen

- Aerosole & Feinstaub
- (Nachhaltige) Nanotechnologie
- Funktionale Oberflächen

- Zukünftige Energieversorgung
- Hochtoxische Substanzen

weiter geschärft. Eine detaillierte Analyse zum Geschäftsverlauf finden Sie in Kapitel 2 dieses Tätigkeitsberichts.

In vielen hochaktuellen Themenfeldern wie z. B. der Feinstaubproblematik, den Chancen und Risiken der Nanotechnologie, der CO₂-Abtrennung und Quecksilber-Entfernung aus Abgasen, der Entfernung von Pharmazeutika aus Abwässern, der Abscheidung von Partikeln und Molekülen aus Gasen oder der Entwicklung neuartiger Messverfahren ist die Expertise der IUTA-Mitarbeiter gefragt. Dies zeigt nicht nur die Vielzahl an Vorträgen und Veröffentlichungen in Fachzeitschriften, sondern auch die Berufung von IUTA-Mitarbeitern in zahlreiche Gremien auf der lokalen bis zur internationalen Ebene. Dass Mitarbeiter des Hauses 2012 mit dem InnoMateria-Award und dem Eberhard-Gerstel-Preis ausgezeichnet wurden, mag als weiterer Beleg für die zunehmende Wahrnehmung des IUTA in der Öffentlichkeit und die Qualität unserer Forschungsarbeiten dienen.

Entgegen den o. g. Spannungen zwischen Forschungsinstituten und Universitäten wurde die traditionell enge Verbindung des Hauses mit der Universität Duisburg-Essen weiter ausgebaut. Vier komplette Vorlesungen von IUTA-Mitarbeitern an der Universität, ein gemeinsames Doktoranden-Seminar, 12 laufende und zwei 2012 erfolgreich abgeschlossene Promotionsvorhaben sowie eine abgeschlossene Habilitation von IUTA-Mitarbeitern an der Universität, die Arbeit der wissenschaftlichen Direktoren und viele gemeinsame Forschungsprojekte mit Lehrstühlen aus den Fakultäten bzw. Abteilungen Maschinenbau & Verfahrenstechnik, Elektrotechnik, Chemie und Medizin zeigen die Intensität dieser Beziehung.



Prof. Dr.-Ing. Dieter Bathen
(Wissenschaftlicher Leiter)

Einen ersten Überblick über die Aktivitäten des IUTA und zu ausgewählten Projekten können Sie sich auf den folgenden Seiten verschaffen. Eine Gesamtübersicht insbesondere zu den vielen bilateralen Industrieprojekten können wir Ihnen aus Geheimhaltungsgründen leider nicht geben. Wenn Sie Fragen oder Anregungen haben, zögern Sie nicht, uns anzusprechen; die Kontaktdaten aller Ansprechpartner finden Sie am Ende eines jeden Artikels oder in unserem Internet-Auftritt www.iuta.de.

Abschließend möchten wir noch einmal allen Mitarbeitern, Industriepartnern, Gönnern und Unterstützern aus Politik, Wissenschaft und Wirtschaft herzlich danken, insbesondere den vielen ehrenamtlich engagierten Personen, die uns auch im Jahr 2012 wieder hervorragend unterstützt haben. Unser besonderer Dank gilt dem Verwaltungsrat des IUTA e. V. mit seinem Vorsitzenden, Herrn Prof. Schramm, sowie seinen beiden Stellvertretern, Herrn Ellerbrock (MdL) und Herrn Prof. Neukirchen. Gleichermaßen danken wir an dieser Stelle dem Förderverein des Instituts für Energie- und Umwelttechnik (FVEU e. V.) und seinem Vorsitzenden, Herrn Dipl.-Ing. Mölter, sowie seinem Stellvertreter, Herrn Dr. Steudle, für die exzellente Zusammenarbeit. Nicht unerwähnt bleiben soll die wertvolle Arbeit des wissenschaftlichen Beirats des IUTA unter der Leitung von Herrn Dipl.-Ing. Kohl. Sie alle trugen und tragen dazu bei, dass sich unser Haus als exzellente unabhängige Forschungseinrichtung behaupten und auch zukünftig positiv weiterentwickeln kann.

Wir wünschen Ihnen eine anregende und interessante Lektüre und würden uns freuen, Sie demnächst bei der einen oder anderen Gelegenheit im IUTA begrüßen zu dürfen.

Duisburg, im März 2013



Dr.-Ing. Stefan Haep
(Vorstandsvorsitzender und Geschäftsführer)

2 Organisation, Arbeitsweise und Geschäftsverlauf

2.1 Organisation und Arbeitsweise

Das Institut für Energie- und Umwelttechnik (IUTA) hat die Rechtsform eines eingetragenen Vereins. Der Verein ist als gemeinnützig anerkannt und betätigt sich dementsprechend überwiegend gemeinnützig. Sowohl für den gewerblichen als auch den gemeinnützigen Bereich versteht sich der IUTA e. V. als unternehmerisch handelndes Institut, das das Ziel einer Verwertung der erarbeiteten FuE-Ergebnisse verfolgt. Öffentliche Förderung wird für Forschungs- und Entwicklungs-

projekte angestrebt, deren Ergebnisse praxisrelevant sind und in der weiteren Betätigung des IUTA zu Erlösen durch Technologietransfer führen sollen. Insofern strebt der IUTA e. V. auch bei gemeinnützigen Vorhaben und Vorhaben der industriellen Gemeinschaftsforschung stets Praxisnähe und eine enge Kooperation mit Industriepartnern an. Hierbei handelt es sich im überwiegenden Maße um Vorbereitungshandlungen für Auftragsforschungsprojekte in Zusammenarbeit mit Industrieunternehmen.

Organigramm Stand 01.01.2013

Mitgliederversammlung		
Verwaltungsrat Prof. Dr.-Ing. D. Schramm Vorsitzender Universität Duisburg Essen H. Ellerbrock Stellv. Vorsitzender MDL – NRW Prof. Dr.-Ing. B. Neukirchen Stellv. Vorsitzender		
Wissenschaftlicher Beirat Dipl.-Ing. H. Kohl Vorsitzender	Vorstand/Geschäftsführung Prof. Dr.-Ing. D. Bathen Wiss. Leiter und Wiss. Direktor Vertretungsberechtigter Vorstand § 26 BGB Dr.-Ing. St. Haep Vorsitzender und Geschäftsführer Dipl.-Ing. J. Schiemann Stellv. Vorsitzender u. Geschäftsführer Dipl.-Volksw. G. Schöppe Geschäftsführer	Wissenschaftliches Board Prof.-Dr.-Ing. D. Bathen Wiss. Leiter und Wiss. Direktor Prof. Dr.-Ing. K.G. Schmidt Wiss. Direktor Prof. Dr. rer. nat. C. Schulz Wiss. Direktor Prof. Dr.-Ing. H. Fissan Wiss. Direktor sowie die Leiter der Bereiche
Bereiche		
Umwelt & Nachhaltigkeit	Energie & Ressourcen	Zentrale Einrichtungen
Luftreinhaltung & Prozessaerosole Dr.-Ing. St. Haep	Gasprozesstechnik & Energiewandlung Dr.-Ing. E. Erich	Messstelle Dipl.-Ing. M. Beyer
Luftreinhaltung & Filtration Dr.-Ing. W. Mölter-Siemens	Nanomaterial-Synthese & -Prozesstechnik Dipl.-Phys. T. Hülser	Forschungsanalytik Dr. rer. nat. T. Teutenberg
Luftreinhaltung & Nanotechnologie Dr. rer. nat. T. Kuhlbusch	Wasser-Prozess- & Aufbereitungstechnologie Dipl.-Ing. J. Schiemann	Verwaltung Dipl.-Ing. J. Schiemann
Umwelthygiene & Spurenstoffe Dr. rer. nat. J. Türk	Recycling & Entsorgung Dipl.-Ing. J. Schiemann	Industrielle Gemeinschaftsforschung (IUTA IGF) Dipl.-Volksw. G. Schöppe / Dr.-Ing. St. Haep

Zum 31.12.2012 bestand der Vorstand des Instituts aus dem wissenschaftlichen Leiter sowie im Sinne des § 26 Abs. 2 BGB den Geschäftsführern, die zusammen die Geschäfte des Instituts führen. Der Vorstand wird vom wissenschaftlichen Board unterstützt, dem die von der Mitgliederversammlung berufenen wissenschaftlichen Direktoren und die Bereichsleiter des IUTA angehören. Zu den Aufgaben des wissenschaftlichen Boards gehören die Sicherung der wissenschaftlichen Qualität der FuE-Vorhaben und die Gestaltung des Forschungsprogramms.

Der Wissenschaftliche Beirat des IUTA e. V. hat die Aufgabe, die dem IUTA zur Förderung durch das BMWi vorgelegten AiF/IGF-Vorhaben zu evaluieren bzw. zu begutachten. Der Wissenschaftliche Beirat besteht aus rd. 60 ehrenamtlich tätigen Gutachtern aus Wirtschaft und Wissenschaft. Der Beirat tagt zweimal pro Jahr, wobei in jeder Sitzung etwa 15 bis 20 Anträge bzw. Vorhaben evaluiert werden. Zusätzlich werden auch Anträge in einem Umlaufverfahren beraten.

2.2 Geschäftsverlauf

Die Entwicklung des IUTA e. V. im Geschäftsjahr 2012 verlief im inzwischen gewohnten Rahmen und schloss sich nahtlos an die des Vorjahres an. Das Institut konnte wiederum ein zufriedenstellendes Geschäftsergebnis erwirtschaften. Investitionen in Infrastruktur und gerätetechnische Ausstattung wurden wie in den Vorjahren genutzt, um die Basis für die weitere erfolgreiche Akquisition von Zuwendungen für anwendungsorientierte FuE-Vorhaben sowie direkte Kooperationen mit der Wirtschaft zu legen.

Wie bislang profitiert das IUTA in hohem Maße von Programmen des BMWi wie der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF, organisiert durch das industriegetragene Netzwerk der Arbeitsgemeinschaft industriell-

ler Forschungsvereinigungen (AiF)) und dem Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM). IUTA als ordentliches Mitglied der AiF hat die Berechtigung, die Förderung von IGF-Vorhaben beim BMWi über die AiF zu beantragen und leitete als sogenannter Erstzuwendungsempfänger im Jahre 2012 rd. 5,2 Mio. Euro an Zuwendungsmitteln des BMWi an die partizipierenden Forschungsstellen in Deutschland weiter. Das Institut betreut als Forschungsvereinigung im Jahr bis zu 50 laufende IGF-Vorhaben, in die bis zu 100 universitäre und außeruniversitäre Projektpartner als Forschungsstellen eingebunden sind. Für jedes Vorhaben existieren ein konkreter Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft sowie ein industriell besetzter und KMU-dominierter projektbegleitender Ausschuss.

Mit den Projekten aus den NRW-Spitzen-technologiewettbewerben, deren Laufzeit zum großen Teil bis weit in das Jahr 2013 reicht, sowie mit der erfolgreichen Einwerbung von IGF-, ZIM-, DBU-, UBA-, KMU-Innovativ- und weiterer Landes- und EU-Projekten, die im Wettbewerb mit anderen Forschungseinrichtungen akquiriert wurden, hat sich der IUTA e. V. für das Folgejahr eine gute Ausgangsposition gesichert. Die Positionierung des IUTA mit seinen adressierten Leitthemen und die enge Kooperation mit der Universität Duisburg-Essen sowie anderen Partnern mit komplementärem Profil tragen maßgeblich zu dieser Entwicklung bei.

Ein weiterer wichtiger Schritt der Zukunftssicherung sind Gespräche mit dem Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes NRW über die nachhaltige, weitere Unterstützung und Förderung des Instituts über das Jahr 2013 hinaus. Sichtbares Zeichen des Landesinteresses ist die Prämierung des IUTA e. V. als ersten „Ort des Fortschritts“ in NRW im Jahr 2011. IUTA als eines der Johannes-Rau-Forschungsinstitute des Landes wurde für seine Forschung, gekennzeichnet durch

starke Anwendungsorientierung an der Schnittstelle Wissenschaft-Wirtschaft und den Technologietransfer insbesondere zu mittelständischen Unternehmen, ausgezeichnet.

Für den IUTA e. V. ist diese Unterstützung des Landes NRW essentiell, da das Institut seine Aufgaben nur dann effektiv wahrnehmen kann, wenn es in der Lage ist, mit einer adäquaten Forschungsinfrastruktur, die den erforderlichen forschungs- und sicherheitstechnischen sowie gesetzlichen Anforderungen entspricht, entsprechende innovative Entwicklungen anzustoßen, die den Unternehmen als Sprungbrett für dynamischer und zugleich nachhaltiges Wachstum dienen.

Die für das Jahr 2012 vom Land NRW für die Titelgruppe 73 definierten Ziele hat das Institut wie erwartet erfüllt. Maßgeblicher Key Performance Indikator ist die Höhe der eingeworbenen Drittmittel im Rahmen von Industrieaufträgen sowie von Zuwendungsgebern aus überregionalen Forschungsförderungsprogrammen, wie beispielsweise aus der Europäischen Union, dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) oder dem Bundeswirtschaftsministerium (BMWi). Der sich aus der Förderung des Landes NRW ergebende Hebel der Mittelschöpfung liegt bei nunmehr 1:10. D. h. mit jedem Euro aus der TG 73-Projektförderung des Landes NRW generiert IUTA 9 weitere Euro, beispielsweise aus der Projektförderung des Bundes, der EU oder direkt aus Industriemitteln.

Der Ausblick auf das Folgejahr ist trotz der im Forschungsplan aufgelisteten und bewilligten, den bereits positiv evaluierten und den sich in Vorbereitung befindlichen Vorhaben aufgrund der unsicheren weiteren wirtschaftlichen Entwicklung in Deutschland, Europa und der Welt nicht ohne Risiken, die es wie in den Jahren zuvor zu meistern gilt.

Maßnahmen zur Konsolidierung des Landes- und Bundeshaushalts verstärken nochmals den Wettbewerb um die verbleibenden Mittel,

was mit steigenden Anforderungen an Originalität, wissenschaftliche Substanz und Qualität der FuE-Anträge sowie Professionalität der Mitarbeiter einhergeht. Das Institut wird sich deshalb weiterhin um Kooperationen und Auftragsforschungsprojekte mit Wirtschaftsunternehmen engagieren, wie bislang zielgerichtet seine Alleinstellungsmerkmale und Kernkompetenzen weiter entwickeln und auf dieser Basis nachhaltige und auf wirtschaftlichen Erfolg ausgerichtete strategische Partnerschaften schließen.

Die indirekte oder direkte Beteiligung von Industriepartnern bei den FuE-Aktivitäten des IUTA sowohl als Forschungseinrichtung als auch als Forschungsvereinigung ist damit Markenzeichen und demonstriert, dass nicht Eigenforschung, sondern die Forschung zum Zwecke der Erzielung von Wettbewerbsvorteilen und von Transferaktivitäten mit Einnahmenerzielungsabsicht verfolgt wird.

Der „Spirit of IUTA“, seinen kreativen und engagierten Mitarbeitern eine angemessen ausgestattete Plattform zur Realisierung neuer oder verbesserter Technologien auf dem Gebiet der nachhaltigen Energie- und ressourceneffizienten Energie- und Umwelttechnik zur Verfügung zu stellen, schafft das dazu erforderliche Fundament. Besonderes Augenmerk wird IUTA dabei zukünftig auf die Auswirkungen technologischer Entwicklungen legen, also Chancen und Risiken schon am Anfang des Prozesses bewerten, was auch sozioökonomische Aspekte beinhaltet. Die Frage der Akzeptanz neuer Technologien aber auch die Auswirkungen auf den Menschen in seinem sozialen und kulturellen Umfeld müssen in die ansonsten übliche rein technisch definierte Systemgrenze einbezogen werden.

Anerkennungen

Im Rahmen der Messe InnoMateria in Köln wurde am 22. Mai 2012 eines der laufenden

IGF-Projekte mit dem 1. Platz beim Inno-Materia Award ausgezeichnet.

“Forscher bauen Minikraftwerke aus Silizium” - so lässt sich das Ziel des AiF-Forschungsvorhabens “Entwicklung und Herstellung eines thermoelektrischen Generators aus nanokristallinem Silizium unter Berücksichtigung ökologischer Gesichtspunkte” kurz zusammenfassen, das in Kooperation mit der Universität Duisburg-Essen, Lehrstuhl Nanostrukturtechnik, und der Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH derzeit am IUTA durchgeführt wird.

Infrastruktur

Für die Forschungsarbeiten stehen dem IUTA ca. 2.680 m² Büro- und Laborflächen und ca. 4.900 m² Technikumsflächen zur Verfügung.

Das IUTA besitzt eine umfangreiche und moderne gerätetechnische Ausstattung, die fortlaufend erneuert wird. Zudem verfügt das Institut im Bereich der Filterprüfung, der Nanopartikelsynthese, der Prozess- und Abwasseraufbereitung und der CO₂-Abtrennung über deutschlandweit und z. T. europaweit einzigartige Technikumsanlagen, die die Brücke zwischen Grundlagenforschung und industrieller Anwendung bilden.

Die Raumkapazitäten des IUTA-eigenen Gebäudes sind durch die Mitarbeiter wie auch die Untervermietung von Labor- und Büroflächen ausgelastet.

Wirtschaftliche und wissenschaftliche Perspektiven

Im Jahr 2012 konnte der IUTA e. V. einen Gesamtumsatz von über 9,4 Millionen Euro erzielen. Der leichte Rückgang des Gesamtumsatzes ist auf den Abschluss der Investitionsphasen in den großen Landesprojekten begründet.

Der IUTA e. V. hat in den entwickelten Arbeitsschwerpunkten seinen guten Ruf gefestigt und damit sein Akquisitionspotenzial

erweitert. An technisch und wirtschaftlich erfolgversprechenden neuen Entwicklungs-ideen mangelt es nicht, ebenso nicht an Projektanträgen, die sich in der Bewilligung, in der Begutachtung oder in Vorbereitung befinden. Die bestehende Auftragslage und die für Vorhaben bereits erteilten bzw. in Aussicht gestellten Zuwendungen und Aufträge versprechen für das Folgejahr eine gute Auslastung der Institutskapazitäten.

Forschung und Entwicklung

Das Betätigungsfeld des IUTA e. V. ist anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung sowie Transfer von Wissen in Form von Publikationen, Beratung, Schulung und Vortragstätigkeit. Während die Forschungs- und Entwicklungstätigkeit mittelfristig stattfindet, ist die eigentliche Transfertätigkeit längerfristig angelegt und reicht i. d. R. über die Laufzeit eines geförderten FuE-Projektes hinaus. Sie zielt letztlich auf die Umsetzung von FuE-Ergebnissen in konkrete Produkte und Verfahren.

Die projektbezogenen Kooperationen werden gepflegt und stetig ausgebaut. Sie verstärken die interdisziplinäre und branchenübergreifende Ausrichtung der beim IUTA angesiedelten Forschungsarbeiten.

Umweltschutz

Als im Bereich Energie- und Umwelttechnik tätiges Forschungsinstitut sind die geltenden Normen des Umweltschutzes für IUTA Verpflichtung. Die notwendigen Schutzmaßnahmen bezüglich Gewässereinleit- und -abluftfilterung sind mit einem zusätzlichen Sicherungssystem ausgerüstet und werden regelmäßig kontrolliert. Von den derzeit betriebenen Anlagen geht keinerlei Gefährdung in die Medien Luft und Wasser aus. Lärmverursachende oder geruchsintensive Anlagen existieren beim IUTA nicht.

1 Vorwort

Nach den dramatischen Ereignissen 2011 („Fukushima“, „Arabischer Frühling“, „Euro-Krise“, ...) wirkte 2012 wie ein Jahr zum Atemholen, obwohl immer wieder kleinere Nachbeben für Erschütterungen sorgten. Doch auch in den scheinbar ruhigeren Zeiten werden Weichenstellungen vorgenommen, die das Potenzial haben, aktuelle und zukünftige Probleme und Konflikte zu lösen oder zu verschärfen. Für ein energie- und umwelttechnisches Institut wie das IUTA sind dabei sicherlich die energie-, umwelt- und forschungspolitischen Weichenstellungen von besonderer Bedeutung.

Wie die gesamte Energiepolitik ist die Energieforschung derzeit von großer Unsicherheit geprägt. Da noch kein konkretes politisches Konzept für die Energiewende auf dem Tisch liegt, wird eine Vielzahl von Optionen (Ausbau der Stromnetze, diverse Speichertechnologien, Power-to-Gas, fossil-betriebene Kraftwerke mit CCS (CO₂-Lagerung) oder CCC-Technologie (CO₂-Verwertung)) untersucht und diskutiert. Doch genau diese Vielsichtigkeit der Forschungsaktivitäten halten wir für folgerichtig und sinnvoll, da u. E. die zukünftige Energieversorgung Deutschlands eben nicht von einer Technologie dominiert wird. Der in der Vergangenheit relativ überschaubare Energiemix (Öl-Gas-Kohle-Kernkraft) wird wahrscheinlich durch einen deutlich komplexeren Mix aus sehr vielen Technologien mit sehr viel komplexeren Übergängen zwischen den einzelnen Energieträgern abgelöst werden.

Die Umweltpolitik ist dagegen abgesehen von kurzfristigen Skandalen von einer gewissen Kontinuität geprägt. Neben einer kontinuierlichen Verschärfung von Grenzwerten, die z. B. aktuell zu einer „Renaissance“ des Schadstoffs Quecksilber führen, etabliert sich das Konzept der Nachhaltigkeit zunehmend auch in der Industrie. Insbesondere

Unternehmen, die komplexere Produkte oder Dienstleistungen anbieten, engagieren sich in diesem Feld und versuchen so die Positionierung ihrer Produkte zu verbessern.

In der Forschungspolitik verstärkt sich zurzeit ein seit längerem schwelender Konflikt zwischen den überwiegend bundesfinanzierten, finanziell sehr gut ausgestatteten großen Forschungsgesellschaften (Helmholtz, Max-Planck, Fraunhofer, ...) und den überwiegend länderfinanzierten, häufig mit Finanzierungsproblemen kämpfenden Universitäten. Neben finanziellen Fragen geht es vor allem um die Führungsrolle innerhalb der Wissenschaftslandschaft. Die heftigen Diskussionen um das Promotionsrecht für die Max-Planck-Institute oder um ein Positionspapier der Helmholtz-Gesellschaft sind nur die Spitze des Eisbergs. Am Ende wird die Politik entscheiden müssen, wie sie die deutsche Hochschul- und Forschungslandschaft im 21. Jahrhundert gestalten will.

Vor diesem Hintergrund hat das IUTA das Jahr 2012 genutzt, um seine Position in der nationalen Forschungslandschaft weiter zu festigen und sich auf die zukünftigen Herausforderungen (insbesondere angesichts knapper werdender öffentlicher Mittel) vorzubereiten. So haben wir u. a. den Ausbau unserer Forschungsinfrastruktur im Bereich der Filtrations- und Partikeltechnologie zu einem europaweit einzigartigen Zentrum erfolgreich abgeschlossen. Wie erfolgreich, zeigte der 4. Filtrationstag des IUTA, zu dem wir mehr als 100 Teilnehmer aus Industrie und Wissenschaft begrüßen konnten. Gleichzeitig haben wir unsere interne Struktur an die sich wandelnden Themenstellungen insbesondere im Bereich Energie / Ressourcen angepasst und gestrafft. Dabei wurde die erfolgreiche Fokussierung des Instituts auf die fünf Leitthemen

- Aerosole & Feinstaub
- (Nachhaltige) Nanotechnologie
- Funktionale Oberflächen

- Zukünftige Energieversorgung
- Hochtoxische Substanzen

weiter geschärft. Eine detaillierte Analyse zum Geschäftsverlauf finden Sie in Kapitel 2 dieses Tätigkeitsberichts.

In vielen hochaktuellen Themenfeldern wie z. B. der Feinstaubproblematik, den Chancen und Risiken der Nanotechnologie, der CO₂-Abtrennung und Quecksilber-Entfernung aus Abgasen, der Entfernung von Pharmazeutika aus Abwässern, der Abscheidung von Partikeln und Molekülen aus Gasen oder der Entwicklung neuartiger Messverfahren ist die Expertise der IUTA-Mitarbeiter gefragt. Dies zeigt nicht nur die Vielzahl an Vorträgen und Veröffentlichungen in Fachzeitschriften, sondern auch die Berufung von IUTA-Mitarbeitern in zahlreiche Gremien auf der lokalen bis zur internationalen Ebene. Dass Mitarbeiter des Hauses 2012 mit dem InnoMateria-Award und dem Eberhard-Gerstel-Preis ausgezeichnet wurden, mag als weiterer Beleg für die zunehmende Wahrnehmung des IUTA in der Öffentlichkeit und die Qualität unserer Forschungsarbeiten dienen.

Entgegen den o. g. Spannungen zwischen Forschungsinstituten und Universitäten wurde die traditionell enge Verbindung des Hauses mit der Universität Duisburg-Essen weiter ausgebaut. Vier komplette Vorlesungen von IUTA-Mitarbeitern an der Universität, ein gemeinsames Doktoranden-Seminar, 12 laufende und zwei 2012 erfolgreich abgeschlossene Promotionsvorhaben sowie eine abgeschlossene Habilitation von IUTA-Mitarbeitern an der Universität, die Arbeit der wissenschaftlichen Direktoren und viele gemeinsame Forschungsprojekte mit Lehrstühlen aus den Fakultäten bzw. Abteilungen Maschinenbau & Verfahrenstechnik, Elektrotechnik, Chemie und Medizin zeigen die Intensität dieser Beziehung.



Prof. Dr.-Ing. Dieter Bathen
(Wissenschaftlicher Leiter)

Einen ersten Überblick über die Aktivitäten des IUTA und zu ausgewählten Projekten können Sie sich auf den folgenden Seiten verschaffen. Eine Gesamtübersicht insbesondere zu den vielen bilateralen Industrieprojekten können wir Ihnen aus Geheimhaltungsgründen leider nicht geben. Wenn Sie Fragen oder Anregungen haben, zögern Sie nicht, uns anzusprechen; die Kontaktdaten aller Ansprechpartner finden Sie am Ende eines jeden Artikels oder in unserem Internet-Auftritt www.iuta.de.

Abschließend möchten wir noch einmal allen Mitarbeitern, Industriepartnern, Gönnern und Unterstützern aus Politik, Wissenschaft und Wirtschaft herzlich danken, insbesondere den vielen ehrenamtlich engagierten Personen, die uns auch im Jahr 2012 wieder hervorragend unterstützt haben. Unser besonderer Dank gilt dem Verwaltungsrat des IUTA e. V. mit seinem Vorsitzenden, Herrn Prof. Schramm, sowie seinen beiden Stellvertretern, Herrn Ellerbrock (MdL) und Herrn Prof. Neukirchen. Gleichermaßen danken wir an dieser Stelle dem Förderverein des Instituts für Energie- und Umwelttechnik (FVEU e. V.) und seinem Vorsitzenden, Herrn Dipl.-Ing. Mölter, sowie seinem Stellvertreter, Herrn Dr. Steudle, für die exzellente Zusammenarbeit. Nicht unerwähnt bleiben soll die wertvolle Arbeit des wissenschaftlichen Beirats des IUTA unter der Leitung von Herrn Dipl.-Ing. Kohl. Sie alle trugen und tragen dazu bei, dass sich unser Haus als exzellente unabhängige Forschungseinrichtung behaupten und auch zukünftig positiv weiterentwickeln kann.

Wir wünschen Ihnen eine anregende und interessante Lektüre und würden uns freuen, Sie demnächst bei der einen oder anderen Gelegenheit im IUTA begrüßen zu dürfen.

Duisburg, im März 2013



Dr.-Ing. Stefan Haep
(Vorstandsvorsitzender und Geschäftsführer)

2 Organisation, Arbeitsweise und Geschäftsverlauf

2.1 Organisation und Arbeitsweise

Das Institut für Energie- und Umwelttechnik (IUTA) hat die Rechtsform eines eingetragenen Vereins. Der Verein ist als gemeinnützig anerkannt und betätigt sich dementsprechend überwiegend gemeinnützig. Sowohl für den gewerblichen als auch den gemeinnützigen Bereich versteht sich der IUTA e.V. als unternehmerisch handelndes Institut, das das Ziel einer Verwertung der erarbeiteten FuE-Ergebnisse verfolgt. Öffentliche Förderung wird für Forschungs- und Entwicklungs-

projekte angestrebt, deren Ergebnisse praxisrelevant sind und in der weiteren Betätigung des IUTA zu Erlösen durch Technologietransfer führen sollen. Insofern strebt der IUTA e.V. auch bei gemeinnützigen Vorhaben und Vorhaben der industriellen Gemeinschaftsforschung stets Praxisnähe und eine enge Kooperation mit Industriepartnern an. Hierbei handelt es sich im überwiegenden Maße um Vorbereitungshandlungen für Auftragsforschungsprojekte in Zusammenarbeit mit Industrieunternehmen.

Organigramm Stand 01.01.2013

Mitgliederversammlung		
Verwaltungsrat Prof. Dr.-Ing. D. Schramm Vorsitzender Universität Duisburg Essen H. Ellerbrock Stellv. Vorsitzender MDL – NRW Prof. Dr.-Ing. B. Neukirchen Stellv. Vorsitzender		
Wissenschaftlicher Beirat Dipl.-Ing. H. Kohl Vorsitzender	Vorstand/Geschäftsführung Prof. Dr.-Ing. D. Bathen Wiss. Leiter und Wiss. Direktor Vertretungsberechtigter Vorstand § 26 BGB Dr.-Ing. St. Haep Vorsitzender und Geschäftsführer Dipl.-Ing. J. Schiemann Stellv. Vorsitzender u. Geschäftsführer Dipl.-Volksw. G. Schöppe Geschäftsführer	Wissenschaftliches Board Prof.-Dr.-Ing. D. Bathen Wiss. Leiter und Wiss. Direktor Prof. Dr.-Ing. K.G. Schmidt Wiss. Direktor Prof. Dr. rer. nat. C. Schulz Wiss. Direktor Prof. Dr.-Ing. H. Fissan Wiss. Direktor sowie die Leiter der Bereiche
Bereiche		
Umwelt & Nachhaltigkeit	Energie & Ressourcen	Zentrale Einrichtungen
Luftreinhaltung & Prozessaerosole Dr.-Ing. St. Haep	Gasprozesstechnik & Energiewandlung Dr.-Ing. E. Erich	Messstelle Dipl.-Ing. M. Beyer
Luftreinhaltung & Filtration Dr.-Ing. W. Mölter-Siemens	Nanomaterial-Synthese & -Prozesstechnik Dipl.-Phys. T. Hülser	Forschungsanalytik Dr. rer. nat. T. Teutenberg
Luftreinhaltung & Nanotechnologie Dr. rer. nat. T. Kuhlbusch	Wasser-Prozess- & Aufbereitungstechnologie Dipl.-Ing. J. Schiemann	Verwaltung Dipl.-Ing. J. Schiemann
Umwelthygiene & Spurenstoffe Dr. rer. nat. J. Türk	Recycling & Entsorgung Dipl.-Ing. J. Schiemann	Industrielle Gemeinschaftsforschung (IUTA IGF) Dipl.-Volksw. G. Schöppe / Dr.-Ing. St. Haep

Zum 31.12.2012 bestand der Vorstand des Instituts aus dem wissenschaftlichen Leiter sowie im Sinne des § 26 Abs. 2 BGB den Geschäftsführern, die zusammen die Geschäfte des Instituts führen. Der Vorstand wird vom wissenschaftlichen Board unterstützt, dem die von der Mitgliederversammlung berufenen wissenschaftlichen Direktoren und die Bereichsleiter des IUTA angehören. Zu den Aufgaben des wissenschaftlichen Boards gehören die Sicherung der wissenschaftlichen Qualität der FuE-Vorhaben und die Gestaltung des Forschungsprogramms.

Der Wissenschaftliche Beirat des IUTA e. V. hat die Aufgabe, die dem IUTA zur Förderung durch das BMWi vorgelegten AiF/IGF-Vorhaben zu evaluieren bzw. zu begutachten. Der Wissenschaftliche Beirat besteht aus rd. 60 ehrenamtlich tätigen Gutachtern aus Wirtschaft und Wissenschaft. Der Beirat tagt zweimal pro Jahr, wobei in jeder Sitzung etwa 15 bis 20 Anträge bzw. Vorhaben evaluiert werden. Zusätzlich werden auch Anträge in einem Umlaufverfahren beraten.

2.2 Geschäftsverlauf

Die Entwicklung des IUTA e. V. im Geschäftsjahr 2012 verlief im inzwischen gewohnten Rahmen und schloss sich nahtlos an die des Vorjahres an. Das Institut konnte wiederum ein zufriedenstellendes Geschäftsergebnis erwirtschaften. Investitionen in Infrastruktur und gerätetechnische Ausstattung wurden wie in den Vorjahren genutzt, um die Basis für die weitere erfolgreiche Akquisition von Zuwendungen für anwendungsorientierte FuE-Vorhaben sowie direkte Kooperationen mit der Wirtschaft zu legen.

Wie bislang profitiert das IUTA in hohem Maße von Programmen des BMWi wie der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF, organisiert durch das industriegetragene Netzwerk der Arbeitsgemeinschaft industriell-

ler Forschungsvereinigungen (AiF)) und dem Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM). IUTA als ordentliches Mitglied der AiF hat die Berechtigung, die Förderung von IGF-Vorhaben beim BMWi über die AiF zu beantragen und leitete als sogenannter Erstzuwendungsempfänger im Jahre 2012 rd. 5,2 Mio. Euro an Zuwendungsmitteln des BMWi an die partizipierenden Forschungsstellen in Deutschland weiter. Das Institut betreut als Forschungsvereinigung im Jahr bis zu 50 laufende IGF-Vorhaben, in die bis zu 100 universitäre und außeruniversitäre Projektpartner als Forschungsstellen eingebunden sind. Für jedes Vorhaben existieren ein konkreter Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft sowie ein industriell besetzter und KMU-dominierter projektbegleitender Ausschuss.

Mit den Projekten aus den NRW-Spitzen-technologiewettbewerben, deren Laufzeit zum großen Teil bis weit in das Jahr 2013 reicht, sowie mit der erfolgreichen Einwerbung von IGF-, ZIM-, DBU-, UBA-, KMU-Innovativ- und weiterer Landes- und EU-Projekten, die im Wettbewerb mit anderen Forschungseinrichtungen akquiriert wurden, hat sich der IUTA e. V. für das Folgejahr eine gute Ausgangsposition gesichert. Die Positionierung des IUTA mit seinen adressierten Leitthemen und die enge Kooperation mit der Universität Duisburg-Essen sowie anderen Partnern mit komplementärem Profil tragen maßgeblich zu dieser Entwicklung bei.

Ein weiterer wichtiger Schritt der Zukunftssicherung sind Gespräche mit dem Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes NRW über die nachhaltige, weitere Unterstützung und Förderung des Instituts über das Jahr 2013 hinaus. Sichtbares Zeichen des Landesinteresses ist die Prämierung des IUTA e. V. als ersten „Ort des Fortschritts“ in NRW im Jahr 2011. IUTA als eines der Johannes-Rau-Forschungsinstitute des Landes wurde für seine Forschung, gekennzeichnet durch

starke Anwendungsorientierung an der Schnittstelle Wissenschaft-Wirtschaft und den Technologietransfer insbesondere zu mittelständischen Unternehmen, ausgezeichnet.

Für den IUTA e. V. ist diese Unterstützung des Landes NRW essentiell, da das Institut seine Aufgaben nur dann effektiv wahrnehmen kann, wenn es in der Lage ist, mit einer adäquaten Forschungsinfrastruktur, die den erforderlichen forschungs- und sicherheitstechnischen sowie gesetzlichen Anforderungen entspricht, entsprechende innovative Entwicklungen anzustoßen, die den Unternehmen als Sprungbrett für dynamischer und zugleich nachhaltiges Wachstum dienen.

Die für das Jahr 2012 vom Land NRW für die Titelgruppe 73 definierten Ziele hat das Institut wie erwartet erfüllt. Maßgeblicher Key Performance Indikator ist die Höhe der eingeworbenen Drittmittel im Rahmen von Industrieaufträgen sowie von Zuwendungsgebern aus überregionalen Forschungsförderungsprogrammen, wie beispielsweise aus der Europäischen Union, dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) oder dem Bundeswirtschaftsministerium (BMWi). Der sich aus der Förderung des Landes NRW ergebende Hebel der Mittelschöpfung liegt bei nunmehr 1:10. D. h. mit jedem Euro aus der TG 73-Projektförderung des Landes NRW generiert IUTA 9 weitere Euro, beispielsweise aus der Projektförderung des Bundes, der EU oder direkt aus Industriemitteln.

Der Ausblick auf das Folgejahr ist trotz der im Forschungsplan aufgelisteten und bewilligten, den bereits positiv evaluierten und den sich in Vorbereitung befindlichen Vorhaben aufgrund der unsicheren weiteren wirtschaftlichen Entwicklung in Deutschland, Europa und der Welt nicht ohne Risiken, die es wie in den Jahren zuvor zu meistern gilt.

Maßnahmen zur Konsolidierung des Landes- und Bundeshaushalts verstärken nochmals den Wettbewerb um die verbleibenden Mittel,

was mit steigenden Anforderungen an Originalität, wissenschaftliche Substanz und Qualität der FuE-Anträge sowie Professionalität der Mitarbeiter einhergeht. Das Institut wird sich deshalb weiterhin um Kooperationen und Auftragsforschungsprojekte mit Wirtschaftsunternehmen engagieren, wie bislang zielgerichtet seine Alleinstellungsmerkmale und Kernkompetenzen weiter entwickeln und auf dieser Basis nachhaltige und auf wirtschaftlichen Erfolg ausgerichtete strategische Partnerschaften schließen.

Die indirekte oder direkte Beteiligung von Industriepartnern bei den FuE-Aktivitäten des IUTA sowohl als Forschungseinrichtung als auch als Forschungsvereinigung ist damit Markenzeichen und demonstriert, dass nicht Eigenforschung, sondern die Forschung zum Zwecke der Erzielung von Wettbewerbsvorteilen und von Transferaktivitäten mit Einnahmenerzielungsabsicht verfolgt wird.

Der „Spirit of IUTA“, seinen kreativen und engagierten Mitarbeitern eine angemessen ausgestattete Plattform zur Realisierung neuer oder verbesserter Technologien auf dem Gebiet der nachhaltigen Energie- und ressourceneffizienten Energie- und Umwelttechnik zur Verfügung zu stellen, schafft das dazu erforderliche Fundament. Besonderes Augenmerk wird IUTA dabei zukünftig auf die Auswirkungen technologischer Entwicklungen legen, also Chancen und Risiken schon am Anfang des Prozesses bewerten, was auch sozioökonomische Aspekte beinhaltet. Die Frage der Akzeptanz neuer Technologien aber auch die Auswirkungen auf den Menschen in seinem sozialen und kulturellen Umfeld müssen in die ansonsten übliche rein technisch definierte Systemgrenze einbezogen werden.

Anerkennungen

Im Rahmen der Messe InnoMateria in Köln wurde am 22. Mai 2012 eines der laufenden

IGF-Projekte mit dem 1. Platz beim Inno-Materia Award ausgezeichnet.

“Forscher bauen Minikraftwerke aus Silizium” - so lässt sich das Ziel des AiF-Forschungsvorhabens “Entwicklung und Herstellung eines thermoelektrischen Generators aus nanokristallinem Silizium unter Berücksichtigung ökologischer Gesichtspunkte” kurz zusammenfassen, das in Kooperation mit der Universität Duisburg-Essen, Lehrstuhl Nanostrukturtechnik, und der Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH derzeit am IUTA durchgeführt wird.

Infrastruktur

Für die Forschungsarbeiten stehen dem IUTA ca. 2.680 m² Büro- und Laborflächen und ca. 4.900 m² Technikumsflächen zur Verfügung.

Das IUTA besitzt eine umfangreiche und moderne gerätetechnische Ausstattung, die fortlaufend erneuert wird. Zudem verfügt das Institut im Bereich der Filterprüfung, der Nanopartikelsynthese, der Prozess- und Abwasseraufbereitung und der CO₂-Abtrennung über deutschlandweit und z. T. europaweit einzigartige Technikumsanlagen, die die Brücke zwischen Grundlagenforschung und industrieller Anwendung bilden.

Die Raumkapazitäten des IUTA-eigenen Gebäudes sind durch die Mitarbeiter wie auch die Untervermietung von Labor- und Büroflächen ausgelastet.

Wirtschaftliche und wissenschaftliche Perspektiven

Im Jahr 2012 konnte der IUTA e. V. einen Gesamtumsatz von über 9,4 Millionen Euro erzielen. Der leichte Rückgang des Gesamtumsatzes ist auf den Abschluss der Investitionsphasen in den großen Landesprojekten begründet.

Der IUTA e. V. hat in den entwickelten Arbeitsschwerpunkten seinen guten Ruf gefestigt und damit sein Akquisitionspotenzial

erweitert. An technisch und wirtschaftlich erfolgversprechenden neuen Entwicklungs-ideen mangelt es nicht, ebenso nicht an Projektanträgen, die sich in der Bewilligung, in der Begutachtung oder in Vorbereitung befinden. Die bestehende Auftragslage und die für Vorhaben bereits erteilten bzw. in Aussicht gestellten Zuwendungen und Aufträge versprechen für das Folgejahr eine gute Auslastung der Institutskapazitäten.

Forschung und Entwicklung

Das Betätigungsfeld des IUTA e. V. ist anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung sowie Transfer von Wissen in Form von Publikationen, Beratung, Schulung und Vortragstätigkeit. Während die Forschungs- und Entwicklungstätigkeit mittelfristig stattfindet, ist die eigentliche Transfertätigkeit längerfristig angelegt und reicht i. d. R. über die Laufzeit eines geförderten FuE-Projektes hinaus. Sie zielt letztlich auf die Umsetzung von FuE-Ergebnissen in konkrete Produkte und Verfahren.

Die projektbezogenen Kooperationen werden gepflegt und stetig ausgebaut. Sie verstärken die interdisziplinäre und branchenübergreifende Ausrichtung der beim IUTA angesiedelten Forschungsarbeiten.

Umweltschutz

Als im Bereich Energie- und Umwelttechnik tätiges Forschungsinstitut sind die geltenden Normen des Umweltschutzes für IUTA Verpflichtung. Die notwendigen Schutzmaßnahmen bezüglich Gewässereinleit- und -abluftfilterung sind mit einem zusätzlichen Sicherungssystem ausgerüstet und werden regelmäßig kontrolliert. Von den derzeit betriebenen Anlagen geht keinerlei Gefährdung in die Medien Luft und Wasser aus. Lärmverursachende oder geruchsintensive Anlagen existieren beim IUTA nicht.

Aufgrund der hohen Sorgfalt und der umfangreichen betriebsärztlichen Versorgung existieren trotz häufigem Umgang mit Gefahrstoffen im Labor oder im Technikum bei den entsprechenden Mitarbeitern keine belastenden Befunde.

Wichtige Vorgänge des Geschäftsjahres

Nach rund drei Jahren Projektlaufzeit hat sich das Zentrum für Filtrationsforschung und funktionalisierte Oberflächen in NRW ZF³ erfolgreich etabliert. Wie und in welchem Umfang das gelungen ist, darüber haben Wissenschaftler und Kooperationspartner aus der Industrie am 8. November 2012 auf dem 4. Filtrationstag im Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V. (IUTA) berichtet. Teilgenommen haben mehr als 100 Interessierte aus Wissenschaft und Praxis. Der Filtrationstag am IUTA ist ein sichtbares Zeichen für den Technologietransfer und hat auch große Bedeutung für den Wirtschafts- und Wissenschaftsstandort NRW, da Unternehmen von der geschaffenen Infrastruktur und von den Entwicklungen aktuell bereits profitieren.

Das IUTA hat weiterhin Kooperationen mit anderen Forschungsstellen aufgebaut und gepflegt sowie seine strategische Ausrichtung in der Forschungslandschaft gestärkt.

2.3 Förderverein des Instituts für Energie- und Umwelttechnik e. V. (FVEU)

1989 hatten sich die Mitinitiatoren der Gründung von IUTA aus dem Kreis der insbesondere in NRW ansässigen privaten und öffentlichen Wirtschaft parallel im Verein zur Förderung der Energie- und Umwelttechnik (VEU) zusammengefunden, um den Aufbau und die Arbeit des Instituts tatkräftig zu unterstützen.

Der Förderverein des IUTA hat seither durch seine umfangreiche Unterstützung im Bereich

der praxisnahen Umweltforschung einen beispielhaften Beitrag durch finanzielle Zuwendungen und personelle Beratung beim Aufbau des Instituts geleistet. Im Laufe der zurückliegenden Jahre hat sich die Mitgliederstruktur entsprechend den Aufgaben und Arbeitsgebieten und gemäß den strukturellen Änderungen in der nordrhein-westfälischen Wirtschaft gewandelt. Die IUTA fördernden Mitglieder arbeiten heute überwiegend sehr eng mit dem Institut zusammen und haben ihren Firmensitz nicht mehr ausschließlich in NRW.

Im Jahre 2002 wurde die Förderung des IUTA dem neu gegründeten FVEU übertragen, dessen Mitglieder entsprechend einer Regelung in der Satzung des IUTA e. V. auch zugleich Mitglieder des IUTA e. V. sind.

Der FVEU wird von Herrn Dipl.-Ing. Leander Mölter, Vorsitzender, und Herrn Dr. Haep, Geschäftsführer, geführt.

3 Kompetenzen der Bereiche - expertise of departments

Bereich:	Luftreinhaltung & Prozessaerosole
Geschäftsfeld:	Umwelt & Nachhaltigkeit
Department:	Air Quality & Process Aerosols
Bereichsleitung / head of department:	Dr.-Ing. Stefan Haep (-204), haep@iuta.de

Gasreinigung hinter Verbrennungsprozessen

Aerosolbildung und Abscheidung in der Abgasreinigung,
Quecksilberabscheidung aus Abgasen
Vermessung von Wäschereinbauten im Technikumsmaßstab, z. B. Tropfenabscheider,
Komponentenoptimierung, z. B. Kondensationselektrofilter,
Konzeptanalysen, Gutachtenerstellung

Flue gas cleaning technologies

Aerosol formation and separation in flue gas cleaning systems,
mercury removal from flue gas,
determination of scrubber internals in pilot plant scale, e. g. demister for droplet separation,
optimization of unit operations, e. g. wet electrostatic precipitator,
evaluation of gas cleaning plants and expertises

Ansprechpartner/Contact person:

Dr.-Ing. Margot Bittig (-300)
bittig@iuta.de

Dipl.-Ing. Jörg Lindermann (-405)
lindermann@iuta.de

Stoffstromaufbereitung durch Adsorptionsprozesse

Adsorptive Aufbereitung flüssiger und gasförmiger Prozessmedien,
Abreinigung toxischer Stoffe (z. B. Quecksilber) und produktschädigender Verunreinigungen (z. B. organische Komponenten)
Anwendungsspezifische Ermittlung und Charakterisierung von Adsorbentien

Mass flow treatment by Adsorption

Separation processes for solutants from liquid and gaseous process streams by adsorption,
Removal of toxic substances (e. g. mercury) and product interfering impurities (e. g. organic substances),
determination and characterization of custom-designed adsorbent materials

Ansprechpartner/Contact person:

Dr.-Ing. Margot Bittig (-300)
bittig@iuta.de

Dipl.-Ing. Achim Hugo (-257)
hugo@iuta.de

Dipl.-Lab.-Chem. Gerhard Rapp
rapp@iuta.de

Arbeitsplatzbezogene Luftreinhaltetechnologien

Minderungsmaßnahmen (katalytisch aktive Filter), Prüfmethode (Rückhaltevermögen von Sicherheitswerkbänken)

Workplace related air purification technologies

Reduction procedures (catalytic active filters), test methods (containment capability of safety cabinets)

Ansprechpartner/Contact person:

Dr.-Ing. Siegfried Opiolka (-255)
opiolka@iuta.de

Dipl.-Ing. Ahmed Bankodad (-255)
bankodad@iuta.de

Numerische Mehrphasen-Strömungssimulation

Simulation (in-)stationärer Strömungsvorgänge, Modellierung der Partikeldynamik n. Lagrange/Euler (Diffusion, Impaktion, Thermo- und Elektrophorese, Koagulation, Nukleation, Kondensation), Mehrphasensimulation von Wärme- und Stofftransport einsch. chemischer Reaktion, Subroutinen zur spezifischen Anpassung der CFD-Software

Computational fluid dynamics (CFD)-modelling

Modelling of steady and unsteady flows, simulation of particle dynamics (Lagrange and Euler) including diffusion, impaction, thermo- and electrophoresis, coagulation, nucleation and condensation, multiphase simulation of heat transfer, mass transfer and chemical reactions, individual adjustment of the CFD-software by custom issued subroutines

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Ing. Till van der Zwaag (-131)
vanderzwaag@iuta.de

Dipl.-Ing. Thomas Engelke (-131)
engelke@iuta.de

Dipl.-Ing. Thomas Zeiner (-131)
zeiner@iuta.de

Modellbildung verfahrenstechnischer Prozesse

Abbildung verfahrenstechnischer Prozesse durch Simulationssoftware (Aspen Plus)
Verfahrens-Optimierung (auch in Zusammenarbeit mit anderen Fachabteilungen des IUTA)

Chemical process modelling

Chemical process modeling by software-tools (Aspen Plus);
Process design and optimization of unit operations and process plants (in cooperation with other IUTA departments)

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Ing. Achim Hugo (-257)
hugo@iuta.de

Anlagenbezogene Oberflächenreinigungstechnologien

Verfahrensentwicklung (physikalische Einbindung von Kontaminationen mittels Gelen, Anlagenreinigungstechnologie unter Einsatz von filmbildenden Kolloiden), Beprobungsstrategien

Surface cleaning technologies

Process development (binding of cytotoxic drugs using gelatine, application of hydrocolloids as films for cleaning purposes), sampling

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Ing. Achim Hugo (-257)
hugo@iuta.de

Partikelsensorik

Geräteentwicklung, Partikelmessgeräte, Tracer-Partikel

Ausbreitungsrechnungen

Immissionsprognosen nach TA Luft, Emissions-Immissionsbeziehung, Deposition, Quellstärkenbestimmung: industrielle Anlagen, Verkehrsemissionen, Inverse Ausbreitungsrechnung, diffuse Emissionen, Einsatz numerischer Modelle: AUSTAL2000, MISKAM®, FDM, CFD, Gutachtenerstellung

Nanopartikeltrenntechnik

Überführen von Nanopartikel aus der Gasphase in prozessierbare Flüssigkeiten

Rationelle Energienutzung

Energiekonzepte und Betriebsuntersuchungen, Energiewirtschaftliche Bewertung von Optimierungsmaßnahmen, Beurteilung der Energie- und CO₂-Effizienz von Anlagen, Entwicklung von Benchmarkinginstrumenten zur Beurteilung der Energie- und Emissionseffizienz von energieintensiven Produktionsprozessen

Optimierung von CCS

Optimierung der Effizienz und Effektivität der CO₂-Gaswäsche durch alternative Kolonneneinbauten, Optimierung der Waschmittelaufbereitung, innovative Konzepte zur CO₂-Abtrennung im Kraftwerksprozess, Rauchgaskonditionierung, Prozesskontrolle und -analytik

Particle sensor technology

Device development, instrumentation, tracer particles

Dispersion modelling

Source emission rate estimation in legal air quality and emission control, e.g. according to TA Luft, dispersion modelling, deposition, industrial plants, street areas, fugitive dust emissions, reverse dispersion modelling, Modelling software: AUSTAL2000, MISKAM®, FDM, CFD, expertises

Separation technique of nanoparticles

Separation technologies to nanoparticles into processable liquids

Energy efficiency

Concepts for rational usage of energy and energy analysis, economic evaluation of energy saving measures, assessment of energy efficiency and emissions of plants, development of benchmarking procedures to evaluate the energy and emission efficiency of energy demanding production processes

Optimization of CCS

Optimization of efficiency and effectiveness of CO₂ gas scrubbing by alternative packings, optimization of bleed stream recycling, innovative concepts of CO₂ capture in power plants, flue gas conditioning, process control and analysis

Ansprechpartner/Contact person:

Dr.-Ing. Siegfried Opiolka (-255)
opiolka@iuta.de

Dipl.-Ing. Ahmed Bankodad (-255)
bankodad@iuta.de

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Ing. Achim Hugo (-257)
hugo@iuta.de

Dipl.-Ing. Thomas Engelke (-131)
engelke@iuta.de

Ansprechpartner/Contact person:

Dr.-Ing. Stefan Haep (-204)
haep@iuta.de

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Ing. Monika Vogt (-175)
vogt@iuta.de

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Ing. Monika Vogt (-175)
vogt@iuta.de

Bereich:	Luftreinhaltung & Filtration
Geschäftsfeld:	Umwelt & Nachhaltigkeit
Department:	Air Quality & Filtration
Bereichsleitung / head of department:	Dr.-Ing. Wolfgang Mölter-Siemens (-400), moelter@iuta.de
Laborleitung / laboratory head:	Dipl.-Chem. Hartmut Finger (-410), finger@iuta.de

Filterprüfung

DIN 71460, Teil 1: Partikelfiltration, Bestimmung von Fraktionsabscheidegraden und Differenzdruck, Standzeitprüfung, Pollenabscheidung, z. B. für Kfz-Innenraumfilter.

DIN 71460, Teil 2: Gasfiltration, Prüfung von adsorptiven Filtermedien, z. B. für Kfz-Innenraumfilter

Prüfung von unkonfektionierten/konfektionierten Filtern, Schüttungen, Prüfung bei Temperaturen bis 100 °C oder relativen Luftfeuchten bis ca. 100 %

Filtertests für die Druckluftreinigung

A) Messung nach ISO 12500 zur Bestimmung der Ölaerosolgehalte, Partikelgehalte, Öldampfgehalte und organischen und anorganischen Gasen für Volumenströme bis 50 m³/h,

B) Messung in Anlehnung an ISO 12500 zur Bestimmung der Ölaerosolgehalte und Partikelgehalte für Volumenströme bis 3.000 m³/h

Filtertests für die allgemeine Raumlufttechnik

DIN EN 779: Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik (Bestimmung der Filtrationseigenschaften), Bestimmung des Abscheidegrades bei hohen Feuchten, Messung der Partikelabscheidung aus Dieselabgas-aerosolen

GeruchsfILTER-Prüfstand

DIN 13725: Dieselabgastest (Geruchsminderung durch Filtersysteme), Standardverfahren zur Geruchsabscheidung an Dünnschichtfiltern, Simultanmessung zur Geruchs- und Partikelabscheidung von Dieselabgas-aerosolen

Olfaktometrie

Geruchsmessung nach VDA 270 und DIN EN 13725, Geruchsanalytik (GC-MS-Sniffing, Chemometrie), Methodenentwicklung sensorische Geruchserkennung, olfaktometrische Bewertung von Filtersystemen, Methodenentwicklung für die olfaktometrische Materialbewertung, Immissionsprognosen zur Geruchsausbreitung (AUSTAL2000G), Forschungsarbeiten und Gutachten

Prüfung von Anlagen zur Luftreinigung und Filtration

Untersuchung der Partikelabscheidung durch z. B. Zyklone, Koaleszer, Raumluftreiniger, Staubsauger, Dieselfuß-Abscheidung, Entwicklung von Prüfmethode zur Beurteilung von techn. Systemen/Anlagen

Filter testing

DIN 71460, part 1: Particle filtration, determination of fractional collection efficiency, measurement of pressure difference, service life testing, e. g. cabin air filters,

DIN 71460, part 2: gas filtration, e. g. cabin air filters,

testing of filters, packed beds, flat sheets, testing at temperatures up to 100 °C or relative humidities up to 100 %

Filtertests for compressed air cleaning

A) Measurements according to ISO 12500 for determination of oil aerosol content, solid particle content, oil vapour content and organic and anorganic gaseous contents for flow rates up to 50 m³/h

B) Measurements in the style of ISO 12500 for determination of oil aerosol content and solid particle content for flow rates up to 3.000 m³/h

Testing of air filters for general ventilation

DIN EN 779: particulate air filters for general ventilation (determination of the filtration performance), determination of filtration efficiency at high humidities, measurements of the particle separation from diesel exhaust aerosols

Test facility for odour-filters

DIN 13725: Diesel exhaust test (odour reduction by filter systems), standard method for odour reduction by thin layer filters, simultaneous measurement of the odour and particle separation from diesel exhaust aerosols

Olfactometry

Olfactometric measurement (VDA 270 and DIN EN 13725), odour analytic (GC-MS-Sniffing, Chemometriy), R&D: sensory odour detection, validation of odour reduction methods, olfactometric validation of filtersystems, methods for the olfactometric validation of materials, dispersion modelling for odour with AUSTAL2000G, applied research and expertises

Testing of air conditioning/ filtration facilities

Examination of particle separation in e. g. cyclones, coalescers, air cleaners or vacuum cleaners, development of testing methods for evaluation of equipment

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Ing. Eckhard Däuber (-404)
daeuber@iuta.de

Ansprechpartner/Contact person:

Dr.-Ing. Wolfgang Mölter-Siemens (-400), moelter@iuta.de

Dipl.-Ing. FH Almut Kerßenboom (-401), kerssenboom@iuta.de

Dipl.-Chem.-Ing. Engin Egrioglu (-402), egrioglu@iuta.de

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Ing. Jörg Lindermann (-405)
lindermann@iuta.de

Dipl.-Ing. Eckhard Däuber (-404)
daeuber@iuta.de

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Chem. Hartmut Finger (-410)
finger@iuta.de

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Chem. Hartmut Finger (-410)
finger@iuta.de

Dipl.-Chem.-Ing. Engin Egrioglu (-402), egrioglu@iuta.de

Ansprechpartner/Contact person:

Dr.-Ing. Wolfgang Mölter-Siemens (-400), moelter@iuta.de

Dipl.-Ing. Jörg Lindermann (-405)
lindermann@iuta.de

Adsorptive Gasreinigung

Untersuchungen zum Adsorptionsgleichgewicht und zur Adsorptionskinetik mit der Strömungsmethode, Aufnahme von Durchbruchkurven, zyklische Ad- und Desorptionsprozesse, Mehrkomponentenadsorption

Aerosole

Aerosol-Generierung und Charakterisierung; elektrostatische Aufladung und Neutralisation von Partikeln, bipolare Auflader, Vermessung von Ladungsverteilungen und Einzelpartikelladungen, Konzeptionierung von Ionenaufladern / Koronaentladung

Modellierung

Partikeldynamik und -deposition in Koaleszenzfiltern, dynamische Festbett-Adsorption

Gasanalytik

Bestimmung gasförmiger Substanzen im unteren ppb-Bereich mittels online-Massenspektrometer PTR-MSGas

Adsorptive gas separation

Adsorption equilibrium and kinetics by fixed bed method, determination of breakthrough curves, cyclic ad- and desorption processes, multicomponent adsorption

Aerosols

Generation and characterisation of aerosols, electrostatic charging/ neutralisation of particles, bipolar chargers, measurement of charge distributions and of single particle charge, development of ion charger/corona discharge

Modelling

Particle dynamics and deposition in coalescence filters, dynamic adsorption in fixed beds

Analysis of gases

Determination of gaseous components in the lower ppb-range via online mass spectrometry PTR-MS

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Ing. Uta Sager
(0203-379-3923), sager@iuta.de

Ansprechpartner/Contact person:

Dr.-Ing. Wolfgang Mölter-Siemens
(-400), moelter@iuta.de

Ansprechpartner/Contact person:

Dr.-Ing. Wolfgang Mölter-Siemens
(-400), moelter@iuta.de

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Chem. Hartmut Finger (-410)
finger@iuta.de

Chem. Tech. Ute Schneiderwind
(-406), schneiderwind@iuta.de

Bereich:	Luftreinhaltung & Nanotechnologie	
Geschäftsfeld:	Umwelt & Nachhaltigkeit	
Department:	Air Quality & Nanotechnology	
Bereichsleitung / head of department:	Dr. rer. nat. Thomas. A. J. Kuhlbusch (-267), tky@iuta.de	
Luftqualität, Exposition und Gesundheit	Air quality, exposure and health	Ansprechpartner/Contact person:
Messung von z. B. Partikeleigenschaften, wie Massen-, Oberflächen- und Anzahlkonzentrationen sowie deren Größenverteilungen in Emissionen und Immissionen, diffuse Emissionen, Bewertung der Exposition und Zusammenarbeit mit Epidemiologen und Toxikologen	Measurement of particle properties, including mass, surface area and number concentrations, size distributions in ambient air and emission, diffusive emission, exposure assessment and collaboration with epidemiologists and toxicologists	Dr. rer. nat. Ulrich Quass (-214) quass@iuta.de Dr. rer. nat. Thomas Kuhlbusch (-267), tky@iuta.de
Quellenidentifizierung und atmosphärische Prozesse	Source apportionment and atmospheric processes	Ansprechpartner/Contact person:
Luv-/Lee-Messungen, Rückwärtstrajektorien, Multivariate Statistik, Positiv Matrix Faktorisierung, Partikeltransport, Umwandlung von Nitraten und Sulfaten, atmosphärenchemische Prozesse	Upwind/downwind measurement, backward trajectories, multivariate statistics, positive matrix factorisation, particle transport, conversion of nitrate and sulphate, atmospheric chemistry	Dr. rer. nat. Ulrich Quass (-214) quass@iuta.de
Partikelmesstechnik	Particle measurement technology	Ansprechpartner/Contact person:
Entwicklung von Impaktoren für Emission und Immission, personenengebundenen Messgeräten, Expositionsmessgeräten, Submikron-Partikeldepositionssensor, Messtechnik für Kohlenstoff-Nanoröhrchen (CNT)	Development of impactors for emission and ambient air quality control, personal samplers, exposure meters, submicron particle deposition sensor, measurement technology for Carbon Nanotubes (CNT)	Dr.-Ing. Christof Asbach (-209) asbach@iuta.de Dipl.-Ing. Heinz Kaminski (-105) kaminski@iuta.de Dr. rer. nat. Ana Maria Todea (-188), todea@iuta.de
Chemische und physikalische Charakterisierung	Chemical and physical characterisation	Ansprechpartner/Contact person:
Chemisch: Anorganische und organische Inhaltsstoffe, Einzel- und Bulkanalysen, physikalisch: Anzahlgrößenverteilung (SMPS, FMPS, APS), Partikelmasenkonzentration diskontinuierlich (Filter-sammler) und kontinuierlich (TEOM), Anzahlkonzentration (CPC), Rußkonzentration (Aethalometer), lungendeponierbare Oberflächenkonzentration (NSAM)	Chemical: organic and inorganic analysis, Physical: number size distribution (SMPS, FMPS, APS), mass concentrations, discontinuous (filter sampler) and continuous (TEOM), number concentration (CPC), soot concentration (aethalometer), lung deposited surface aera concentration (NSAM)	Dipl.-Ing. Heinz Kaminski (-105) kaminski@iuta.de Dr. rer. nat. Astrid John (-214) johnas@iuta.de Dr. rer. nat. Bryan Hellack (-188) hellack@iuta.de
Nachhaltige Nanotechnologie	Sustainable nanotechnology	Ansprechpartner/Contact person:
Bestimmung der Emissionen und Immissionen, Exposition gegenüber Nanopartikeln und deren Wirkung auf Mensch und Umwelt, Messung und Modellierung von Nanopartikelkontamination auf kritischen Oberflächen (z. B. in der Halbleiterindustrie) bei Normal- und Unterdruck, Nanopartikel in Böden / Wasser	Measurement of emission and ambient air, exposure to nanoparticles and their effect on human health and the environment, measurement and modelling of nanoparticle contamination on critical surfaces (e.g. in semiconductor industry) at atmospheric and low pressure, nanoparticles in soils and water	Dr. rer. nat. Thomas Kuhlbusch (-267), tky@iuta.de Dipl.-Umweltwiss. Carmen Nickel (-209), nickel@iuta.de Dr.-Ing. Christof Asbach (-209) asbach@iuta.de
Nanopartikel und Exposition an Arbeitsplätzen	Nanoparticles and exposure at Workplaces	Ansprechpartner/Contact person:
Bestimmung luftgetragener Nanopartikelkonzentrationen, personenbezogene Messungen, Agglomeratstabilitäten, Partikeloberflächenkonzentrationen, Expositionsbeurteilungen, Hygroskopizitätsuntersuchungen	Measurement of airborne nanoparticle concentrations, personal measurement, Stability of agglomerates, particle surface area concentrations, exposure assessment, hygroscopicity study	Dr.-Ing. Christof Asbach (-209) asbach@iuta.de Dr. rer. nat. Thomas Kuhlbusch (-267), tky@iuta.de

Bereich:

Geschäftsfeld:

Department:

Bereichsleitung / head of department:

Umwelthygiene & Spurenstoffe

Umwelt & Nachhaltigkeit

Environmental Hygiene & MicropollutantsDr. rer. nat. Jochen Türk (-179), tuerk@iuta.de**Abwassertechnik**

Kommunale und industrielle Abwasserbehandlung, Erweiterte Oxidationsverfahren (AOP): UV-Oxidation, Fenton und Ozonisierung, Eliminierung von Spurenstoffen

Waste water technologies

Urban and industrial waste water treatment, advanced oxidation processes (AOP): UV oxidation, fenton and ozone, removal of micro pollutants

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. rer. nat. Jochen Türk (-179)
tuerk@iuta.de

M. Sc. Andrea Börgers (-157)
boergers@iuta.de

Arzneimittel und Spurenstoffe in der Umwelt

Identifizierung und Quantifizierung von organischen Spurenstoffen wie Arzneimittel und Haushaltschemikalien (PPCPs), Industriechemikalien, endokrin wirksamen Chemikalien (EDCs), persistenten organischen Verunreinigungen (POPs), Metaboliten, Transformations- und Oxidationsnebenprodukten mittels instrumenteller Analytik (GC-MS und LC-MS). Wirkungsbezogene Analytik mit biologischen Testverfahren zur Bestimmung von Östrogenität, Androgenität, Toxizität und mikrobiologischer Hemmung.

Untersuchungen zum Eintrag, Vorkommen und Verhalten von Spurenstoffen in der Umwelt (Luft, Boden, Gülle, Schlamm, Wasser etc.).

Pharmaceuticals and micropollutants in the environment

Identification and quantification of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs), industrial chemicals, endocrine disrupting chemicals (EDCs), persistent organic pollutants (POPs), metabolites, transformation and oxidation by-products using instrumental analysis (GC-MS and LC-MS). Effect-based analysis for the determination of estrogen, androgen, toxic and inhibition effects by use of microbiological test methods.

Occurrence and fate of micropollutants in the environment (air, liquid manure, sludge, soil, water etc.).

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. rer. nat. Jochen Türk (-179)
tuerk@iuta.de

Dr. rer. nat. Christoph Portner
(-216), portner@iuta.de

Arbeitsschutzrelevante Schadstoffe

Messung und Minderung von Schadstoffen (insbesondere Pharmazeutika) am Arbeitsplatz, Untersuchung von Freisetzungs- und Verbreitungsmechanismen, Bestimmung und Bewertung der äußeren und inneren Exposition, Prüfung und Weiterentwicklung von Schutzeinrichtungen und Schutzausrüstungen, Bewertung/ Optimierung von Reinigungs- und Dekontaminationsverfahren, Erarbeitung von Handlungsanleitungen, Arbeitsschutzkonzepten etc.

Hazardous substances at the workplace

Monitoring and minimisation of hazardous substances (esp. pharmaceuticals) at the workplace, investigation of mechanisms of release and spread, determination and assessment of the inner and outer exposition, testing and further development of protective equipment and clothing,

assessment and optimisation of cleaning and decontamination procedures, development of guidelines, instructions and safety concepts

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. rer. nat. Jochen Türk (-179)
tuerk@iuta.de

Dr. rer. nat. Thekla Kiffmeyer (-159)
kiffmeyer@iuta.de

Innenraumhygiene

Messung und Minderung von Schadstoffen (Mycotoxine, VOC, MVOC, PAK etc.) im Innenraum, Entwicklung analytischer Verfahren, Entwicklung von Standard- und Referenzmaterialien, Verfahren zur Reinigung, Dekontamination, Filtration,

Indoor hygiene

Monitoring and minimisation of indoor pollutants (mycotoxins, VOC, MVOC, PAK etc.), development of analytical procedures, development of standard and reference material, development of procedures for cleaning, decontamination and filtration, development of assessment, handling and disposal strategies, advanced training in indoor hygiene

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. rer. nat. Christoph Portner
(-216), portner@iuta.de

Photokatalytische Verfahren

Entwicklung katalytisch aktiver Materialien zur Dekontamination von Oberflächen und Luft, Entwicklung standardisierter analytischer Methoden zur Kontrolle und Optimierung der Effektivität photokatalytisch wirkender Materialien, Untersuchungen zur Nachhaltigkeit entsprechender Produkte

Photocatalytic decontamination

Testing and optimising of catalytic and photocatalytic active coatings, development of catalytic active materials for decontamination of surfaces and air, development of standardised methods for control and optimising of the efficiency of photo-catalytic active materials, Investigation of the sustainability of photocatalytic active materials

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. rer. nat. Thekla Kiffmeyer (-159)
kiffmeyer@iuta.de

Sensoren, Schnelltests

Entwicklung und Anwendung von biologischen, biochemischen, chemischen und physiko-chemischen Sensoren und Schnelltests, Validierung von Sensoren und Schnelltests mittels instrumenteller analytischer Referenzverfahren, Implementierung von online-Sensoren in Steuerungssysteme und technische Anlagen

PharmaMonitor**Analysis-Cleaning**

Analytik von CMR-Stoffen nach GefStoffV, Zytostatika, Antibiotika, Immunsuppressiva, Hormone etc., Umgebungs- und Biomonitoring für Apotheken, Ambulanzen und Pflegebereich, Kliniken, Pharmaindustrie, Einzelstoffanalytik, Mutimethoden (z. B. MEWIP-Methode), Platin-Speziesanalytik, Reinigungsvalidierung, Dekontamination, Außenkontaminationen

Tagungen, Fortbildungen

Durchführung von Fortbildungen zum Transfer von Forschungsergebnissen, Erarbeitung von themen- und gruppen-spezifischen Fortbildungsangeboten, Organisation von wissenschaftlichen Tagungen zu speziellen Themen

Sensor and rapid tests

Development of analytical, biological, biochemical and physico-chemical sensors and rapid tests, validation of sensors and rapid tests by analytic reference procedures, implementation of on-line-sensors in automatic control systems and technical facilities

PharmaMonitor**Analysis-Cleaning**

Analysis of cmr-compounds according to the German GefStoffV, cytostatic drugs, antibiotics, immunosuppressants, hormones etc, environmental and bio-monitoring for pharmacies, ambulances, home care, hospitals and pharmaceutical industry, single compound analysis, multi compound analysis, platinum species analysis, validation of cleaning procedures, decontamination, outside contamination of viols

Training and seminars

Organization of advanced training for the transfer of research results, development of training seminars specific for certain topics and groups, organization of scientific conferences in different fields

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. rer. nat. Christoph Portner
(-216), portner@iuta.de

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. rer. nat. Jochen Türk (-179)
tuerk@iuta.de

Christiane Balden (-157)
analysis@pharma-monitor.de

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. rer. nat. Jochen Türk (-179)
tuerk@iuta.de

Dr. rer. nat. Thekla Kiffmeyer (-159)
kiffmeyer@iuta.de

Bereich:

Geschäftsfeld:

Department:

Bereichsleitung / head of department:

Wiss. Berater / scientific consultant:

Nanomaterial-Synthese & -Prozesstechnik

Energie & Ressourcen

Nanoparticle Synthesis & Processing Technology

Dipl.-Phys. Tim Hülser (-302) huelser@iuta.de

Dr. rer.nat. Hartmut Wiggers (-302), hartmut.wiggers@uni-due.de

Hochspezifische Nanopartikel-Synthese

Betrieb und Optimierung von drei Reaktoren im Technikums-Maßstab für die Produktion von hochspezifischen Nanopartikeln für verschiedene Anwendungen

Synthesis of highly specific nanoparticles

Operation and optimization of three reactors (pilot plant scale) for production of highly specific nanoparticles for various applications

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Phys. Tim Hülser (-302)
huelser@iuta.de

Dr.-Ing. Sophie M. Schnurre (-302)
schnurre@iuta.de

Nanopartikel-Prozesstechnik

Funktionalisierung, Abscheidung aus der Gasphase, Dispergierung von hochspezifischen Nanopartikel

Nanoparticle process technology

Functionalization, deposition from the gas phase, dispersion of highly specific nanoparticles

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Phys. Tim Hülser (-302)
huelser@iuta.de

Prozessbegleitende Analyse-Methoden

In-situ Laserdiagnostik im Bereich der Partikelerzeugung, Online Atmosphärendruck-Partikel-Massenspektrometer, Gasphasenanalyse (GC/MS, QMS), Aggregatgrößenbestimmung (DLS), Oberflächenanalyse (BET), Infrarotspektroskopie (FTIR / ATR), Fluoreszenzspektroskopie

In-process analysis

In-situ laser diagnostics during production of particles, online particles mass spectrometer, gas-phase analysis (GC/MS, QMS), aggregate size measurement (DLS), surface analysis (BET), infrared spectroscopy (FTIR / ATR), fluorescence spectroscopy

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Phys. Tim Hülser (-302)
huelser@iuta.de

Dipl.-Ing. Mathias Spree (-301)
spree@iuta.de

Bereich:

Geschäftsfeld:

Department:

Bereichsleitung / head of department:

Gasprozesstechnik & Energieumwandlung

Energie & Ressourcen

Gas Process Technology & Energy Conversion

Dr.-Ing. Egon Erich (-268), erich@iuta.de

Katalytische Gasaufbereitung

Oxidative Gasaufbereitung, Hydrocrack-katalysatoren, Redox-Katalysesystem zur Oxidation- und Reduktion von Kohlenwasserstoffen und NOx aus Abluftströmen

Catalytic gas treatment

Oxidative gas treatment, catalysts for hydrocracking, redox catalysts for oxidation and reduction of hydrocarbons and NOx in exhaust gases

Ansprechpartner/Contact person:

Dr.-Ing. Egon Erich (-268)
erich@iuta.de

Dipl.-Ing. Andrew Berry (-175)
berry@iuta.de

Absorptive Gasreinigung

Druckgaswäsche zur Absorption saurer Gasbestandteile, Empirische Optimierung von Druckgaswäschen, Untersuchung zur Degradation von Aminen, Einsatz von Waschverfahren zur CO₂-Abscheidung aus Rauchgasen und Biogas

Gas cleaning by absorption

Pressurized gas scrubber for the absorption of acid gas compounds, empirical optimization of pressurized gas scrubber, investigation for the degradation of amines, CO₂-separation from flue gases and biogas with several scrubbers

Ansprechpartner/Contact person:

Dr.-Ing. Egon Erich (-268)
erich@iuta.de

Dipl.-Ing. Ralf Goldschmidt (-155)
goldschmidt@iuta.de

Dipl.-Ing. Andrew Berry (-175)
berry@iuta.de

Biomasse und energetische Verwertung

Ofenkatalysator für Kleinfeuerungsanlagen, Biomassevergasung, Vergasertechnologie, Biogasreinigung

Biomass and energy recovery

Catalytic converter for domestic fire places, biomass gasification, gasifier technologies, biogas cleaning systems

Ansprechpartner/Contact person:

Dr.-Ing. Egon Erich (-268)
erich@iuta.de

Dipl.-Chem., Dipl.-Ing. FH Frank Grüning (-213), gruening@iuta.de

PEM-Brennstoffzellentechnologie

Brennstoffzellen-Produktwasser: Quantitative Kondensation des aus der Brennstoffzelle ausgetragenen Wassers zur Untersuchung von Degradationsprozessen in der Brennstoffzelle

PEM fuel cell technology

Product water of the fuel cell: Quantitative condensation of the fuel cell water for analysis of cell degradation processes

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. rer. nat. Stefan Peil (-222)
peil@iuta.de

Dipl.-Ing. FH Kirsten Helle (-222)
helle@iuta.de

Partikeleintrag in Brennstoffzellen: Untersuchung des Partikeleinflusses in der Betriebsluft auf Leistung und Standzeit von Brennstoffzellen

Input of particles into fuel cells: Investigation of the effects of particles in the operating air on the performance and lifetime of fuel cells

Nutzung von Abwärme zur Bereitstellung von Nutzkälte: Entwicklung eines Systems aus HT-PEM-Brennstoffzelle und Absorptionskälteanlage in einem Demonstrationscontainer zur Bereitstellung von Strom, Wärme und Kälte.

Utilization of waste heat for the supply of cooling energy: Development of a system interconnection between HT-PEM-fuel cell and absorption refrigeration for the supply of electric energy, heating energy and cooling energy

Reformierung mit überkritischem Wasser

Erzeugung von Wasserstoff aus organischen Materialien mit überkritischem Wasser (SCWR-Verfahren)

Supercritical water reforming

Generation of fuel gas from organic materials with supercritical water (Super-Critical Water Reforming SCWR)

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. rer. nat. Stefan Peil (-222)
peil@iuta.de

Erzeugung von Brenngas aus Rohglyzerin der Biodieselherstellung zur energetischen Verwertung

Generation of fuel gas from crude glycerine of the biodiesel production for energetic utilization

Wasserstoffspeicher

Entwicklung von Wasserstoffspeichern auf Metallhydrid-Basis mit integriertem Wärmeübertrager zur thermischen Kopplung mit Brennstoffzellen

Hydrogen storage

Development of hydrogen storage tanks based on metal hydride with integrated heat exchanger for thermal coupling to fuel cells

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Ing. Robert Urbanczyk (-224)
urbanczyk@iuta.de

Thermoelektrische Generatoren

Thermisch-elektrische Charakterisierung und Untersuchung der Langzeitstabilität

Thermoelectric generators

Thermal-electrical characterization and investigation of the long term stability

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. rer. nat. Stefan Peil (-222)
peil@iuta.de

FuE-Dienstleistungen, Beratungen, Gutachten, Auftragsforschung

Gewinnung von Metallen aus Abfallströmen,
Eintrag von Metallen in die Umwelt

Gutachten und Analysen zu:
- Abfall- und Umweltmanagement,
- Biomasseverwertung,
- Altlastensanierung

Research and development services, surveys, expertises, contract research

Recovery of metals from liquid waste,
release of metals into the environment,

surveys on
- waste- and environmental management,
- energy recovery of biomass,
- remediation of contaminated sites

Ansprechpartner/Contact person:

Dr.-Ing. Egon Erich (-268)
erich@iuta.de

Dipl.-Chem., Dipl.-Ing. FH Frank Grüning (-213), gruening@iuta.de

Dipl.-Ing. Ralf Goldschmidt (-155)
goldschmidt@iuta.de

Dr. rer. nat. Christine Kube (-213)
kuba@iuta.de

Bereich:

Geschäftsfeld:

Department:

Bereichsleitung / head of department:

Wasser- Prozess- & Aufbereitungs- Technologie

Energie & Ressourcen

Water Processing & Water Treatment Technology

Dipl.-Ing. Jochen Schiemann (-259), j.schiemann@iuta.de

Wasserentsalzung und -aufbereitung

Thermische Entsalzungstechnik mittels Vakuumdestillation, vierstufige Multi-Effekt-Verdampfungsanlage mit thermischer Brüdenkompression (MED-TVC), Membranverfahren zur Behandlung von Meerwasser, Brackwasser und Prozesswasser, Mikrofiltration (MF), Nanofiltration (NF) sowie Nieder- (LP-RO), Mittel- (MP-RO) und Hochdruckumkehrosmose (HP-RO)

Desalination and water treatment

Thermal desalination with vacuum distillation, multiple-effect distillation plant with thermal vapor compression (MED-TVC), membrane processes for treatment of seawater, brackish water and process water: microfiltration (MF), nanofiltration (NF), reverse osmosis in low pressure range (LP-RO), in medium pressure range (MP-RO), in high pressure range (HP-RO)

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Ing. Franziska Blauth (-217)
blauth@iuta.de

Membranuntersuchungen

Standardleistungstests von 4 Zoll und 8 Zoll RO-Wickelmodulen (Brack- und Meerwasser), Integritätstests, Färbetest, Lokalisierung von Leckagen in Membranelementen, Kompatibilitätstests, Reinigungsversuche, Coupon tests, Autopsie und visuelle Inspektion, chemische Belaganalyse, REM / EDX

Membrane investigations

Standard performance test with 4 inch and 8 inch RO modules (brackish and seawater), Integrity tests, Dyeing tests, Localisation of leaks in membrane elements, Compatibility tests, Cleaning tests, Coupon tests, Autopsy and visual inspection, Chemical analysis of the fouling layer, REM / EDX

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Ing. Franziska Blauth (-217)
blauth@iuta.de

Bereich:

Geschäftsfeld:

Department:

Bereichsleitung / head of department:

Recycling & Umweltgerechte Entsorgung

Energie & Ressourcen

Waste Treatment & Recycling Center

Dipl.-Ing. Jochen Schiemann (-259), j.schiemann@iuta.de

Identifizierung von strategischen Metallen und seltenen Erden in neuen komplexen Massengütern

Untersuchung der Stoffverbünde und Entwicklung von Rückgewinnungsmethoden durch chemische, mechanische und thermische Verfahren

Identification of strategical metals and noble earth in new complex bulk goods

Analysis of material composites and recycling developments by chemical, mechanical and thermal processes

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Ing. Jochen Schiemann (-259)
j.schiemann@iuta.de

Begutachtungen und Bilanzierungen von Kälteanlagen

Überprüfung nach TA Luft 5.4.8.10.3/5.4.8.11.3 als behördlich zugelassene Prüfstelle, Ganzheitliche Begutachtung und Bilanzierung von Anlagen zur Verwertung von Kälteanlagen, Desorption von FCKW, Analyse FCKW-haltiger Schäume und Öle, Optimierung von Wirkungsgraden bestehender Anlagen

Surveys and equilibrations of facilities for CFC-recycling

Integrated surveys and balancing of the recycling process of refrigerators, measurements of CFC-desorption,

Ansprechpartner/Contact person:

Hans Jürgen Prause (-156)
prause@iuta.de

Bettina Schiemann (-158)
b.schiemann@iuta.de

analysis of foams and oils, system efficiency improvement for recycling plants

Flachbildschirmverwertung

Untersuchungen an Flachbildschirmen in Hinblick auf Schad- und Wertstoffinhalte, Messung und Charakterisierung von Quecksilberemissionen bei der Zerlegung, Rückgewinnung von Indium aus den Displaypanels

Recycling of Flat Screens

Developments of recycling treatments, measurements and characterization of mercury emissions, recycling of indium

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Ing. Jochen Schiemann (-259)
j.schiemann@iuta.de

Recycling von Massengütern

Verwertung und Entsorgung von Elektro(nik)schrott nach 4. BImSchV bzw. gemäß §52 KrW-/AbfG/EbV, Entwicklung adäquater Recyclingwege, FuE im Bereich der Entsorgungsverfahrenstechnik, Sortierung von EDV-Verbrauchsmaterialien

Recycling of bulk material

Further utilization and waste treatment of electronic scrap, development of technologies for treatment and handling of electrical and electronic waste, research and development on recycling technology, sorting of toner cartridges and other consumables

Ansprechpartner/Contact person:

Hans Jürgen Prause (-156)
prause@iuta.de

Untersuchungen an schadstoffhaltigen Materialien (z. B. PCB)

Phänomenologische Untersuchungen, Entwicklung von trockenmechanischen Aufarbeitungsmethoden, Entwicklung von Vorsorgedemontagestrategien zur Minimierung von Schadstoffen

Examinations of contaminated materials

Exploration of shredder-material and development of mechanical treatment procedures for recycling goods, minimizing hazardous components by adapted handling

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Ing. Jochen Schiemann (-259)
j.schiemann@iuta.de

Bettina Schiemann (-158)
b.schiemann@iuta.de

Aufbereitung technischer Kunststoffe

Entwicklung und Bau automatisierter Identifikationsanlagen für technische Thermoplaste, Identifikation von FR-Additiven in technischen Thermoplasten, Aufbereitung von Kunststoff-Probenfraktionen und anschließender Testverarbeitung im Extruder, Entwicklung von Bestimmungsreihen und Schnelltests zur betrieblichen Materialeinordnung, Identifikation von technischen Thermoplasten, Herstellung von definierten Kunststoffmusterplatten durch Extrusion

Conditioning of technical plastics

Development and construction of automatic systems for identifying technical plastics, analysis of fire-guards in plastics, conditioning of test charges with extruder, analysis and identification of technical plastics

Ansprechpartner/Contact person:

Bettina Schiemann (-158)
b.schiemann@iuta.de

Ausbildung im Bereich**„Umwelt- und Kreislaufwirtschaft“**

Fort-/Weiterbildungsmaßnahmen sowie GWA für Jugendliche, für Behinderte und für Berufsrückkehrer, Vorbereitungskurse zur IHK-Prüfung Recyclingfachkraft, Schulungen zum Erwerb von Fahrberechtigungen für Flurförderfahrzeuge, Durchführung modularer IHK-Ausbildung zur Fachkraft für Kreislauf- u. Abfallwirtschaft

Capacity building

Qualification courses for young people, unemployed or handicapped people in environmental protection and recycling operations, driving training for fork lifters, trainings for qualification of recycling specialists

Ansprechpartner/Contact person:

Hans Jürgen Prause (-156)
prause@iuta.de

Bereich:	Messstelle
Geschäftsfeld:	Zentrale Bereiche
Department:	Measurement Division
Bereichsleitung / head of department:	Dipl.-Ing. Mathias Beyer (-272), beyer@iuta.de

Emissionsmessungen

Anerkannte Messstelle nach §§ 26, 28 BImSchG für die Bereiche Staub, Feinstaub (PM₁₀, PM₄, PM_{2,5}), Staubinhaltsstoffe, anorganische / organische Gase und hochtoxische organische Stoffe (PCDD/F, PAK, PCB etc.)

Immissionsmessungen

Anerkannte Messstelle für Messungen und Begutachtung von Immissionsbelastungen in der Außenluft, PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁, organische und anorganische Gase (BTXE, NO_x, CO, Ozon), Analytik für spezielle relevante Tracer z. B. Schwermetalle, Silizium, EC/OC, NCBA.

Arbeitsplatzmessungen

Messungen zur Beurteilung der Schadstoffbelastung am Arbeitsplatz nach TRGS 402 u. 403
Stationäre u. personengetragene Messsysteme z. B. für A+E Staub, Rauchgase, organische u. anorg. Schadgase

Online Partikelmessungen in industriellen Abgasen

Kontinuierliche Messungen der Partikelgrößenverteilung und Anzahlkonzentration mit dem optischen Messsystem welas® Messbereich: 0,3 - 17 µm, 0,6 - 40 µm, Partikel ab 10 nm - 300 nm (FMPS™-Messgerät) und optionaler Verdünnungsstufe

Mobiler Druckluftprüfstand

Nach ISO 8573 / 1-9, zur Prüfung der Druckluftqualität von Druckluftanlagen, optimiert und modular erweiterbar für die speziellen Anforderungen der Industriebereiche Chemie-, Pharma-, Lebensmittel-Halbleiter- und Automobiltechnik

Ausbreitungsrechnungen / Gutachten

Immissionsprognosen nach TA Luft, Emissions-Immissionsbeziehung, Quellstärkenbestimmung industrieller Anlagen, Inverse Ausbreitungsrechnung, diffuse Emissionen, AUSTAL2000, MISKAM®, FDM, Gutachten

Partikelmessungen in Flüssigkeiten / Suspensionen

Messungen der Partikelverteilung in Flüssigkeiten bzw. von suspendierten Stäuben in Flüssigkeiten mittels Coulter LS230, Messbereich: 0,05 µm - 2000 µm

Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen

REM und Elementanalyse mittels EDX, Schadensanalysen, Asbestuntersuchungen und Untersuchung anorganischer Fasern (KI-Index), Untersuchung der Korngrößenverteilung

Measurement of emission

Certified measurement department according to §§ 26, 28 BImSchG for parameters dust, fine dust (PM₁₀, PM₄, PM_{2,5}) dust components, anorganic gases, organic gases and high toxic organic components (PCDD/F, PAH, etc.)

Measurement of airborne pollutants

Certified measurement department for measurements and assessment of outdoor pollutants, determination of PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁, organic and anorganic gases (BTXE, NO_x, Ozon), analytic of special tracer e. g. heavy metal, soot, organic carbon, anions cations, PAH, NCBA

Working place measurements

Evaluation and assessment of pollutants at the working place referring to the guideline TRGS 402 and 403
Stationary or personal sampling of e. g. inhalable-, respirable dust, smoke, organic and anorganic gases

Measurement of number concentrations in industrial waste gases

Online measurements of particle properties including number concentration and size distribution in industrial waste gases with the optical measurement system welas®, range: 0,3 - 17 µm, 0,6 - 40 µm particle range: 10 nm - 300 nm (FMPS™-analyzer) and gas dilution unit

Mobile test station for compressed air

Measurements according to ISO 8573 / 1-9, testing of the compressed air quality, special test station concerning the requirements e. g. of the chemical, pharma-, food- semiconductor- and automotive industry

Dispersion modelling / expertise

Source emission rate estimation in legal air quality and emission control, e. g. according to TA Luft, dispersion modelling, deposition, fugitive dust emissions of industrial plants with RDM procedure, AUSTAL2000, MISKAM®, FDM, Expertise

Measurement of particle in liquids / suspensions

Measurement of particle distribution in liquids or dust suspended in liquids with Coulter LS230, range: 0,05 µm - 2000 µm

Determination with slow scanning electronic microscope

REM analysis and EDX element analysis, examination of damages, examination of asbestos and anorganic fibres (KI-Index), examination of particle properties e. g. number concentration, size distribution

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Chem. Markus Neumann (-194), neumann@iuta.de

Wolfgang Backhaus (-193)
backhaus@iuta.de

Ansprechpartner/Contact person:

Oliver Sperber (-193)
sperber@iuta.de

Dipl.-Ing. Mathias Beyer (-272)
beyer@iuta.de

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Ing. Mathias Beyer (-272)
beyer@iuta.de

Wolfgang Backhaus (-193)
backhaus@iuta.de

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Ing. Mathias Beyer (-272)
beyer@iuta.de

Oliver Hesse (-275)
hesse@iuta.de

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Phys.Ing. Dirk Jarzyna (-266)
jarzyna@iuta.de

Oliver Hesse (-275)
hesse@iuta.de

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Phys.Ing. Dirk Jarzyna (-266)
jarzyna@iuta.de

Dipl.-Ing. Achim Hugo (-257)
hugo@iuta.de

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Phys.Ing. Dirk Jarzyna (-266)
jarzyna@iuta.de

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Phys.Ing. Dirk Jarzyna (-266)
jarzyna@iuta.de

Bereich:

Geschäftsfeld:

Department:

Bereichsleitung / head of department:

Forschungsanalytik

Zentrale Bereiche

Research Analysis

Dr. rer. nat. Thorsten Teutenberg (-179), teutenberg@iuta.de

Analysentechnik

Entwicklung von Methoden und technischen Lösungen für Hochtemperatur-Flüssigkeitschromatografie, Kopplungs- und Detektionsverfahren, Kapillar-HPLC-MS-Kopplung, mehrdimensionale Trennungen, computergestützte Methodenentwicklung, Entwicklung und Tests von Säulenmaterialien

Methodenentwicklung und Spezialanalytik für FuE-Anwendungen

Wissenschaftlich fundierte Entwicklung und Validierung leistungsfähiger Spezialverfahren für Forschungsvorhaben, Kooperationspartner und externe Auftraggeber, breite Palette an Analysenverfahren und bestimmbarer Parameter:
GC, HPLC, GC-MS, LC-MS/MS, LC-MSⁿ

Analytical technologies

Development of methods and technical solutions for high temperature liquid chromatography, detection and coupling techniques, capillary-HPLC-MS, multi dimensional separations, computer based method development, development and testing of stationary phase materials

Method development and specialized analytical methods for R&D applications

Scientific based development and validation of specialised analytical methods for research partners and customers, broad range of analytical instruments and methods:
GC, HPLC, GC-MS, LC-MS/MS, LC-MSⁿ

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. rer. nat. Thorsten Teutenberg (-179), teutenberg@iuta.de

Dr. rer. nat. Steffen Wiese (-165)
wiese@iuta.de

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. rer. nat. Thorsten Teutenberg (-179), teutenberg@iuta.de

Dr. rer. nat. Jochen Türk (-179)
tuerk@iuta.de

Bereich:

Geschäftsfeld:

Department:

Bereichsleitung / head of department:

Industrielle Gemeinschaftsforschung

Zentrale Bereiche

Collective research for SME's

Dipl.-Volksw. Günter Schöppe (-208), schoeppe@iuta.de
Dr.-Ing. Stefan Haep (-204), haep@iuta.de

FuE-Organisation, Netzwerke

FuE-Organisation / Netzwerk, Vorhaben-Evaluation, Wissenschaftlich-administrative Begleitung von FuE-Vorhaben, Ergebnis-Transfer und Publikation, Schulungsmaßnahmen

FuE-Networking

Networking, proposal evaluation, support concerning project administration and scientific focusing, dissemination of results and publications, training

Ansprechpartner/Contact person:

Dr.-Ing. Stefan Haep (-204)
haep@iuta.de

Claudia Flicka (-333)
flicka@iuta.de

4 Arbeitsschwerpunkte und technische Ausstattung der Bereiche

4.1 Luftreinhaltung & Prozessaerosole

4.1.1 Optimierung eines Kondensations-Nass-Elektro-Filters für Feinstaub und Aerosol-Abscheidung

Innerhalb des IGF-Vorhabens wurde am IUTA ein Nasselektrofilter (KoNEF) im Technikumsmaßstab aufgebaut. Das Kernstück der Anlage besteht aus der kleinsten auf dem Markt verfügbaren industriellen Einheit. Die Berücksichtigung der Wünsche der Industriepartner, insbesondere der kmU, führte dazu, dass eine deutlich größere Anlage als ursprünglich geplant im IUTA-Technikum errichtet wurde. Die dafür benötigten finanziellen und personellen Mittel überstiegen bei weitem das beantragte Volumen. Die Realisierung gelang mit Unterstützung durch die Firmen Eco Energie und Umwelt GmbH und Rico Eiserlo & Emmerich GmbH.

Ziel des Vorhabens war die Vermessung des Strom-Spannungsverhaltens sowie der Abscheideleistung der Anlage in Bezug auf Feinstaub und Schwefelsäureaerosole. Zu diesem Zweck wurde das Gas mit Prüfstaub und Schwefelsäure konditioniert.

Durch die am IUTA zur Verfügung stehende Messtechnik ist es gelungen, die benötigten Daten zur Strom-Spannungs-Charakteristik und zum Aerosol-Abscheideverhalten des KoNEF mit einer hohen Genauigkeit zu generieren. Sowohl für Feststoffaerosole als auch für Flüssigaerosole und für das Misch-aerosol konnten Fraktionsabscheidegrade bis in den Partikelgrößenbereich von ca. $0,5 \mu\text{m}$ vermessen werden.

Die Versuche haben gezeigt, dass unter praxisrelevanten Bedingungen (40 kV, 3 m/s) eine Abscheidung der Staubfraktion PM_{10} nahezu vollständig gelingt. Der erzielte Abscheidegrad für $\text{PM}_{2,5}$ lag bei ca. 80 %. Der

Staubdurchgang lag umgerechnet bei $< 1 \text{ mg/m}^3_{\text{i.N.tr.}}$. Damit konnte die Leistungsfähigkeit des KoNEF in Bezug auf Feinstaub nachgewiesen werden.

Die Abscheidung von Flüssigaerosolen (ohne und mit festem Kern) ist für kleine Partikel im Vergleich zur Staubabscheidung schlechter. Eine Abscheidung von 80 % wird erst für einen Partikeldurchmesser von ca. $3 \mu\text{m}$ erreicht. Für größere Partikel entspricht der Verlauf des Fraktionsabscheidegrades der Flüssig- und Misch-aerosole dem des Staubes. Für die Partikelfraktion PM_{10} wird ein Abscheidegrad $> 95 \%$ erreicht. Bild 4-1 zeigt die Fraktionsabscheidegrade der unterschiedlichen Aerosole im Vergleich.

Unter der Annahme, dass die flüssige Hülle des Aerosols die H_2SO_4 -Konzentration der dosierten Schwefelsäure behält, ergaben sich aus den Partikelmessungen für die SO_3 -Konzentration rechnerisch Werte von ca. $1 \mu\text{g/m}^3_{\text{i.N.tr.}}$. Die nasschemisch vermessenen Werte ergaben auf SO_3 -Äquivalente umgerechnete Konzentrationen von deutlich unterhalb $1 \mu\text{g/m}^3_{\text{i.N.tr.}}$.

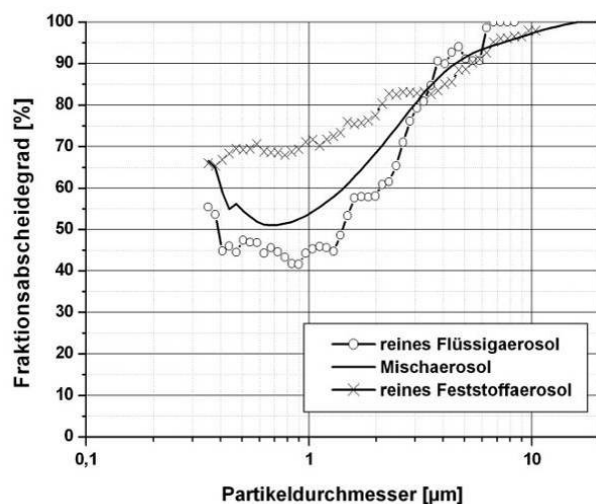


Bild 4-1: Vergleich der Fraktionsabscheidegrade für reines Feststoffaerosol, reines Flüssigaerosol und Misch-aerosols bei 40 kV, 3 m/s, 25 °C

Das ist plausibel, da davon auszugehen ist, dass sich die Lösung der flüssigen Aerosolhülle über das im Gas angebotene Wasser verdünnt.

Für gasförmiges SO_2 konnte eine Abscheidung über den KoNEF vermessen werden. Die erfasste Datenbasis ist jedoch für eine generelle Aussage nicht ausreichend. Um die Effekte belastbar möglichen Einflussfaktoren zuzuordnen und darüber die Abscheidung bewusst beeinflussen zu können, sind vertiefende Untersuchungen nötig.

Sowohl für die Schwefelsäuremessungen als auch für die SO_2 -Messungen ergaben Kontrollmessungen im Rohgas Minderbefunde im Vergleich zu den berechneten Konzentrationen. Hierfür können Randeffekte, eine Strömungsschiefelage im Einlaufbereich vor Gleichrichter oder Kondensationseffekte verantwortlich sein.

Die ermittelten Ergebnisse dienen der Validierung des an der TU Dortmund entwickelten Modells und der auf Basis dieses Modells programmierten Software.

Das Forschungsvorhaben 16563 N der Forschungsvereinigung Umwelttechnik wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Jörg Lindermann
+49 (0)2065 418 405
lindermann@iuta.de

Dr.-Ing. Margot Bittig
+49 (0)2065 418 300
bittig@iuta.de

4.1.2 Quecksilber in der Abgaswäsche

Das Verhalten von Quecksilber in absorptiven Abgasreinigungssystemen hängt von vielen stofflichen und thermodynamischen Parametern, von Rand- und Betriebsbedingungen ab. Zur Beschreibung der komplexen Zusammenhänge wurde ein theoretisches Modell entwickelt, das die Gleichgewichte im Waschwasser von Abgaswäschern in Bezug auf die zu erwartenden Quecksilberspezies und ihre relevanten Liganden formuliert. Das aus diesen Ansätzen entstandene Modell kann mit der Unterstützung durch die Industrielle Gemeinschaftsforschung IGF weiter validiert und für die industrielle Anwendung ertüchtigt werden.

Beim Prozess der absorptiven Abscheidung von Quecksilber spielt die Anwesenheit von Halogeniden eine entscheidende Rolle. Zweiwertige Quecksilberhalogenide lassen sich in Abgaswäschern gut aus dem Gas abtrennen und gehen zunächst als neutrale Komplexe in die wässrige Phase über. Liegen Halogenide in ausreichendem Überschuss im Waschwasser vor, so reagieren die zunächst neutralen HgX_2 -Spezies (Hg-Komplexe mit nur einer Ligandenart) bzw. HgXY -Spezies (Hg-Komplexe mit gemischten Liganden) zu geladenen Komplexen. Diese nehmen nicht mehr am Gas-Flüssig-Gleichgewicht teil. Die Stärke der vorliegenden Liganden bestimmt, welche Quecksilberverbindungen entstehen und zu welchem Anteil ungeladene HgX_2 - bzw. HgXY -Komplexe im Waschwasser verbleiben. Die Flüchtigkeiten der neutralen Hg-Komplexe variieren dabei je nach Liganden erheblich.

Die Anwendung dieses theoretischen Wissens auf reale Prozesse ermöglicht es, die in den Wäschersystemen vorhandenen „Reserven“ durch Variation der Prozessparameter oder Prozessführung auszuschöpfen. Damit kommt den in den Wäschern ablaufenden physikalisch-chemischen Vorgängen eine Schlüssel-funktion bei der Festlegung effektiver und vor

allem kostengünstiger Maßnahmen zur Einhaltung der Grenzwerte zu.

Den Ansatz bilden die vorhandenen Auslegungs- und Berechnungsmethoden und die Belastbarkeit der dafür notwendigen Stoffdaten. Letztere sind aber nur für einige der relevanten Quecksilberspezies verfügbar oder in Frage zu stellen, wenn verschiedene Quellen für dasselbe Stoffsystem unterschiedliche Werte angeben. Dieser Sachverhalt wird am Beispiel der Henry-Koeffizienten für die Spezies HgI_2 verdeutlicht, Bild 4-2. In solchen Fällen stellt sich dem Anwender die Frage, welcher Datensatz für Berechnungen herangezogen werden soll. Eine validierte Stoffdatenbasis hoher Güte ist bei der Sensitivität der Modelle und physikalisch-chemischen Zusammenhänge essentiell, wenn aus Simulationsrechnungen Handlungsanweisungen und Kriterien zur optimierten Auslegung von Neuanlagen und zur Ertüchtigung von bestehenden Anlagen abgeleitet werden sollen. Das gilt in besonderem Maße hinsichtlich der Einhaltung von Grenzwerten und einer weitergehenden Reduzierung des Hg-Eintrages in die Umwelt. Deshalb steht die Zusammenstellung dieser validierten Stoffdatenbasis im Mittelpunkt der aktuellen Arbeiten.

Diese gliedern sich in einen theoretischen und einen praktischen Teil. Durch eine systematische Auswertung der Primär- und der Sekundärliteratur, die möglichst bis zurück zur Originalveröffentlichung verfolgt werden sollen, werden die bereits zusammengestellten Daten evaluiert und die Datenlage ergänzt. Bei experimentell ermittelten Daten sollen die experimentellen Aufbauten und die verwendeten Messapparaturen mit in die Bewertung eingehen, um daraus Aussagen zur Zuverlässigkeit der damit gewonnenen Daten machen zu können. Ebenso sollen die in der Literatur verwendeten Berechnungsverfahren kritisch hinterfragt werden.

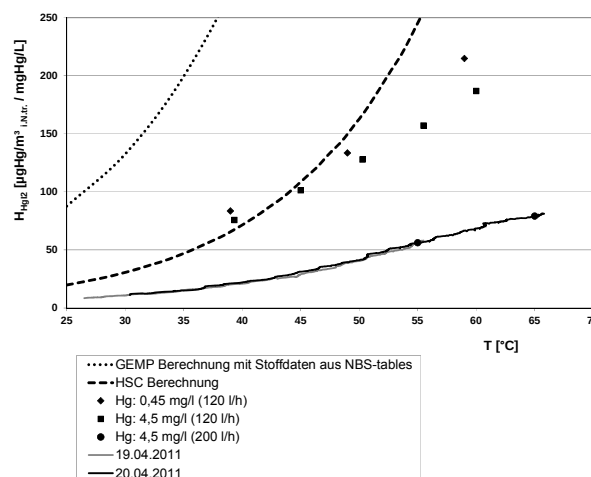


Bild 4-2: Vergleich der Henry-Koeffizienten für HgI_2 , eigene Berechnungen und Messungen

Der Schwerpunkt der eigenen experimentellen Untersuchungen liegt in der Vermessung von Henry-Koeffizienten. Die bisher von uns erzielten experimentellen Ergebnisse sowie die Ergebnisse der Forschergruppe Köser et al. lieferten unabhängig voneinander reproduzierbare Henry-Koeffizienten für die Spezies HgCl_2 und HgBr_2 sowie einzelne Messwerte für HgI_2 in guter Übereinstimmung, so dass der hier gewählte Laboraufbau als geeignet zu Ermittlung praxisnaher validierter Daten gelten kann. Dieser Messaufbau soll nun zur Vermessung fehlender Henry-Koeffizienten dienen.

Mit den in Großanlagen installierten (und für den IUTA-Laboraufbau vorgesehenen) Online-Messgeräten kann nur die Konzentration des elementaren Quecksilbers und die Gesamtquecksilberkonzentration vermessen werden. Eine Unterscheidung zwischen den Quecksilberspezies mit unterschiedlichen Liganden ist nicht möglich. Deshalb sollen zur Vermessung der tatsächlich vorliegenden Quecksilberspezies und damit auch zur Kontrolle des vom Onlineanalysator erfassten Messsignals zusätzlich Labormessungen mit der Methode der Ionenmobilitätsspektrometrie (IMS) durchgeführt werden. Der Lehrstuhl für Instrumentelle Analytische Chemie (IAC) an der Universität Duisburg-Essen verfügt über Spezialisten auf dem Gebiet der IMS und über eine entsprechende Laborausstattung. Die

grundsätzliche Eignung der Geräte zur Erfassung der unterschiedlichen Quecksilberspezies konnte in Vorversuchen nachgewiesen werden. Deshalb werden diese Untersuchungen vom IAC als Projektpartner durchgeführt.

Das Forschungsvorhaben 17523 N der Forschungsvereinigung Umwelttechnik wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Margot Bittig
+49 (0)2065 418 300
bittig@iuta.de

Dr. rer. nat. Christoph Portner
+49 (0)2065 418 216
portner@iuta.de

4.1.3 Kombinierte CFD/Monte-Carlo-Methode zur Kontrolle der Produkteigenschaften bei der Nanopartikel-Synthese

Für die großtechnische Herstellung von hochspezifischen Nanopartikeln sind Gasphasenreaktoren (z. B. Heißwandreaktor, Flammreaktor) besonders geeignet. Für die Weiterentwicklung der Reaktoren und die Vorhersagbarkeit der spezifischen Eigenschaften der Produktpartikel ist es notwendig, die komplexen kinetikgesteuerten Zerfalls- und Partikelbildungsmechanismen innerhalb des Reaktors zu beschreiben. Die Situation wird noch komplexer dadurch, dass die Eigenschaften oft eine Verteilungsfunktion aufweisen. Verteilte Eigenschaften werden bisher üblicherweise mittels Populationsbilanzen simuliert. Die meisten kommerziellen Verfahren dazu (z. B. FPM, PARSIVAL) sind allerdings oft nur in der

Lage, eine Größenverteilung der Partikel zu berechnen. Von Seiten der industriellen Anwender besteht darüber hinaus gehendes Interesse an Informationen über die chemische Zusammensetzung, den Sintergrad und damit auch Informationen über die morphologische Struktur der Partikel. Durch ein an der Universität Duisburg-Essen (Prof. E. Kruis, Lehrstuhl Nanostrukturtechnik NST) entwickeltes Monte-Carlo-Simulationsverfahren ist es möglich, multivariante Eigenschaften (d. h. verschiedene Eigenschaftsmerkmale, die eine Verteilungsfunktion aufweisen) numerisch effizient zu simulieren.

Eingangsparameter für das im Rahmen des Vorhabens entwickelte orts aufgelöste Monte-Carlo-Simulationsverfahren sind u. a. das Strömungs- und Temperaturfeld, die Massenanteile der beteiligten Spezies sowie die Keimbildungsrate, die vorab durch eine CFD-Simulation ermittelt werden. Neben kommerzieller CFD-Software wird am IUTA zunehmend auch das open source CFD-Simulationstool OpenFOAM eingesetzt, so auch hier für die Berechnung der für die Monte-Carlo-Simulationen benötigten Größen. Da standardmäßig kein Modell zur Beschreibung der Keimbildung vorhanden war, wurde eine entsprechende Programmerweiterung entwickelt.

Am Institut für Verbrennung und Gasdynamik (IVG) der Universität Duisburg-Essen wurde ein Heißwandreaktor konstruiert, an dem experimentelle Untersuchungen zur Synthese von Eisenpartikeln durchgeführt wurden. Die Eisenatome entstehen aus dem Zerfall des Prekursors Eisenpentacarbonyl ($\text{Fe}(\text{CO})_5$) zu Eisen (Fe) und Kohlenstoffmonoxid (CO). Durch Nukleation entstehen stabile Primärpartikel, die dann als Ausgangspunkt für die weiteren Transportprozesse sowie für die partikeldynamischen Prozesse dienen. Bild 4-3 zeigt die Verteilung der Nukleationsrate im Reaktor für eine Prekursorkonzentration von 5-3 ppm, berechnet nach der Theorie von Girshick.

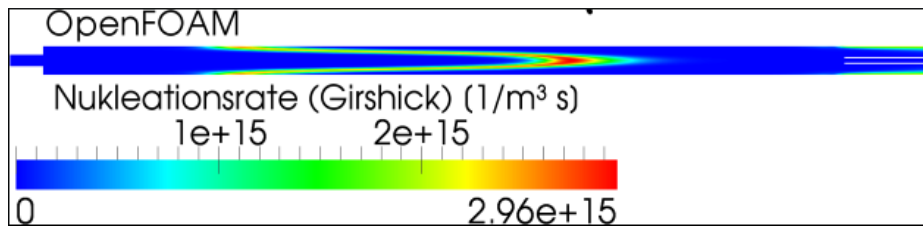


Bild 4-3: Nukleationsrate nach der Theorie von Girshick

Es ist bis heute messtechnisch unmöglich, den Nukleationsprozess separat zu erfassen. Deshalb mussten die Berechnungsergebnisse aus dem für OpenFOAM entwickelten Nukleationsmodell auf analytischem Weg validiert werden. Dabei wurde sowohl für den kritischen Keimdurchmesser als auch für die Nukleationsrate eine gute Übereinstimmung erzielt. Ebenso wie in den Experimenten wurde bei den CFD-Simulationen die Prekursorkonzentration variiert. Betrachtet wurden die Fälle, bei denen der Volumenstrom des Trägergases konstant bei 7 L/min N_2 gehalten und nur die Prekursorkonzentration verändert wurde. Es konnte gezeigt werden, dass der kritische Durchmesser bei steigender Prekursorkonzentration sinkt. Dadurch sinkt die zur Bildung stabiler Nuklei (Nukleationskeime) notwendige Energie, was mit einem Anstieg der Anzahl der im Reaktor gebildeten Nuklei und somit mit einer erhöhten Kollisionswahrscheinlichkeit der Nuklei untereinander verbunden ist.

Die im Rahmen der CFD-Simulationen ermittelten Größen wurden als Eingangsparameter an das Monte-Carlo-Simulationsverfahren übergeben. Die Monte-Carlo-Simulationen wurden am Lehrstuhl für Nanostrukturtechnik der Universität Duisburg-Essen durchgeführt. Die Kopplung der beiden unterschiedlichen Simulationsverfahren konnte erfolgreich umgesetzt werden.

Das Forschungsvorhaben 330 ZN der AiF-Forschungsvereinigung IUTA wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Thomas Zeiner
+49 (0)2065 418 131
zeiner@iuta.de

Dipl.-Ing. Till van der Zwaag
+49 (0)2065 418 131
vanderZwaag@iuta.de

4.1.4 Schnelldachweis mikrobieller Kontaminationen auf inhomogenen feuchten Oberflächen mittels Durchflussszytometrie und verflüssigbarer Probenahme-Matrix

Im Rahmen eines IGF-Forschungsvorhabens erarbeitet IUTA gemeinsam mit Partnerinstituten einen Schnelldachweis für mikrobielle Kontaminationen auf inhomogenen feuchten Oberflächen, wie sie nach Reinigungsprozessen häufig anzutreffen sind. Ziel ist es, eine analytische Auswertung gewonnenen Probenmaterials innerhalb weniger Minuten vor Ort durchführen zu können. Möglich wird dies mit dem Verfahren der Durchflussszytometrie und geeigneter Probennahmestrategien. Nach Anfärbung mit DNA-bindenden Lebend- und Tot-Farbstoffen ist sogar die Unterscheidung der Zellen nach ihrer Aktivität möglich. Derzeit etablierte Beprobungsverfahren, wie das klassische Ausplattieren von Verdünnungsreihen, weisen als wesentlichen Nachteil auf, dass Ergebnisse für die mit Steriltupfern und

-schwämmen gewonnenen Proben erst nach mehreren Tagen vorliegen.

Im Vordergrund der Arbeiten von IUTA steht die Probenahme von der Oberfläche, mit der vorhandene oder zu Spülzwecken aufgebraachte Fluide aufgenommen werden können. Um unterschiedlichen Flüssigkeitsmengen und Oberflächenstrukturen Rechnung zu tragen, erfolgt die Beprobung sowohl unmittelbar durch Absaugung als auch mittelbar durch Aufsaugen in eine kapillarwirksame Matrix.

Als Fortsetzung der im ersten Projektjahr aufgenommenen Arbeiten zur direkten Probenahme von Fluiden erfolgten jetzt solche mit gezielter Anschmutzung und Reinigung. Eingesetzt wurden dafür Fluoreszenzpartikel (Polystyrol-Latex, $d_{50} = 1 \mu\text{m}$), die sich unter dem Lichtmikroskop bei entsprechender Anregung leicht erkennen lassen. Durch Auszählen der nach der Beprobung auf der Fläche zurückbleibenden Fluoreszenzsignale gewinnt man ein Maß für die Effektivität einer durchgeführten Reinigung oder Probenahme. Für die Auswertung lassen sich bildgebende Verfahren anwenden. Die entwickelte computergestützte Bildauswerte-Strategie erlaubt es, die Resultate aller Versuche vergleichend zu bewerten.

Zusätzlich wurde die Effektivität verschiedener unterstützender Verfahren untersucht. Zur fluidunterstützten Beprobung wird beispielsweise eine geringe Spülwassermenge aus einer Zweistoffdüse aufgetragen. Anschmutzungen sollen so abgelöst werden und in der Fluidphase dispergiert vorliegen. Das Fluid kann dann abgesaugt und in einem Hydrozyklon aufgefangen werden. Geeignete Schutzsysteme verhindern dabei den Fluid- und Sprayaustag aus dem Probenahmeareal und die daraus resultierenden Minderbefunde.

Die in Bild 4-4 zusammengestellten Ergebnisse der Untersuchungen zu den Reinigungsmethoden zeigen, dass die reine Absaugung von vorhandenem Fluid nicht ausreicht. Leicht angetrocknete Restkontaminationen lassen sich damit nicht sicher aufnehmen (verbleibende Restkontamination: 20 bis 90 % der Ausgangskontamination). Bei der fluid-unterstützten Probenahme werden hohe Abnahmeraten erreicht (bis ca. 5 % Restkontamination entspr. 95 % Abnahmerate), wenn die kinetische Auftreff-Energie entsprechend hoch ist. Einflüsse durch die Materialbeschaffenheit an Metalloberflächen unterschiedlicher Rauheit, Glas und PTFE waren in nur geringem Maße zu beobachten.

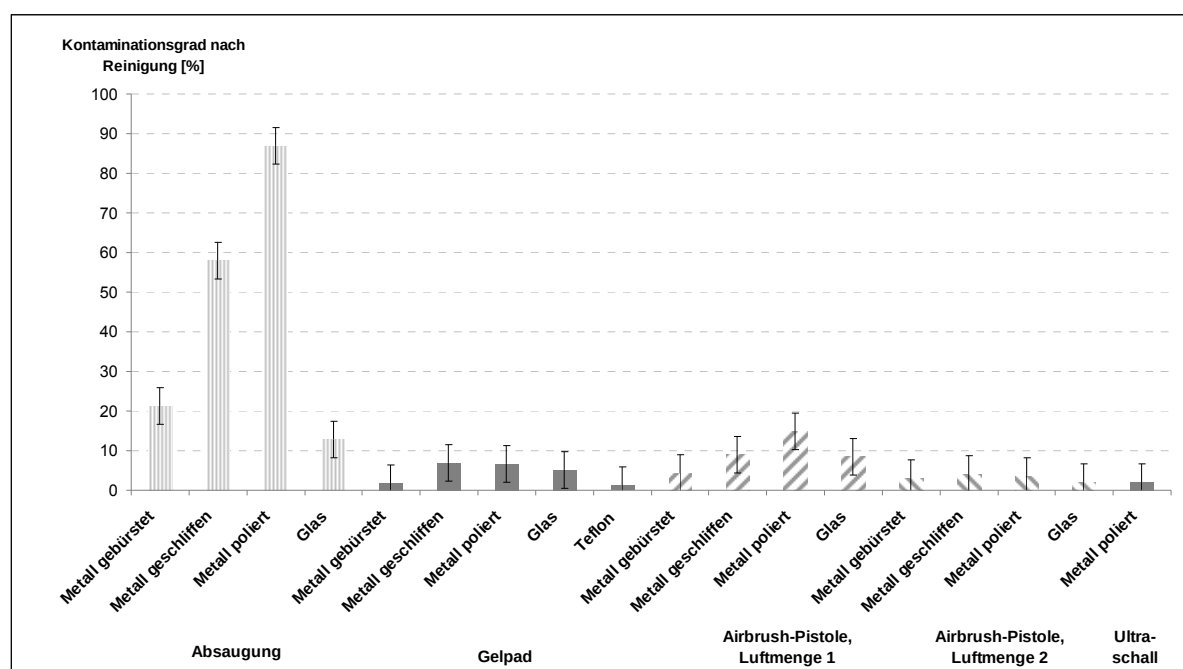


Bild 4-4: Vergleich unterschiedlicher Reinigungs-Kontrollmethoden auf verschiedenen Oberflächen

Beim Einsatz von Ultraschall bestätigen erste Ergebnisse die unterstützende Wirkung hinsichtlich der Partikelabnahme von der Oberfläche. Der Einsatz von Tensidlösungen zeigt ebenfalls die erwartete Verbesserung der Ablösung von Anschmutzungen aufgrund ihrer emulgierenden Wirkung. Untersuchungen des Partnerinstituts wfk haben allerdings ergeben, dass ihrem Einsatz eine starke Beeinträchtigung der mikrobiellen Aktivität des abgenommenen Probenmaterials entgegen steht, was in der Praxis einem unerwünschten analytischen Minderbefund der Aktivität in der Probe gegenüber der beprobten Fläche entspricht.

Beim Projektpartner DIL wurde weiter eine Probenahme-Schaummatrix entwickelt. Diese besitzen den Vorteil, dass sie durch Wärme- bzw. Enzymeinwirkung auflösbar und abfiltrierbar sind. Mit dieser neuen Methode der Probenahme durch Schaummatrices entfallen darüber hinaus die bekannten Inhomogenitäten bei der Anwendung bestehender Probenahmemethoden die z. B. durch unterschiedlichen Anpressdruck hervorgerufen werden.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen für Schaummaterialien bei einem Anpressdruck von 17 kPa eine sehr gute Abnahme von der Oberfläche (Restkontamination < 10 % nach Beprobung).

Wie die Projektergebnisse belegen, sind zeitnahe Analyseergebnisse erreichbar, mit denen eine kontaminationsfreie Produktion dokumentiert werden kann. Damit entfallen Kosten für die separate Zwischenlagerung von Produktchargen, die nach Probenahme bis zum Vorliegen der Analyseergebnisse erzeugt wurden und z. B. noch nicht für den Vertrieb freigegeben werden konnten. Die Wahrscheinlichkeit von Rückrufaktionen für bereits in Umlauf gebrachte Produkte sinkt durch die erhöhte Reproduzierbarkeit und höhere Genauigkeit der Probenahme und Analyse. Die erhöhte Genauigkeit bei der Beurteilung der mikrobiellen Kontamination von feuchten oder nassen Oberflächen kann

mittelfristig die konventionellen Abklatschproben ersetzen, so dass die neu entwickelte Methode die Kosten für Qualitätssicherung mindern kann.

Das Forschungsvorhaben 386 ZN der Forschungsvereinigung IUTA wurde über die AiF im Rahmen des ZUTECH-Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Achim Hugo
+49 (0)2065 418 257
hugo@iuta.de

4.1.5 Prozesstaugliche inline-Waschmittelanalytik mittels Raman-Spektroskopie

Das zweijährige IGF-Vorhaben 17156 befasst sich mit der Entwicklung einer Inline-Waschmittelanalytik auf Basis der Raman-Spektroskopie. Es soll untersucht werden, welche Potenziale die Raman-Spektroskopie zur quantitativen Inline-Waschmittelanalytik von CO₂-Gaswäschen bietet.

Zur Abtrennung von CO₂ kommt in erster Linie die chemische Absorption unter Verwendung aminhaltiger Waschmittel zum Einsatz. Solche Gaswäschen sollen im Rahmen des Post Combustion Capture (PCC) die heutige Rauchgasreinigung von fossil befeuerten Kraftwerken ergänzen und damit einen Beitrag zum Erreichen von Klimaschutzziele leisten.

Projektziel ist die Erstellung von Kalibrationsmodellen zur Beurteilung der Waschmittelqualität bei der CO₂-Wäsche für eine Auswahl an aminhaltigen Waschmitteln. Dabei wird

auch die für diese Applikation neue Kalibrationsstrategie des Indirect Hard Modelings (IHM) angewendet. Die Raman-Spektroskopie mit den entwickelten Kalibrationsmodellen soll schließlich unter typischen Betriebsbedingungen im Technikumsbetrieb ihre Einsatzfähigkeit hinsichtlich Robustheit und Nachweisgenauigkeit aufzeigen. Ihr Potenzial zur Optimierung der CO₂-Abscheidung und des Energiebedarfs der Technikumsanlage wird ermittelt.

Bislang existiert keine Analytik, die eine Inline-Überwachung der Waschmittelqualität bei der CO₂-Absorption und der Waschmittelregeneration ermöglicht. Der gewählte Ansatz über die Raman-Spektroskopie bietet Vorteile aufgrund der hohen Zuverlässigkeit und der ausreichenden Präzision des Analyseverfahrens sowie der optionalen Integration in das Prozessleitsystem eines Wäschers.

Die Projektarbeit wird durch die drei Forschungsstellen Institut für Energie- und Umwelttechnik (IUTA), den Lehrstuhl für Thermische Verfahrenstechnik der Universität Duisburg-Essen (TVT) sowie den Lehrstuhl für Technische Thermodynamik (LTT) der RWTH Aachen in enger fachlicher Zusammenarbeit durchgeführt.

IUTA betreibt eine Technikumsanlage zur simultanen Untersuchung von Absorptions- und Desorptionsvorgängen mit einem Waschmittelstrom von bis zu 2.000 kg/h. Beim Lehrstuhl TVT steht eine Gleichgewichtsapparatur für unterschiedliche Temperatur- und Druckbereiche für die Aufnahme von Raman-Spektren bei definierten thermodynamischen Zustandsgrößen zur Verfügung. Dem LTT obliegt es, die an der Labor- bzw. Technikumsanlage gemessenen Ramanspektren zu analysieren und eine entsprechende Kalibration mit dem Indirect Hard Modeling (IHM) Ansatz durchzuführen.

Im Berichtszeitraum standen die Raman-Messungen an der Gleichgewichtsapparatur des Lehrstuhls TVT sowie die Entwicklung

von Kalibrationsmodellen durch den Lehrstuhl TVT und LTT im Vordergrund. Die bei IUTA durchgeführten Arbeiten dienen der Unterstützung bei der Entwicklung der Kalibrationsmodelle sowie der Vorbereitung der Technikumsversuche.

Ausgehend von den Erfahrungen aus dem Betrieb der Technikumsanlage zur Absorption von CO₂ in verschiedenen aminhaltigen Waschmitteln konnten die Anforderungen an die Prozessanalytik mittels Raman-Spektroskopie soweit präzisiert werden, dass ein entsprechendes prozesstaugliches Raman-Spektrometer mit zwei Tauchsonden und weiterem Zubehör erworben und in Betrieb genommen werden konnte.

Das IGF-Vorhaben 17156 N der Forschungsvereinigung IUTA wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Monika Vogt
+49 (0)2065 418 175
vogt@iuta.de

Dipl.-Ing. Ralf Goldschmidt
+49 (0)2065 418 155
goldschmidt@iuta.de

4.2 Luftreinhaltung & Filtration

4.2.1 Zentrum für Filtrationsforschung und funktionalisierte Oberflächen in NRW - ZF³

Das im Jahr 2008 im Rahmen des Hightech-Wettbewerbs NRW prämierte und vom Land NRW sowie anteilig von der EU geförderte Forschungsprojekt „Zentrum für Filtrationsforschung und funktionalisierte Oberflächen in NRW (ZF³)“ ist zum 30. September 2012 ausgelaufen. Mit dem Ende des Förderzeitraums endet aber nicht das eigentliche Vorhaben, welches darauf abzielt, ein europaweit agierendes Zentrum für Filtrationsforschung und funktionalisierte Oberflächen zu etablieren.

Mit dem Projekt ZF³ verbindet sich der Ansatz, durch die Bündelung von FuE-Kompetenzen und Prüfeinrichtungen, die Basis für die Herstellung, Charakterisierung und Prüfung von Filtern mit neuartigen Eigenschaften zu legen. Hierzu war es notwendig, die erforderlichen grundlagen- und anwendungsorientierten Technologiefelder: oberflächenorientierte Materialwissenschaft, Nanotechnologie, Verfahrenstechnik, Technologie von Filtermaterialien sowie Filterkonstruktion und -prüfung zu vernetzen.

Wie und in welchem Umfang das gelungen ist, darüber haben Wissenschaftler, aber auch die Kooperationspartner aus der Industrie im Rahmen des 4. Filtrationstags am 8. November 2012 berichtet, einer jährlich wiederkehrenden Veranstaltung, die sich mittlerweile in Wirtschaft und Forschung etabliert hat und auch 2013 ihre Fortsetzung am IUTA finden wird. Mit dieser Veranstaltung verstetigt IUTA den Technologietransfer, da Unternehmen von der geschaffenen Infrastruktur und den Entwicklungen aktuell bereits aktiv profitieren.

So standen im Jahr 2012 neueste Entwicklungen auf Seiten der Messtechnik und der Versuchsanlagen sowie die damit erzielten

Forschungsergebnisse im Fokus der Veranstaltung. Vertreter aus Industrie und IUTA berichteten im Verbund mit den Projektpartnern u. a. über wegweisende Erkenntnisse zu neuen Trends auf dem Gebiet der Adsorption, der Funktionalisierung textiler Medien sowie zur Bedeutung der Partikelfiltration in der chemischen Industrie.

Filtrationsprozesse besitzen für eine Vielzahl von Anwendungen in der Industrie eine zunehmende Bedeutung, z. B.:

- in persönlicher Schutzausrüstung für Haut und Atmung,
- zur Schaffung einer gesunden und sicheren Arbeitsumgebung und Umwelt sowie
- zum Schutz industrieller Prozesse.

Insbesondere bei der Übertragung neuer Produkte vom Labor zur Anwendung sind realitätsnahe und belastbare Leistungsparameter notwendig. So können mit den errichteten Versuchsanlagen u. a. folgende Leistungsparameter quantifiziert werden:

- Eigenschaften Druckverlust und Abscheidegrad von Filtern für die Druckluftaufbereitung auch bei großen Volumenströmen;
- Kapazität von Adsorbern für toxische Gase unter realistischen Bedingungen;
- Querempfindlichkeit der adsorptiven Eigenschaften gegenüber Störgasen in geringsten Konzentrationen (für industrielle Prozesse mit höchsten Reinheitsanforderungen wie z. B. der Prozessorenfertigung);
- Zuverlässigkeit von persönlicher Schutzausrüstung.

Für die Industrie ergeben sich deutliche Wettbewerbsvorteile durch:

- Zugang zu einem einzigartigen Entwicklungszentrum mit neuartigen Versuchsanlagen;

- Kontakt zu Experten am IUTA, am DTNW und an der Universität Duisburg-Essen;
- Einbindung neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse in die universitäre Lehre zur Verbesserung der Ausbildung ihrer zukünftigen Mitarbeiter;
- Untersuchung und Quantifizierung der Detailvorgänge insbesondere bei komplexen Prozessen zur verbesserten und schnelleren Produktentwicklung.

Ein besonders wichtiges Stichwort ist in diesem Kontext das Thema „Nachhaltigkeit“. Gerade die auf dem Gebiet der Luftreinhaltung aktiven Unternehmen (z. B. die Hersteller von Gas- und Partikelfiltern) stehen dabei vor der Herausforderung, Produkte mit hoher Abscheideleistung und damit verbunden möglichst geringem Energie- und Ressourcenverbrauch anzubieten.

Fazit:

Nach rund drei Jahren Projektlaufzeit hat sich das Zentrum für Filtrationsforschung und funktionalisierte Oberflächen in NRW - ZF³ erfolgreich etabliert.

Der potenzielle industrielle Nutzerkreis der Ergebnisse der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit der Projektpartner, verankert im Industriebeirat, ist von ursprünglich 25 auf nunmehr 37 aktiv mitwirkende Unternehmensrepräsentanten von Filterherstellern, Textilveredlern, Nano-Partikel-Produzenten, Adsorbens- und Katalysator-Herstellern sowie Anwendern filtertechnischer Produkte deutlich angewachsen.

Meilensteine/Highlights - ZF³

Teilbereich 1: Entfernung von hochtoxischen Komponenten aus Gasen

Die Adsorption von hochtoxischen Systemen wird derzeit nur an einigen wehrwissenschaftlichen Institutionen untersucht, die sich

auf Kampfstoffe spezialisiert haben und nur sehr spezielle Durchbruchsexperimente mit hohen Toxin-Konzentrationen, vor allem für Gasmasken und Schutzanzüge, durchführen. Als Adsorbentien kommen bei diesen Anwendungen Aktivkohlen, häufig mit anorganischen Imprägnierungen versehen, zum Einsatz.

Hochtoxische Substanzen treten aber ebenfalls in vielen zivilen Anwendungsfeldern auf, z. B. als Zwischenprodukte der chemischen Industrie (z. B. HCN, COCl₂) oder in Konsumenten nahen Produkten (z. B. HCN in Mandeln, Zigarettenrauch). Daher ist insbesondere die systematische Vermessung der Adsorption von Toxinen in niedrigen Konzentrationsbereichen ebenfalls von breitem Interesse. Vor diesem Hintergrund adressiert der Themenkomplex 1 des Projekts ZF³ folgende Themen:

- Aufbau von Anlagen zur Untersuchung der Adsorptionseigenschaften im unteren Konzentrationsbereich
- Entwicklung neuer hochselektiver (Konzentrations-/Charakterisierungs-) Messtechnik
- Vermessung der Toxin-Adsorption im unteren ppm- und ppb-Bereich
- Entwicklung neuer Adsorptionssysteme auf Basis reaktiver Nanopartikel
- Entwicklung neuer Adsorptionssysteme auf Basis textiler Matrices

Während sich die beteiligten Projektpartner DTNW und IVG auf die Herstellung der neuen Adsorbentien und die TVT auf die Charakterisierung der Adsorbentien sowie die Entfernung von Schwefel-Toxinen fokussieren, befasst sich IUTA vor allem mit dem Aufbau einer neuen Versuchsanlage und der (Weiter-) Entwicklung der ppb-Konzentrationsmesstechnik.

Mit dieser neuen Versuchsanlage können Durchbruchkurven von Filtern, Schüttungen, Schäumen und Kanistern (Schutzmasken) gegenüber einer Vielzahl von Gasen und

Dämpfen, erstmalig auch gegenüber hoch-toxischen Substanzen im Spurenkonzentrationsbereich, online gemessen werden.

Teilbereich 2: Filtration von Flüssigaerosolen

Im Themenbereich „Filtration von Flüssigaerosolen“ werden im Wesentlichen zwei Aspekte beleuchtet: Die Funktionalisierung von Filtermedien für die Druckluftfiltration und der Nachweis der Verbesserung der Filtrationseigenschaften bei großen Filterelementen mit hohen Volumenströmen.

Im Rahmen des Projektes wurden zunächst grundlegende Untersuchungen, die Hinweise auf Optimierungspotenziale liefern, durchgeführt.

Die Untersuchungen zeigen, dass sich ursprünglich deutlich unterschiedlich verhaltende Filter durch die Einlagerung von Öltröpfchen in ihrer Qualität angleichen. Das „gute Medium“ wird schlechter und das „schlechte Medium“ durch die Flüssigkeits-einlagerung besser. Dies gibt Anlass zu der Vermutung, dass der gemessene Abscheidegrad der Medien von der eingelagerten Flüssigkeitsmenge bestimmt ist und diese den Beitrag der einzelnen Fasern aufhebt. Durch das Hinzufügen einer weiteren Filterschicht, der sogenannten Drainageschicht, wird der ursprüngliche Abscheidegrad wieder reaktiviert und sogar verbessert.

Das Ziel weiterer Arbeiten ist es, diesen Phänomenen noch weiter auf den Grund zu gehen und aus dem somit verbesserten Verständnis der Filtrationsvorgänge effizientere Druckluftfilter entwickeln zu können.

IUTA betreibt seit Jahren Druckluftfilterprüfstände, deren Volumenströme auf 50 m³/h begrenzt sind. Um auch die spezifischen Bedingungen an Großanlagen abbilden zu können, wurde im Rahmen von ZF³ - erstmalig an einer Forschungseinrichtung in Europa - eine Versuchsanlage für Druckluftfilter mit Volumenströmen bis zu 3.000 m³/h aufgebaut.

Mit dieser Anlage kann die Forschung auf dem Gebiet energieeffizienter Filterelemente unter praxisrelevanten Bedingungen vorangetrieben werden.

Teilbereich 3: Partikelabscheidung an funktionalisierten Faserfiltern

Aufgabe dieses Teilprojektes ist die gezielte Erarbeitung und Optimierung von Verfahren, mit denen Oberflächen von Fasermedien mit zusätzlichen Funktionen versehen werden können. Umgesetzt wird dies in enger Kooperation mit dem DTNW, welches sich auf die Funktionalisierung fokussiert, während IUTA die Leistungstests und den Vergleich mit kommerziell verfügbaren Medien und Filtern durchführt. Es wurden insbesondere die Veränderung der elektrostatischen Eigenschaften nach der Funktionalisierung und der Einfluss einer Nanofaserschicht untersucht.

Innerhalb des Themenkomplexes 3 beschäftigt sich ein Teilprojekt mit verschiedenen Aspekten der Messtechnik. Bei der Leistungsbewertung der funktionalisierten Filtermedien besteht die Notwendigkeit, in sehr unterschiedlichen Konzentrationsbereichen zu messen. Gleichzeitig ergeben sich aufgrund zunehmender Verfügbarkeit und industrieller Anwendung von Nanopartikeln Schwerpunkte hinsichtlich der messtechnischen Erfassung sehr kleiner Partikel sowie auch der Unterscheidung von agglomerierten oder faserförmigen Partikeln, beispielsweise von carbon nano tubes (CNT). Mit Hilfe des hochauflösenden Aerosolmassenspektrometers (AMS) ist es erstmalig gelungen, eine Identifizierung dieser nanoskaligen Partikelspecies vorzunehmen. So ermöglicht die Kombination von Partikelflugzeit- und Massenspektrumsanalyse die Identifizierung spezifischer Komponenten des CNT-Aerosols.

Ein weiterer innovativer Ansatz zur Analyse der Abscheideeffizienz ist die Verwendung von fluoreszierenden Partikeln als Tracer. Hier

wurde erfolgreich eine laserbasierte optische Partikelmessstechnik entwickelt, um die Praxistauglichkeit der Filter auch vor Ort prüfen zu können.

Ein weiteres Teilprojekt beschäftigt sich mit unterschiedlichen Aspekten der Modellierung der Filtration. So erfolgte eine modelltechnische Charakterisierung und Bewertung der entwickelten Filtermedien. Ziel ist eine effektive Vorhersage des Trenngrades sowohl beim Medium wie auch beim plissierten Filter, wobei der Einfluss von Inhomogenitäten des Mediums berücksichtigt werden soll.

ZF³ initiierte, zukünftige Forschung

Ein zukunftsgerichteter Ansatz, den ZF³ verfolgt, ist die Entwicklung neuartiger Hybrid-Filtermedien mit multifunktionellem Charakter, beispielsweise in der bekannten Kombination von Adsorption & mechanischer Filtration oder Adsorption & Katalyse & mechanischer Filtration. In diesem Zusammenhang wird auch die Integration einer online-Sensorik zur Beladungskontrolle sowie die sensorgesteuerte Reinigung und Dekontamination von Filteroberflächen im Fokus zukünftiger Arbeiten stehen.

Die Nachhaltigkeit von Produkten, oder „Sustainability durch Multifunktionalität“, charakterisiert ein weiteres, zukünftig wichtiger werdendes Forschungsfeld. Damit verbunden ist insbesondere die Einsparung von

- Energie durch reduzierten Druckverlust,
- Ressourcen durch geringeren Materialeinsatz

bei gleichzeitigen Vorteilen für die Verfügbarkeit und Standzeit

- durch Cleaning on demand.

Traditionelle Entwicklungsziele wie:

- Hohe Beladungskapazität
- hohe Leistung (Filtrationseffizienz, geringer Druckverlust, geringe Lärmemissionen,...)

- geringer Energieverbrauch / Energieeffizienz
- geringer Ressourcenverbrauch und
- geringer Preis,

werden durch das Nachhaltigkeitskriterium ergänzt. Über den optimalen Filter hinaus müssen die Interaktionen mit der Umwelt auch über die aktive Lebenszeit des Filters hinaus minimiert werden. Methodisch bedeutet dies die Etablierung eines integralen Ansatzes zur Analyse aller relevanter Stoff- und Energietransferprozesse beginnend mit der Ausbeutung von Ressourcen bis hin zur Entsorgung von Produkten, Verwertung von Reststoffen unter Einbezug sozialer Aspekte (Life Cycle Analysis).

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Stefan Haep
+49 (0)2065 418 204
haep@iuta.de

Dr.-Ing. Siegfried Opiolka
+49 (0)2065 418 255
opiolka@iuta.de

Das Projekt wird gefördert durch:



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

Ministerium für Innovation,
Wissenschaft und Forschung
des Landes Nordrhein-Westfalen



Teilbereich 1: Entfernung von hochtoxischen Komponenten aus Gasen

Inbetriebnahme eines Adsorptionsfilterprüfstandes

2012 wurde die Infrastruktur des Adsorptionsfilterprüfstandes durch eine energieeffiziente Be- und Entlüftungsanlage (Bild 4-5) ergänzt, um in den einzelnen Sicherheitszonen einen separaten Luftwechsel zu gewährleisten.

Zur Überwachung gasförmiger Filterdurchbrüche im ppb-Bereich konnte das Online-PTR-MS (Massenspektrometer-System) an den neuartigen Adsorptionsfilterprüfstand angeschlossen werden (Bild 4-6).

Ebenfalls wurde die im ZF³-Projekt geplante Abgasbehandlungsanlage mit dem Prüfstand verbunden. Die Abgasbehandlungsanlage setzt sich aus einer elektrothermischen Nachverbrennung (ETNV) und einem nachgeschalteten Wäscher zusammen (Bild 4-7). Die in der thermischen Nachverbrennung entstehenden teilweise sauren Gase werden von dem nachgeschalteten alkalischen Wäscher neutralisiert, bevor dann das verbleibende Abgas über das Hallendach ins Freie geleitet wird.

Nach erfolgreicher Inbetriebnahme des Adsorptionsfilterprüfstandes (Bild 4-8) wurden folgende Betriebsparameter validiert:

Trägergasstrom (Luft oder Stickstoff):

- Volumenstrom: 1 bis 25 m³/h
- Temperatur: 10 bis 50 °C
- Relative Feuchte: 5 bis 90 %

Messparameter:

- Filtermessung: 10 bis 50 °C
- Dekontamination: bis 250 °C

Es wurden Durchbruchkurven von Filtern, Schüttungen und Gasmasken gegenüber einer Vielzahl von Gasen und Dämpfen gemessen und im Rahmen des 4. Filtrationstags am 08. November 2012 im IUTA offiziell vorgestellt.

Ansprechpartner:

Prof. Dr.-Ing. Dieter Bathen
+49 (0)2065 418 207
bathen@iuta.de

Dipl.-Chem. Hartmut Finger
+49 (0)2065 418 410
finger@iuta.de



Bild 4-5: Be- und Entlüftungsanlage



Bild 4-7: ETNV mit alkalischem Wäscher



Bild 4-6: Adsorptionsprüfstand mit PTR-MS-System



Bild 4-8: Adsorptionsfilterprüfstand

Messung toxischer Substanzen im ppb-Bereich

Im Rahmen des ZF³-Projektes wurden Filterdurchbrüche von TIC/TIM (Toxische Industriematerialien/-Chemikalien) bestimmt. Die Konzentrationen wurden mit einem online-Protonen-Transfer-Reaktions-Massenspektrometer (online-PTR-MS) gemessen.

Die Kopplung (Bild 4-9) von zwei online-PTR-MS und einer Gaskalibriereinheit mit Verdünnungssystem (GCU) ermöglicht eine quantitative Online-Messung der Einzelgase, Gasgemische und der Flüssigkeitsdämpfe im Konzentrationsbereich von 10 ppb bis 1000 ppm bei unterschiedlichen relativen Feuchten.

Die modular aufgebaute Prüfkammer (Bild 4-10) ist zum Test von Flachfiltermedien, Schüttungen oder Atemschutzmasken geeignet.

Die *Atemschutzmasken*-Tests mit Benzol in einer Matrix aus Chlorbenzol und Toluol haben gezeigt, dass der o. g. Adsorptionsfilterprüfstand mit dem gekoppelten PTR-MS-System geeignet ist, zeitlich sich ändernde Konzentrationsverläufe im Rohgas (ppm-Bereich) und im Reingas (ppb-Bereich) online zu verfolgen.

Neben Leistungstests an Gasmasken wurden auch *Flachfiltermedien* untersucht. Die Medientests erfolgten in einem Rohrreaktor bspw. mit Cyclodextrin- oder Zinkrizinooleat-funktionalisierten Medien (Bild 4-11). Adsorptionstests mit 5 ppm Toluol zeigten eine nur geringe Aufnahmekapazität.

Entsprechende Messungen des Durchbruchs an *Schüttungen* sind Grundlage für die Dimensionierung von Filtersystemen. Entsprechende Untersuchungen konnten auch für Dämpfe höher siedender Flüssigkeiten mit niedrigen Durchbruchkonzentrationen durchgeführt werden. Aus der Durchbruchkurve lässt sich der zeitliche Anstieg der adsorbierten Masse ableiten.

Die Kombination von Beladungsversuch und online-Messtechnik erlaubt schnelle Aussagen zum Durchbruchverhalten von toxischen Gasen und zur Bestimmung der Adsorptionskapazität bis hin in den Spurenkonzentrationsbereich (ppm-ppb) an realen Filtermaterialien.

Ansprechpartner:

Dipl.-Chem. Hartmut Finger
+49 (0)2065 418 410
finger@iuta.de

Ute Schneiderwind
+49 (0)2065 418 406
schneiderwind@iuta.de

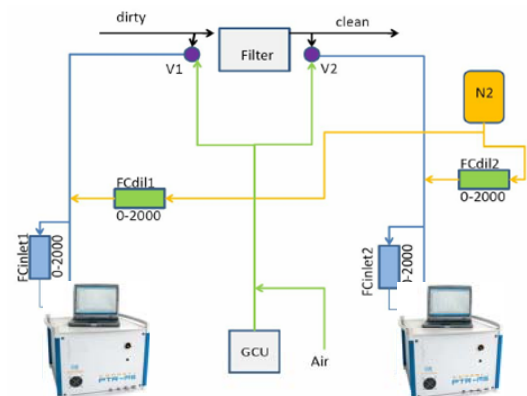


Bild 4-9: PTR-MS-System

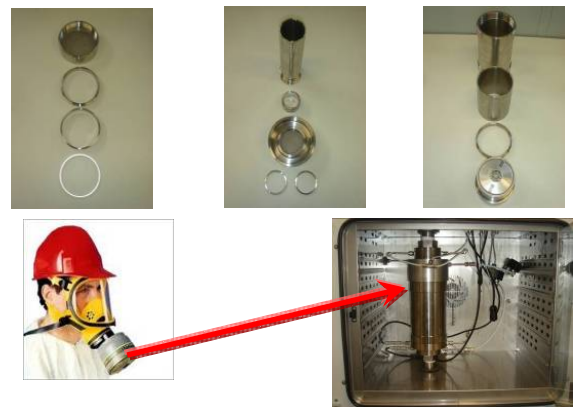


Bild 4-10: Modular aufgebaute Prüfkammer

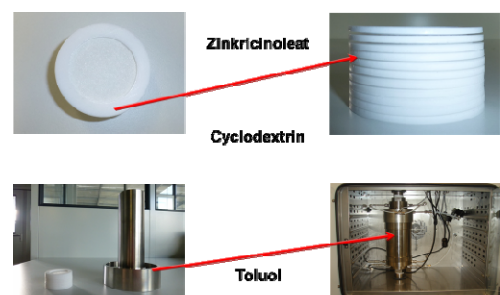


Bild 4-11: Anordnung der Flachfiltermedien

Sensor zur Messung von Filterdurchbrüchen hochtoxischer Substanzen

Zur Bewertung von Filterdurchbrüchen toxischer Gase im ppb-Bereich konnte in 2012 ein gegenüber dem Vorgängermodell verbesserter Sensor-Typ (II) in Betrieb genommen werden (Bild 4-12). Im Vergleich zum Sensor-typ (I) erweitert der Typ (II) die Identifizierung unbekannter Substanzen, da das zusätzlich integrierte Ionenmobilitätsspektrometer die Anzahl der Sensorsignale von 4 auf 8 Kanäle verdoppelt (vgl. Bild 4-13, Bildteil a). Am Beispiel von 5 ppm Blausäure ergibt sich das Signalbild („Pattern“, Bildteil b), das in die Datenbank übertragen werden kann. In Verbindung mit den „IMS-Spectra“ für 5 ppm Blausäure (dargestellt in Bildteil c) wird die Bibliothek des Ionenmobilitätsspektrometers erweitert. Dies erleichtert die Identifizierung und Quantifizierung unbekannter Stoffe auch bei unterschiedlichen Konzentrationen.

Zum Test des Signalverhaltens bei niedrigen Konzentrationen dienen Vergleichsmessungen am neuen ZF³-Adsorptionsfilterprüfstand. Die Gasphasenkonzentrationen der toxischen Gase werden mit dem online-Massenspektrometer-System (online-PTR-

MS) bestimmt und mit dem Sensorprototyp (II) verglichen.

Diese simultanen Messungen erlauben eine Kalibrierung der Sensorsignale. Somit konnte nachgewiesen werden, dass der Sensorprototyp (II) Konzentrationserhöhungen bereits im unteren ppb-Bereich auflösen kann.

Ansprechpartner:

Dipl.-Chem. Hartmut Finger
+49 (0)2065 418 410
finger@iuta.de

Ute Schneiderwind
+49 (0)2065 418 406
schneiderwind@iuta.de

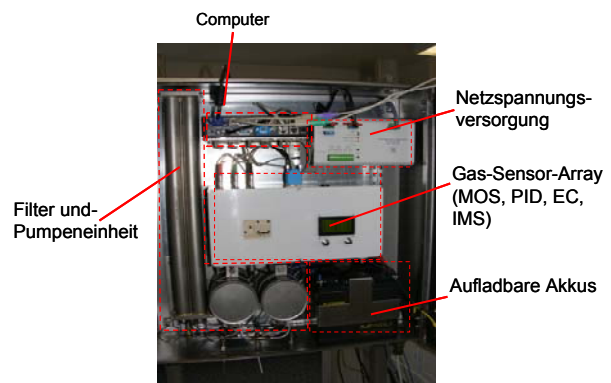
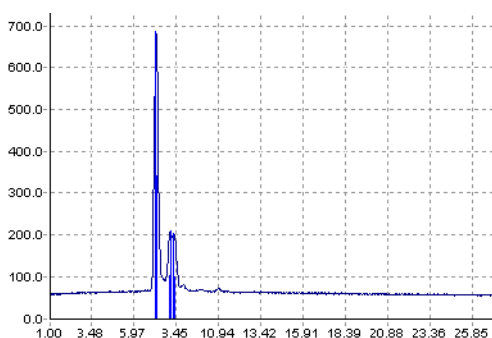
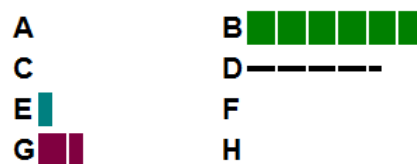


Bild 4-12: Aufbau Sensorprototyp (II)
MOS: Metalloxidsensor; PID: Photoionisationsdetektor; EC: Elektrochemische Zelle; IMS: Ionenmobilitätsspektrometer

CHANNEL	SENSOR	CHARACTERISTIC SUBSTANCES:
A	IMS	Ammonia
B	IMS	Inorganic sour gases, small chlorinated molecules
C	IMS	Polar substances, electropositive
D	IMS	Polar substances, electronegative
E, F	MOS	Substances oxidized on the hot surface
G	ECS	Substances dissociating in the ECS, e.g. Phosgene
H	PID	Aromatic, unsaturated hydrocarbons

a)

b)



c)

d)

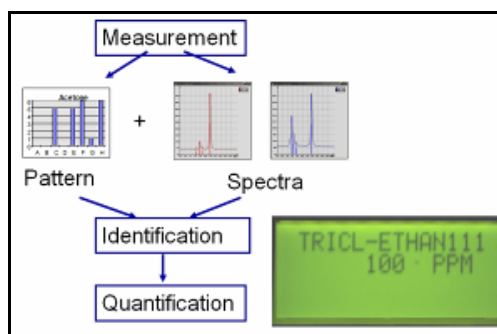


Bild 4-13: Signalverarbeitung des neu entwickelten Sensortyps:
a): Verwendete Detektoren und zugehörige Signaltypen
b): Mittels Sensoren aufgezeichnetes „Pattern“ für Tests substanz Blausäure
c): Sensor-Typ (II) „Spectra“ für Blausäure (aufgetragen: Signalintensität gegen Retentionszeit)
d): Schematischer Gesamtablauf einer Quantifizierung mittels IMS

Teilbereich 2: Filtration von Flüssig-aerosolen

Funktionalisierung von Filtermedien

In den Jahren 2010 und 2011 wurden Basisuntersuchungen zu den Filtrationsvorgängen in einem Druckluftfilter durchgeführt und deren Ergebnisse dargestellt. Darauf aufbauend standen verschiedenen Möglichkeiten der Funktionalisierung der Faseroberflächen zur Verfügung.

Bild 4-14 zeigt beispielhaft die Abströmseite eines funktionalisierten Nadelfilzes (extrem oleophobisiert). Man erkennt das Zusammenfließen des Öls zu Tropfen was zu einer lokalen Konzentration des Öles führt und eine Absenkung des Druckverlustes um ca. 3 % zur Folge hat.

Die zugehörigen Messungen der Filtrationseigenschaften nach Funktionalisierung zeigten also positive Tendenz; allerdings konnten nur Verbesserungen im einstelligen Prozentbereich erzielt werden. Aus diesem Grunde wurde schließlich ein anderes neuartiges Filtermedium (Multi Mono Gewebe) als Drainagemedium für die Filtration von Flüssig-aerosolen ausgewählt und untersucht. Es zeigte sich, dass sich im Fall der senkrecht angeordneten Multifaser (Bild 4-15) ein besseres Drainageverhalten einstellt. Im Vergleich zum unfunktionalisierten Nadelfilz wurde eine Absenkung des Druckverlustes um 10 % erreicht. Auf dieser Basis wurde weitergearbeitet und die Auswirkungen gezielter Modifikationen solcher Multi Mono Gewebe bewertet.

Die Funktionalisierung erfolgte im Rahmen des Forschungsprojektes am DTNW (Deutsches Textilforschungsinstitut Nord West,

Krefeld), die Bewertung der jeweiligen Maßnahmen am IUTA. In Bild 4-16 sind einige Ergebnisse dargestellt. Man erkennt, dass zwar nicht jede Modifikation an den Multi-Mono-Geweben den erwünschten Erfolg zeigte, aber dennoch Fortschritte erzielt werden konnten. So konnte durch die Funktionalisierung mit einem Sol-Gel-Verfahren der Druckverlust nochmals um einige Prozentpunkte gesenkt werden, was mit einer Senkung der Betriebskosten verbunden ist.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Wolfgang Mölter-Siemens
+49 (0)2065 418 400
moelter@iuta.de



Bild 4-14: Tropfenbildung an der Abströmseite des phobisierten Nadelfilzes

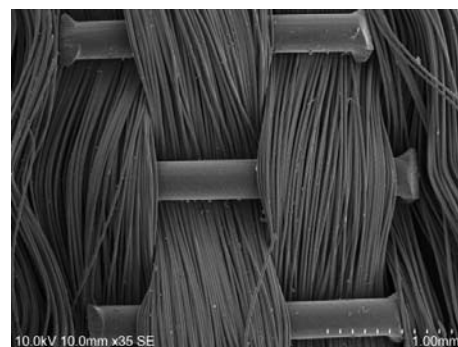


Bild 4-15: Elektronenmikroskopische Aufnahme des Multi-Mono-Gewebes

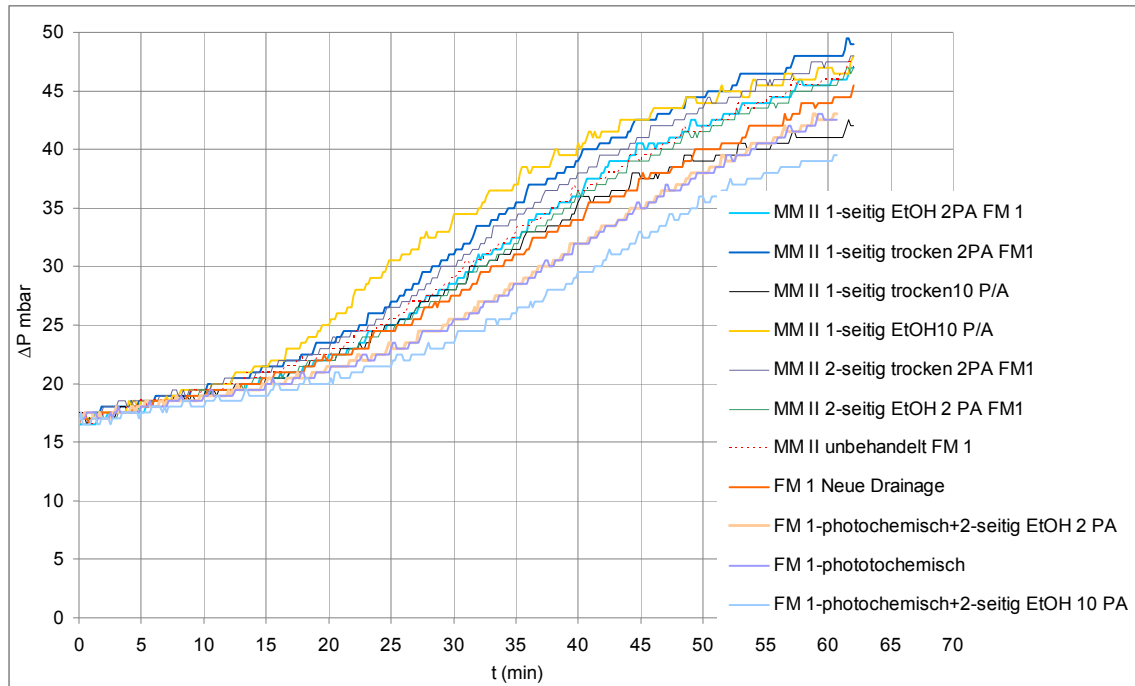


Bild 4-16: Druckverlustkurven mit dem Multi-Mono-Gewebe als Drainagemedium bei unterschiedlicher Funktionalisierung

Druckluftfilterprüfstand für große Volumenströme

In Abhängigkeit von der Größe des zu behandelnden Druckluft-Volumenstroms sind Druckluftfilter in deutlich verschiedenen Baugrößen auf dem Markt erhältlich. Typische Volumenströme liegen zwischen wenigen Nm^3/h bis über $3.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$. Leistungstests für niedrige Volumenströme sind seit Jahren etabliert; für hohe Volumenströme sind solche Tests aus technischen Gründen nicht ohne Weiteres möglich. Um trotzdem eine Bewertung bzw. die Zuordnung zur Filtrationsaufgabe zu ermöglichen, gehen die Anwender davon aus, dass die Filtrationseigenschaften, die an den kleinen Druckluftfiltern gemessen werden, auf größere Filter gleicher Bauart übertragbar sind. Allerdings steht der Nachweis der Übertragbarkeit noch aus.

Um sich einer Antwort auf diese Frage zu nähern, wurde ein neuartiger Prüfstand konzipiert, der für den Test von Druckluftfiltern bei 8 bar und für Volumenströme bis zu $3.000 \text{ m}^3/\text{h}$ ausgelegt ist. Bei dem Entwurf und für die Realisierung der Anlage spielte der energetische Aspekt eine wesentliche Rolle.

Wollte man einen Luftvolumenstrom von ca. $3.000 \text{ m}^3/\text{h}$ von 1 bar (a) auf 8 bar (a) verdichten, so müsste ständig eine elektrische Leistung von ca. 360 kW aufgebracht werden. Um dies zu umgehen, wurde ein neues Konzept der Strömungsführung entwickelt, indem die offene Strömungsführung durch die Strömungsführung in einem nahezu geschlossenen Kreislauf ersetzt worden ist. Das Kreislaufkonzept reduziert die benötigte elektrische Leistung im genannten Beispiel auf ca. 30 kW.

Das Ziel der Untersuchung kann über die theoretischen Hintergründe des Filtrationsvorganges an Druckluftfiltern deutlich gemacht werden. Im Falle einer konstanten rohgasseitigen Tröpfchenzufuhr zum Druckluftfilter wird sich nach einer gewissen Zeit ein stationärer Zustand einstellen. Dieser zeichnet sich dadurch aus, dass das Filtermedium mit einer bestimmten konstanten Masse gesättigt ist und der gesamte zugeführte Massestrom als Drainagemassenstrom in das Druckluftfiltergehäuse abtropft (die Masse der Tröpfchen, die das Filter penetrieren, kann bei dieser Massenbilanz normalerweise vernachlässigt werden). Die in diesem gesättigten Zustand

im Filtermedium vorhandene Flüssigkeitsmasse bestimmt neben anderen Filter-Parametern die Filtrationseigenschaften. Daraus lässt sich mathematisch ableiten, dass eine gewisse Abhängigkeit der Filtrationseigenschaften von der Bauhöhe, bei sonst gleicher Bauart, zu erwarten ist.

Mit dem neuen Filterprüfstand für Druckluftfilter können für hohe Volumenströme vergleichende Messungen durchgeführt werden. Der Vergleich der Filtrationseigenschaften muss dabei unter filtrationstechnisch gleichen Bedingung erfolgen. Dies wird dadurch erreicht, dass die Filter bei gleicher Filteranströmgeschwindigkeit vermessen werden. Diese Forderung wird - gemäß Filterhersteller - beim Betrieb mit Nennvolumenstrom erfüllt.

Für die Untersuchungen standen zwei Sätze von Druckluftfiltern ähnlicher Bauart zur Verfügung. Die Sätze bestanden jeweils aus drei Filtern unterschiedlicher Größe mit zugehörigem Gehäuse. Die weiteren technischen Daten wie z. B. verarbeitete Filter- und Drainagemedien, Aufbau der Schichten, Stützgitter und mechanische Komponenten waren jeweils gleich bzw. ähnlich. Die wesentlichen technischen Daten dazu sind in Tabelle 4.1 aufgelistet.

Die Filter konnten bei der Untersuchung aus technischen Gründen nicht durchweg mit der gleichen Tröpfchen-Massenkonzentration im Testaerosol beaufschlagt werden, vgl. die Zeilen zu Aerosolkonzentrationen in Tabelle 4.1. Alternativ wurde daher der Massenstrom des zur Beaufschlagung verwendeten Aerosolgenerators konstant gehalten.

Um trotzdem den Vergleich der sich mit zunehmender Masse ändernden Filtrationseigenschaften vorzunehmen, ist auf der Abszisse (Bild 4-17 und Bild 4-18) nicht die Beladungszeit, sondern die kumulierte spezifische Flächenbelastung aufgetragen, also die Tröpfchenmasse, die mit fortschreitender Untersuchungsdauer dem Filter mit Filterfläche A pro Filterflächeneinheit zuge-

führt wurde. Die Bestimmung dieser Masse erfolgte über die Wägung der Filterpatrone vor und nach dem Versuch und über die Wägung der in das Filtergehäuse abgetropften Flüssigkeitsmasse. Unter der Voraussetzung eines relativ geringen Massenausstrags aus dem Filter (also einer geringen Reingas-konzentration) ist diese Vorgehensweise zur Ermittlung der eingetragenen Tröpfchenmasse hinreichend genau.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Bild 4-17 und Bild 4-18 dargestellt. Bild 4-17 zeigt die Verläufe der Filtrationseigenschaft Druckverlust für die drei Filter aus dem Druckluftfiltersatz 1. Man erkennt den nahezu gleichen Verlauf der Kurven für die Filter 2 und 3 (mittlerer und großer Nennvolumenstrom bei mittlerer und kleiner Aerosolkonzentration) und den deutlich darüber liegenden Verlauf für Filter 1 (kleiner Nennvolumenstrom bei relativ hoher Aerosolkonzentration), wobei alle drei Kurven einen ähnlichen Verlauf aufzeigen und sich durch einen Wendepunkt auszeichnen. Der gemessene Druckverlust zu Beginn der Messung ist nahezu gleich. Das ist ein Beleg für die gleiche Anströmgeschwindigkeit bei Belastung mit dem jeweiligen Nennvolumenstrom.

Tabelle 4.1: Technische Daten der untersuchten Druckluftfiltersätze sowie Aerosol-Messenkonzentration während der durchgeführten Untersuchungen

Filtersatz 1 Filter-Nr.	1	2	3
Bauhöhe [cm]	7	20,5	34,5
Durchmesser [cm]	7,5	7,5	9,5
Nennvolumenstrom [m³ i.N./h bei 7 bar]	50	370	770
Aerosolkonzentration [mg/m³ i.N.]	430	77	38
Filtersatz 2 Filter-Nr.	1	2	3
Bauhöhe [cm]	11	18	40
Durchmesser [cm]	4,8	6,6	9
Nennvolumenstrom [m³ i.N./h bei 7 bar]	120	320	1100
Aerosolkonzentration [mg/m³ i.N.]	80	30	10

Der ähnliche Verlauf der Druckverlustkurven untermauert auch messtechnisch, dass es sich bei diesem Filtersatz um Filter mit gleichem prinzipiellen Aufbau handelt. Die Kurven zu den Filtern 2 und 3 sind nahezu deckungsgleich; lediglich im Bereich des Wendepunktes und im Bereich des oberen Endes der Kurven sind kleine Unterschiede zu erkennen. Die Kurve zum Filter 1 liegt deutlich oberhalb der beiden anderen. Dies liegt an der sehr hohen Aerosolkonzentration im Vergleich zu den Versuchen mit den Filtern 2 und 3.

Bei Filter 1 muss somit deutlich mehr Flüssigkeit durch die Filtermedien transportiert werden als bei den Filtern 2 und 3. Dies ist die Ursache für den steileren Kurvenverlauf, allerdings bei vergleichbarer Kurvenform.

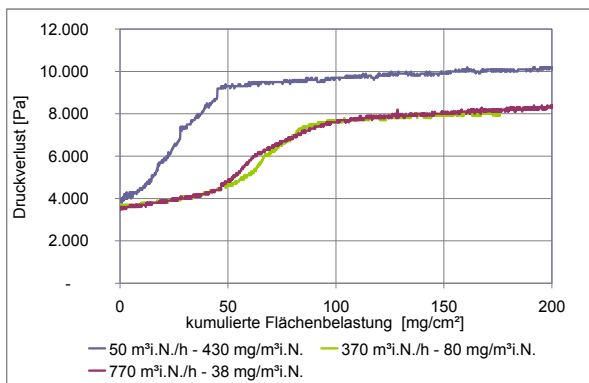


Bild 4-17: Filtersatz 1: Druckverlust vs Filterbelastung bei unterschiedlichen Volumenströmen und Tröpfchenkonzentrationen

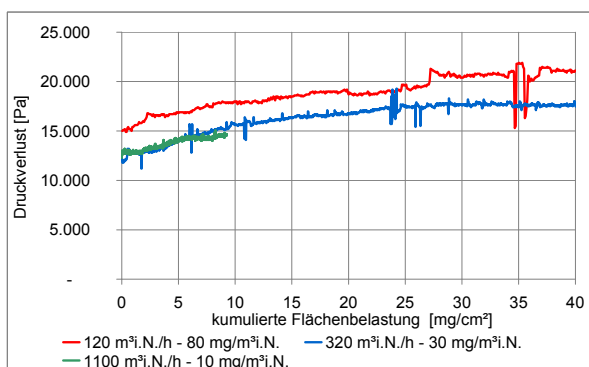


Bild 4-18: Filtersatz 2: Druckverlust vs Filterbelastung bei unterschiedlichen Volumenströmen und Tröpfchenkonzentrationen

Bild 4-18 zeigt die Verläufe der Filtrationseigenschaft Druckverlust für die drei Filter aus dem Druckluftfiltersatz 2. Man erkennt auch hier den nahezu gleichen Verlauf der Kurven für die Filter 2 und 3 (mittlerer und großer Nennvolumenstrom bei mittlerer und kleiner Aerosolkonzentration) und den etwas darüber liegenden Verlauf für Filter 1 (kleiner Nennvolumenstrom bei hoher Aerosolkonzentration), wobei alle drei Kurven einen ähnlichen Verlauf aufzeigen und keinen Wendepunkt besitzen. Auch hier untermauert der gemessene Verlauf der Druckverlustkurven, dass es sich bei diesem Filtersatz um Filter mit gleichem prinzipiellen Aufbau handelt.

Die Kurve für Filter 1 verläuft nahezu parallel verschoben über den beiden anderen. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass die Strömungszuführung bei den kleinen Filtergehäusen von etwa 80 mm auf etwa 28 mm reduziert werden musste und der Druckabfall dieser Reduzierung in die Messung eingeht. Es handelt sich also hier um eine systematische Verschiebung der Druckverlustkurve zu höheren Werten.

Die Deckungsgleichheit der Kurven für die Filter 2 und 3 bezieht sich auf Belastungen bis zu ca. 7 mg/cm², für höhere Belastungen scheint eine Abweichung der Kurven vorzuliegen. Dieser Sachverhalt, insbesondere für weiter zu erhöhende Belastungen, wird in enger Zusammenarbeit mit der Industrie untersucht.

Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass eine Übertragbarkeit der Filtrationseigenschaften von kleinen Filtern auf größere Filter durchaus erlaubt ist, allerdings besteht insbesondere für den Bereich weiter zunehmender Flächenbelastung noch Forschungsbedarf.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Wolfgang Mölter-Siemens
+49 (0)2065 418 400
moelter@iuta.de

Teilbereich 3: Partikelabscheidung an funktionalisierten Faserfiltern

Das allgemeine Ziel dieses Teilbereichs ist die Erarbeitung innovativer Verfahren zur Oberflächenfunktionalisierung speziell von Fasermedien. Dies geschieht in enger Abstimmung mit den Kooperationspartnern von DTNW, die sich auf die Funktionalisierung fokussieren, während IUTA im Arbeitspaket AZA 1 die entsprechenden Leistungstests zum Vergleich von Medien und Filtern durchführt.

Im IUTA wurde 2012 insbesondere der Vergleich von Versuchssystemen betrachtet, die mit dem Elektrospleinverfahren funktionalisiert wurden. Ziel ist jeweils die Erhöhung der Filtereffizienz bei niedrigem Druckverlust über die gesamte Einsatzdauer des Filters.

Nanofaservlieslagen sollten als zusätzliche Lage(n) in Filtern integriert werden und so das Poren- und Labyrinthsystem des Filtermediums signifikant ändern. Die Generierung und Aufbringung der Nanofasern wurde beim DTNW durchgeführt und ist im entsprechenden Berichtsteil detailliert beschrieben.

Die Leistungstests wurden am Flachfiltermedienprüfstand der Firma PALAS® GmbH und mit dem Aerosolmessgerät Welas 2000 mit Sensor 2100 ebenfalls von der Firma PALAS® GmbH durchgeführt. Als Prüfaerosol wurde DEHS (eine ölähnliche Substanz) eingesetzt, weil bei DEHS im Gegensatz zu dem üblicherweise verwendeten AC fein (SiO_2) die Partikel weitgehend ungeladen waren und damit insbesondere die Verbesserung der mechanischen Filtereigenschaften erkennbar wurden. Aus diesem Grund wurde auch die relativ geringe Anströmgeschwindigkeit von 10 cm/s ausgewählt.

Beim Vergleich der Druckverluste und der mittleren Fraktionsabscheidegradkurven wurde festgestellt, dass eine Nanofaservlieslage (Filmprobe) zwischen zwei Substratschichten

ungefähr den gleichen Druckverlust aufweist wie eine drei- bis vierlagige Substratschicht. Der Fraktionsabscheidegrad einer Nanofaservlieslage ist jedoch wesentlich besser als bei einem vierlagigen Substrat (Bild 4-19).

Messungen am IUTA konnten eindeutig nachweisen, dass durch Einbringung einer Nanofaservlieslage die Erhöhung der Anfangsfiltereffizienz bei gleich bleibendem Anfangsdruckverlust erreicht wurde.

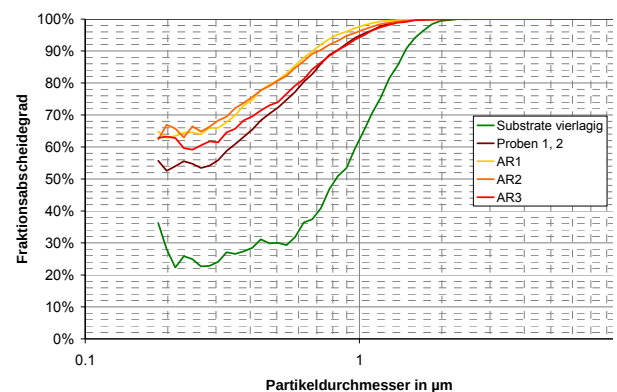


Bild 4-19: Mittelwerte der Fraktionsabscheidegradkurven der vermessenen Proben und der vierlagigen Substrat-Zuschnitte

Entwicklung spezifischer Tracer-Partikel

Es wurde ein Partikel-Messsystem entwickelt, das Testpartikel von sonstigen ubiquitären Partikeln zu unterscheiden erlaubt. Es erweitert damit die Möglichkeiten der Funktionskontrolle von Filtermedien. Erreicht wird dies durch fluoreszierende Tracer-Partikel, die innerhalb des Messvolumens selektiv erfasst werden. Dadurch werden z. B. Untersuchungen zum Penetrationsverhalten dieser Tracer-Partikel innerhalb von Filtermedien möglich, ohne dass die Messergebnisse durch Partikel, die aus den Filtermedien selbst stammen, verfälscht werden. Durch diese Unterscheidbarkeit kann das Messsystem auch für die Prüfung von Barriersystemen, z. B. in Sicherheitswerkbänken oder Operationssälen, eingesetzt werden.

Den aktuellen Aufbau des Fluoreszenzpartikel-Zählers zeigt Bild 4-20. Das Messsystem ist abgestimmt auf fluoreszierende Tracer-

Partikel, die mit der Wellenlänge 441 nm optimal angeregt werden und eine Fluoreszenzstrahlung bei 486 nm abgeben. Über optische Bandpassfilter erfolgt die Ausblendung von Falschlicht bei der Anregung und die Auskoppelung der Fluoreszenzstrahlung für das Signal zum Detektor.

Die Detektion wird unter einem Winkel von 90° durchgeführt. Ein Photomultiplier erfasst die Impulse des Fluoreszenzlichts, die zu einer Auswerteeinheit (Welas, Fa. PALAS®) weitergeleitet und dort verarbeitet werden.

Der Vergleich mit den Messergebnissen eines Referenzspektrometers, das Partikel unspezifisch detektiert, zeigt, dass die nicht fluoreszierenden Partikel wirksam ausgeblendet werden und die eindeutige Detektion der Tracer-Partikel durch den Fluoreszenzpartikel-Zähler gegeben ist. Die sichere Auswertung der Impulse des Fluoreszenzlichts von Tracer-Partikeln wurde bis zu einer minimalen Partikelgröße von 0,2 µm realisiert. Darüber hinaus ist die Trennung von fluoreszierenden Partikeln mit unterschiedlichen Durchmessern möglich (hier: 0,5 und 0,7 µm, Bild 4-21). Das Messsystem wurde bereits erfolgreich bei der Prüfung eines Barriere-Systems eingesetzt. Für die Bestimmung des Rückhaltevermögens einer Sicherheitswerkbank (Bild 4-22) wurden über eine Messzeit von 40 Minuten während der Prüfungen 0 bis 3 Tracer-Partikel in der Raumluft gefunden. Die maximal zulässige Anzahl solcher Partikel in der Raumluft ist 4. Die Nullprobe der Raumluft ergab null Partikel.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Siegfried Opiolka
+49 (0)2065 418 255
opiolka@iuta.de

Dipl.-Ing. Ahmed Bankodad
+49 (0)2065 418 255
bankodad@iuta.de

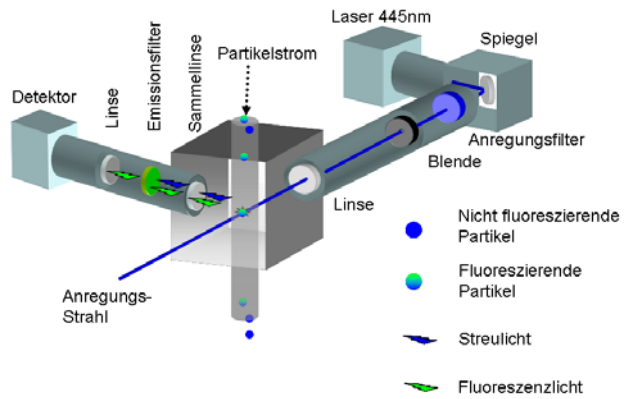


Bild 4-20: Schematische Darstellung des Fluoreszenzpartikel-Zählers

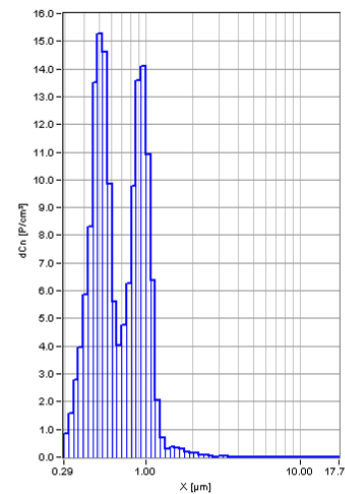
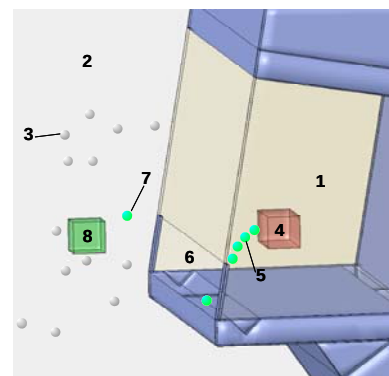


Bild 4-21: Anzahlverteilung von fluoreszierenden Tracer-Partikeln mit unterschiedlichen Durchmessern



- 1 Quasi-partikelfreier Arbeitsraum der Sicherheitswerkbank
- 2 Umgebung der Sicherheitswerkbank mit partikelbelasteter Raumluft
- 3 Ubiquitäre Partikel in der Raumluft.
- 4 Partikel-Generator
- 5 Erzeugte Tracer-Partikel im Arbeitsraum der Sicherheitswerkbank
- 6 Arbeitsöffnung (Aerodynamische Barriere zwischen Arbeitsraum der Sicherheitswerkbank und Umgebung).
- 7 Tracer-Partikel, die durch die Barriere in die Umgebung gelangt sind
- 8 Fluoreszenzpartikel-Zähler

Bild 4-22: Schematische Darstellung zur Bestimmung des Rückhaltevermögens einer Sicherheitswerkbank

Aufbau und Validierung eines Agglomeratprüfstandes

Das Ziel dieses Arbeitspaketes ist es, die Reaktion der vorhandenen Messtechnik auf unterschiedliche Partikelmorphologien zu beschreiben und somit erstmals zuverlässige Messungen der morphologieabhängigen Abscheidung zu ermöglichen. Die Abscheidung von Partikeln an regelmäßigen Drahtgittern, die in ihrer Struktur Faserfiltern ähneln, wird mittlerweile in verschiedenen Messgeräten, wie z. B. dem miniDiSC oder dem von IUTA im Rahmen des EU-FP7 Projektes NANODEVICE entwickelten nanoGuard verwendet. Die im Folgenden dargestellten Untersuchungen der Abscheidung von Partikeln unterschiedlicher Morphologien an derartigen Strukturen dient daher sowohl dem Verständnis der partikelmorphologieabhängigen Filtration als auch der Reaktion der o. g. Messgeräte.

Ein Schwerpunkt der Studie war die Entwicklung einer Partikelerzeugungsanlage, welche die Untersuchung der Effizienz verschiedener Gitter und Filter in Bezug auf ihre Abschei-

dung sowohl kugelförmiger als auch agglomerierter oder aggregierter Partikel ermöglichen soll. Unterschiedliche Materialien wurden verwendet, um kugelförmige Partikel (NaCl, Di-Ethyl-Hexyl-Sebacat (DEHS, $C_{26}H_{50}O_4$)) und Agglomerate (Graphit, Ag) zu erzeugen. Während DEHS sphärische Öltröpfchen als Partikel und Kochsalz kubische Partikel ausbildet, weisen Ruß und Silberpartikel komplexe Agglomeratstrukturen auf. Die entstehenden Partikelgrößen lassen sich durch die Wahl der Ausgangssubstanz sowie über die Betriebsparameter der verwendeten Aerosolgeneratoren einstellen. Bild 4-23 zeigt die schematische Darstellung des Prüfstandes für kugelförmige Partikel. Bild 4-24 zeigt ein Foto des gesamten Messaufbaus.

Um die morphologieabhängige Partikelabscheidung zu untersuchen, wurde eine unterschiedliche Anzahl von regelmäßigen Drahtgittern in einem Filterhalter eingespannt die Abscheidung von kugelförmigen und agglomerierten Partikeln gemessen.

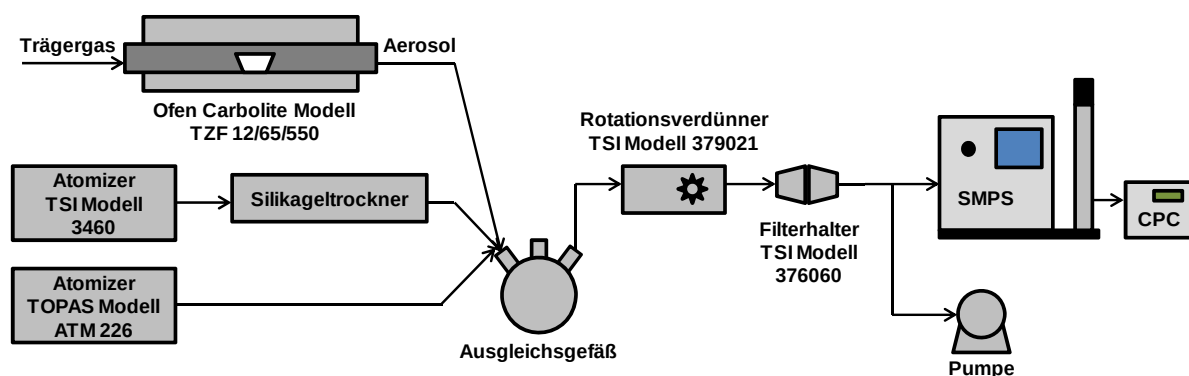


Bild 4-23: Schematischer Versuchsaufbau zur Herstellung der kugelförmigen Partikel und den Gitter/Filterprüfstand



Bild 4-24: Der Agglomerat-Versuchsaufbau: Links: Agglomerat/Aggregat-Erzeugungsanlage; rechts: Gitter/Filterprüfstand

Die gemessene und theoretische Abscheideeffizienz wurde verglichen. Die theoretische Partikelpenetration durch die Gitter wird basierend auf dem Modell von Cheng und Yeh berechnet. Die für unterschiedliche Materialien und Morphologien gemessenen Abscheideeffizienzen stimmen gut mit den theoretischen Daten überein, obwohl die Theorie ausschließlich von kugelförmigen Partikeln ausgeht. Speziell für die kettenförmigen Kohlenstoffagglomerate war von einer Abhängigkeit der Abscheidung von der Partikelmorphologie ausgegangen worden, die speziell im Bereich der Interzeption erwartet wurde, also für Partikel im Größenbereich von etwa 100 bis 300 nm. Die Ergebnisse, beispielsweise in Bild 4-25 für Kohlenstoff-Agglomerate (Ruß), zeigen allerdings, dass die Messergebnisse auch in diesem Bereich der theoretisch vorhergesagten Abscheidung folgen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Abscheidungsmessungen an den verwendeten Drahtgittern keine signifikante Abhängigkeit von der Partikelmorphologie zeigen und dass sie durch die bekannten Gleichungen für kugelförmige Partikel beschrieben werden kann. Für Partikelmessgeräte, wie das miniDiSC oder der nanoGuard, welche auf der Partikelabscheidung an derartigen Gitterstrukturen beruhen, ergibt sich damit, dass die Messergebnisse für sämtliche Partikel, unabhängig von der Partikelform, sinnvoll ausgewertet werden können.

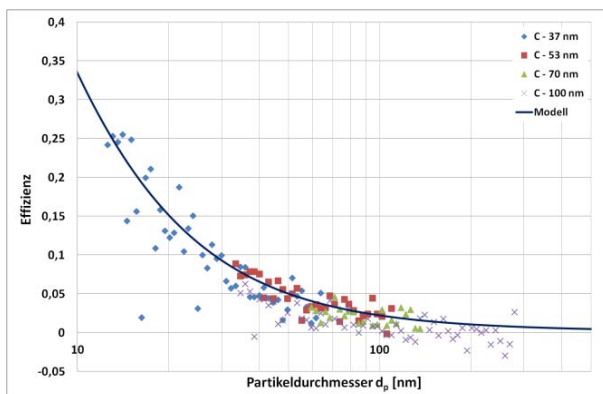


Bild 4-25: Abscheideeffizienz für Rußagglomerate

Aerosolmassenspektrometrie

Ein Schwerpunkt der AMS-Messungen lag auf der Charakterisierung von luftgetragenen Kohlenstoffnanoröhren (eng. carbon nanotubes, CNT). Diese neuartigen Nanomaterialien werden zunehmend in kommerziellen Produkten wie z. B. in Lacken, Kunststoffen, Klebstoffen oder Baustoffen u. ä. verwendet. Das mögliche gesundheits- und umweltgefährdende Potenzial bei der Freisetzung der CNT bei der Handhabung des Rohmaterials oder dem Gebrauch der späteren Produkte ist Gegenstand intensiver Forschung und auch für die Filtration z. B. im Hinblick auf persönliche Atemschutzausrüstung von hohem Interesse. Aus diesem Grund ist die Entwicklung von Messtechniken zum Nachweis der erfolgreichen Abscheidung und zur Charakterisierung von CNT notwendig.

Da Dispersionen von CNT in Reinstwasser auch nach Ultraschallbehandlung nur über einen kurzen Zeitraum stabil waren, wurden auch Dispersionen unter Zusatz von nichtionischen Tensiden hergestellt, die eine deutlich bessere Stabilität zeigten.

Die Beiträge luftgetragener CNT zu den Massenspektren wurden bestimmt, indem umfangreiche Versuchsreihen mit unterschiedlichen Dispersionen, Trägergasen und Rohr- bzw. Schlauchleitungen untersucht wurden.

Mehrere kohlenwasserstoff-typische m/z -Werte wurden im unit mass Spektrum identifiziert, die von den CNT stammten. Durch den Einsatz der hochauflösenden Massenspektrometrie, ergänzend zu den Analysen der unit mass Spektren, konnten Isomerenüberlagerungen aufgelöst und die chemischen Substanzen identifiziert werden. Weiterhin ließen sich Silikon- und Phtalat-Verbindungen identifizieren, die aus dem verwendeten Schlauchmaterialien stammen oder im Vorfeld der Untersuchungen aufgenommen wurden. Mit Hilfe der Partikelgrößenabhängigkeit der Signale (particle-time-of-

flight, pToF) konnte gezeigt werden, dass die im Massenspektrum identifizierten Silizium-Verbindungen wie Trimethylsilyl (C_3H_9Si), die vermutlich aus den Schlauchverbindungen stammen, auf der Oberfläche der zu untersuchenden Partikel adsorbiert werden.

Hochauflösende Massenspektren für funktionalisierte Nanopartikel zeigten deutlich Brom und Thiolgruppen, vgl. Bild 4-26. Zusätzliche sauerstoffhaltige Gruppen verursachten verstärkte CO_2 Signale im Vergleich zu unfunktionalisierten CNT, was auf eine verstärkte Fragmentierung hinweist.

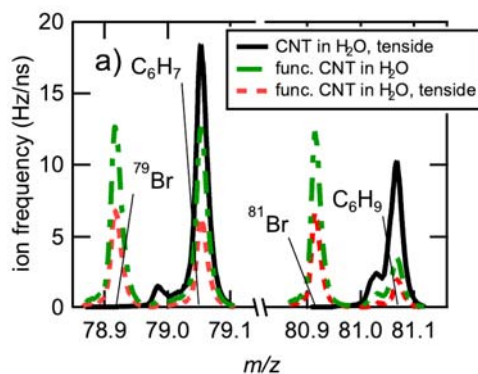


Bild 4-26: Verifikation von Bromisotopen funktionalisierter CNT

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass luftgetragene CNT erfolgreich analysiert werden konnten, wobei hier besonderer Wert auf die Identifizierung möglicher Artefakte gelegt wurde. In Hinblick auf Filtrationsmessungen, aber auch Umwelt- und Arbeitsplatzmessungen erwiesen sich die einander ergänzenden Informationen aus Größenverteilungsmessung und Massenspektrometrie als sehr vorteilhaft.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Christof Asbach
+49 (0)2065 418 209
asbach@iuta.de

4.2.2 Tröpfchenaerosole im Druckbereich zwischen 1 und 8 bar zur Validierung druckfester Aerosolmesssysteme

Für die Überprüfung und Validierung von druckfesten Aerosolmesssystemen werden Testaerosole benötigt, die im jeweiligen Druckbereich konstant bleiben und hinsichtlich Konzentration und Partikelgrößenverteilung einstellbar sind. Zur Generierung dieses Aerosols steht ein Teststand für Druckluftfilter zur Verfügung, Bild 4-27 zeigt eine schematische Darstellung. Der Betriebsdruck kann im Bereich 1 bar bis 8 bar eingestellt werden. Ein konstanter, im Kreislauf geführter Volumenstrom wird über einen Aerosolgenerator kontinuierlich mit Tröpfchen im Größenbereich zwischen $0,2\ \mu m$ und $4\ \mu m$ beladen. Die Probenahmestelle für das Ölaerosol liegt in ausreichendem Abstand hinter der Aufgabestelle. Ein Schutzfilter hinter der Probenahmestelle (Druckluftfilter) schützt die Anlage vor Kontamination.

Mit diesem Aufbau und durch den konstanten Betrieb des Generators ist eine gleichbleibende, aber einstellbare, Tröpfchenkonzentration bei unterschiedlichem Betriebsdruck gewährleistet.

Die weitere Absenkung der Konzentration vor der Messung, wird über eine druckfeste Verdünnungsstufe erreicht. Diese arbeitet nach dem selbstansaugenden Ejektorprinzip. Der Druck der zugeführten Verdünnungsluft muss etwa drei bar über dem jeweiligen Druck in der Probenahmeleitung liegen. Die Abluft der Verdünnungsstufe wird über eine Drossel auf den gleichen Druck wie an der Probenahmestelle eingestellt. Dadurch ist eine zeitlich konstante Verdünnung des Aerosols um den Faktor von ca. 10 gewährleistet.

Das verdünnte Aerosol steht an der Aerosolprobenahmestelle der Verdünnungsstrecke zur Verfügung und kann hier auf die verschiedenen Mess- und Testgeräte (Verbraucher) aufgeteilt werden. In der Abbildung sind drei

Verbraucher an die Verdünnungsstufe angeschlossen, das zu testende Aerosolmesssystem, ein Absolutfilter zur Bestimmung der tatsächlichen Massenkonzentration und ein Aerosolspektrometer zur Onlinekontrolle der Partikelkonzentration und Partikelgrößenverteilung.

Insbesondere beim Betrieb mehrerer Verbraucher ist darauf zu achten, dass der Druck im Abluftstutzen der Verdünnungsstufe nicht absinkt; hier ist evtl. eine Nachregelung erforderlich. Unter Verwendung eines Messstellenumschalters vor dem Aerosolspektrometer ist zudem die Möglichkeit gegeben,

auch die partikelgrößenabhängige Partikelkonzentration im unverdünnten Aerosol zu messen bzw. das unverdünnte Aerosol zur Verfügung zu stellen. Das ermöglicht eine Validierung des Verdünnungsfaktors und bei Bedarf das problemlose Umschalten auf eine zehnfach höhere Konzentration.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Wolfgang Mölter-Siemens
+49 (0)2065 418 400
moelter@iuta.de

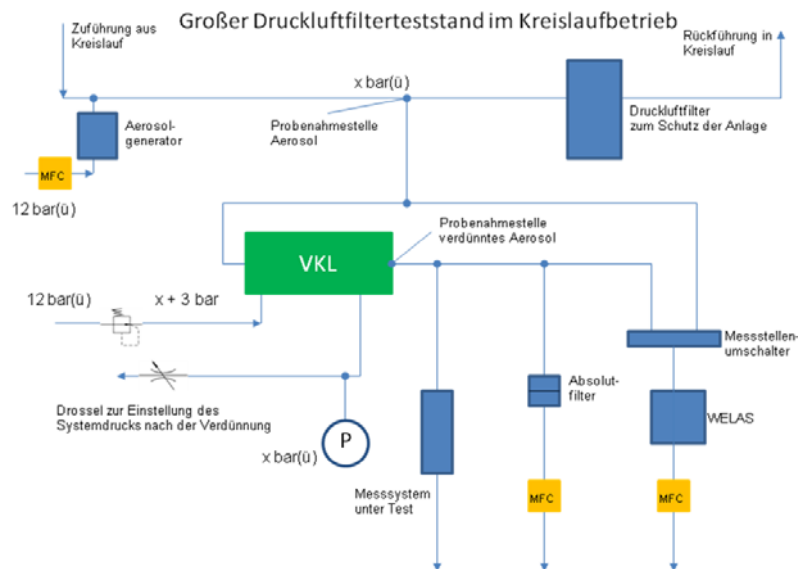


Bild 4-27: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus zur Generierung von Prüfröpfchen (MFC: Mass flow controller, VKL: Verdünnungsstufe (1:10), WELAS: Aerosolspektrometer)

4.2.3 Optimierung von Metalloxid-imprägnierten Aktivkohlen zur katalytischen Reduzierung von NO_x- oder NH₃-Immissionen in Dünnschichtfiltern

Im Rahmen des Projektes „Optimierung von mit Metalloxiden imprägnierten Aktivkohlen zur katalytischen Reduzierung von NO_x- oder NH₃-Immissionen in Dünnschichtfiltern“ werden katalytisch wirkende Adsorbentien hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zur Abscheidung von Stickstoffmonoxid NO, Stickstoffdioxid NO₂ und Ammoniak NH₃ untersucht. Als katalytisch wirkende Adsorbentien werden

zwei über die Flüssigphase mit Metalloxid-Katalysatoren (Zink-Oxid/Kupfer-Oxid und Hopcalit) infiltrierte Aktivkohlen verwendet, die im Vorgängerprojekt („Katalytische Umsetzung von NO_x mit nanoskaligen Materialien in Dünnschichtfiltern“ FV-Nr. 15751 N) zur Abscheidung von NO₂ bei der Kfz-Innenraumfiltration entwickelt wurden. An den mit Metalloxid-Katalysatoren infiltrierte Aktivkohlen wurde NO₂ zunächst durch Chemisorption an der inneren Oberfläche der Aktivkohle abgeschieden. Anschließend erfolgte die katalytische Umsetzung des NO₂ zu physiologisch neutralen Stoffen. Dieser Prozess ist bei Umgebungstemperaturen zwar

langsam, die Ergebnisse des Vorgängerprojektes belegen jedoch, dass die notwendige Verweilzeit durch die Standzeiten von Kraftfahrzeugen zur Verfügung steht.

Die modifizierten Adsorbentien werden im aktuellen Projekt hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zur Abscheidung und Umsetzung von NO und NH₃ untersucht. Trägergas ist feuchte Luft. Wiederholte Beladungsversuche von jeweils 90 Minuten Dauer wurden an dünnen Schüttungen (ca. 2 mm) der infiltrierten Aktivkohle durchgeführt. Weitere Versuchsparameter sind: 4 ppm Volumenanteil des Adsorptivs in der Anströmung, 23 °C, 50 % relative Luftfeuchte und eine Anströmgeschwindigkeit der Schüttung von 0,2 m/s. Bei der Dosierung von NO wird ein Teil des Stickstoffmonoxids auf der Strecke zwischen Reingasdosierung und Schüttung durch den Luftsauerstoff zu NO₂ oxidiert. Bei 4 ppm NO vor der Schüttung stellen sich ca. 1,3 ppm NO₂ an gleicher Stelle ein. Für die Beladungsversuche werden die Konzentrationen der Adsorptive (NO und NO₂ oder NH₃) vor und hinter der Schüttung gemessen. Zwischen den Beladungsversuchen wird die jeweilige Schüttung bei Umgebungsbedingungen ohne Durchströmung gelagert. Die Ruhephasen werden zwischen drei Stunden bis hin zu drei Monaten variiert. Zur Quantifizierung der Reaktionsumsätze wird zusätzlich eine Parametervariation hinsichtlich Temperatur und relativer Luftfeuchte durchgeführt.

Erste Ergebnisse zur Abscheidung von NO an Aktivkohle, die mit 5 Gew.-% Zink-Kupfer-Oxid infiltriert wurde, zeigt Bild 4-28. Darin sind die relativen Durchbrüche von NO bei den ersten drei Beladungen über der jeweiligen Beladungszeit von 90 Minuten aufgetragen. Der relative Durchbruch bezeichnet die hinter der Schüttung gemessene Konzentration c_2 bezogen auf die davor gemessene Konzentration c_1 . Zwischen der ersten und zweiten Beladung lagert die Schüttung drei Stunden lang ohne Durchströmung und Beaufschla-

gung, die Ruhezeit zwischen zweiter und dritter Beladung beträgt ca. 16 Stunden.

Bei den ersten beiden Beladungen bricht NO quasi sofort durch die Schüttung durch. Die dabei auftretenden Durchbrüche, die 100 % überschreiten, werden folgendermaßen erklärt. Das gleichzeitig vorliegende Adsorptiv NO₂, das von der Schüttung während der Beladungsversuche vollständig adsorbiert wird, wird an der Aktivkohle katalytisch zu NO reduziert und in dieser Form im Versuchsverlauf wieder freigesetzt. Der Mechanismus der katalytischen Reduktion von NO₂ zu NO an Aktivkohle wurde im Vorgängerprojekt ausführlich untersucht und beschrieben. Beim dritten in Bild 4-28 dargestellten Beladungstest stellt sich ein deutlich reduzierter Durchbruch von NO ein. Die Erklärung dieses Verhaltens steht zur Untersuchung an.

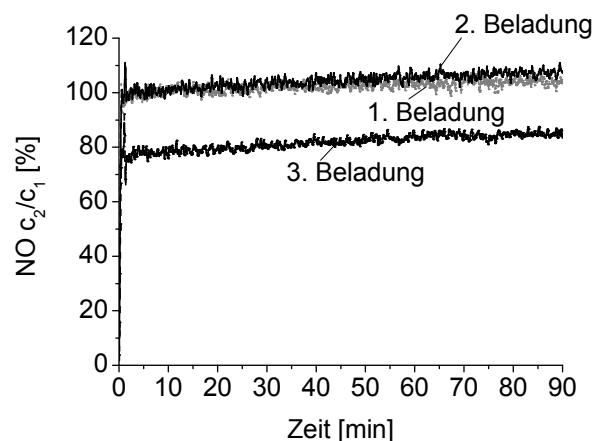


Bild 4-28: Durchbruchkurven von NO bei mehrfacher Beladung einer Schüttung aus modifizierter Aktivkohle

Das Forschungsprojekt wird vom IUTA in Kooperation mit dem Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, Mülheim an der Ruhr, bearbeitet.

Das Forschungsvorhaben 17516 N der Forschungsvereinigung Umwelttechnik wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Tech-

nologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Uta Sager
+49 (0) 203 379 3923
sager@iuta.de

4.2.4 Entwicklung von Filtertests: Effizienz von Luftfiltern mit zunehmender Beladung aus der Außenluft

Zum Beleg der Leistungsfähigkeit von Luftfiltern für den Kfz-Innenraumbereich, gegenüber Kunden sowie zur internen Qualitätssicherung, werden diese standardisierten Tests unterzogen, die auf nationaler und internationaler Ebene vereinbart sind (DIN 71460; ISO/TS 11155). Filterprüfungen nach diesen Normen sind nur vergleichende Prüfungen, deren Ergebnisse die Leistungsfähigkeit des Filters im Realbetrieb - insbesondere über die Einsatzdauer des Filters - nicht adäquat abbilden können.

Ziel eines gemeinsamen Forschungsprojektes zwischen IUTA und dem Lehrstuhl Nanopartikel Prozesstechnik an der Universität Duisburg-Essen ist die Entwicklung einfach durchführbarer Prüfmethoden für Kfz-Innenraumfilter, welche die Filtereffizienzen sowohl für Partikel- als auch Adsorptionsfilter realitätsnah abbilden. Angestrebt werden Prüfmethoden, die eine aussagekräftige Charakterisierung der Filter über die gesamte Lebensdauer ermöglichen. Dazu wurde am IUTA ein Beladungsprüfstand aufgebaut, in dem konfektionierte Kfz-Innenraumfilter über mehrere Monate hinweg mit Außenluft durchströmt werden können. Es ist auch möglich, die Filterelemente gezielt mit Aerosolen wie Ruß bzw. Dieselabgas zu beaufschlagen.

Im Prüfstand befinden sich vier identische Messstrecken, jede in Anlehnung an DIN 71460, mit denen vier Filterelemente parallel und gleichzeitig bis zu einem definierten Druckverlust beaufschlagt werden können (Bild 4-29). Durch voneinander unabhängig regelbare Luftführungssysteme ist gewährleistet, dass die Filter eine gleichartige Beaufschlagung erfahren. Alle relevanten Prozessparameter wie Volumenstrom, Druckverlust, Temperatur und relative Feuchte werden messtechnisch erfasst und dokumentiert.

Am Beladungsprüfstand beaufschlagte Kfz-Innenraumfilter lassen sich anschließend am normkonformen Prüfstand im Labor hinsichtlich ihrer Abscheideeffizienz untersuchen.

Bild 4-30 zeigt für Kfz-Innenraumfilter die Effizienz der Prüfaerosol-Abscheidung nach Beladung mit Außenluft. Die Beladezeiträume betragen zwischen 3 Tagen bis hin zu 4 Wochen. Bei der Bestimmung der Effizienz befand sich das DEHS-Aerosol generierungsbedingt im neutralen Zustand. Die Durchströmung mit Außenluft hatte in den gewählten Zeitschritten keinen nennenswerten Druckverlust- und Massenanstieg hervorgerufen.

Als Referenz sind sowohl die Anfangseffizienz der neuen Filter (Neuzustand) als auch der isopropanolbehandelten Filter (IPA) dargestellt. Sämtliche Effizienzkurven in den unterschiedlichen Beladungsstadien mit Außenluft liegen zwischen der Effizienz im Neuzustand und der Minimaleffizienz nach Isopropanolbehandlung. Je länger die Außenluftvorbeladung dauert, desto mehr entwickeln sich die Effizienzen in Richtung auf die Minimaleffizienz nach der Isopropanolbehandlung zu.

Das Forschungsvorhaben 16793 der Forschungsvereinigung IUTA wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Thomas Engelke
+49 (0)2065 418 131
engelke@iuta.de

Prof. Dr.-Ing. Frank Schmidt
+49 (0) 203 379 2780
frank.schmidt@uni-due.de



Bild 4-29: Prüfstand zur Filter-Beladung aus der Außenluft mit vier separaten Messstrecken - Innenansicht

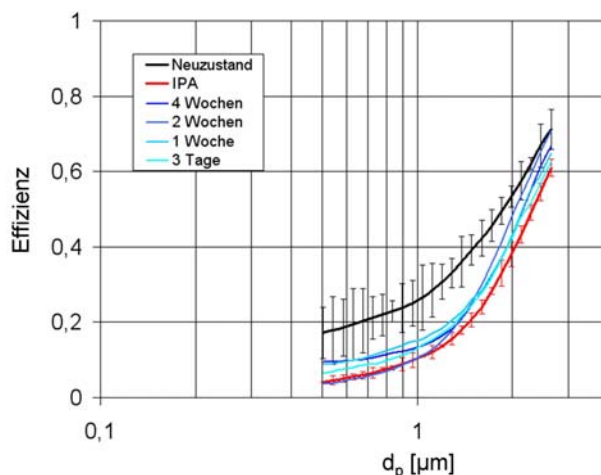


Bild 4-30: Effizienzuntersuchung an einem Kombifilter nach Außenluftvorbeladung für das Prüfaerosol DEHS

4.2.5 Einfluss der Filteralterung auf die Adsorption an Kfz-Innenraumfiltern

Das Ziel des Projektes „Entwicklung von Filtertests zur Abbildung der Effizienz von Luftfiltern bei zunehmender Beladung mit

Außenluft“ ist es, den Einfluss der Filteralterung auf die Leistungsfähigkeit von Kfz-Innenraumfiltern zu untersuchen. Neben der Partikelfiltration ist auch die Abscheidung von gasförmigen Schadstoffen durch Adsorption ein Leistungskriterium bei Kombinationsfiltern. Ein Forschungsaspekt des Projektes ist die Untersuchung, wie sich die zunehmende Beladung von Kfz-Innenraumfiltern auf die Adsorptionskapazität auswirkt und ob die Alterung durch Gebrauch auch im Labor herbeigeführt werden kann. Hierzu wurden neue, im Kfz gebrauchte sowie durch verschiedene Methoden künstlich gealterte Filter eines Typs gemäß ISO 11155-2 „Road vehicles - Air filters for passenger compartments - Part 2: Test for gaseous filtration“ getestet und miteinander verglichen. Bei den Tests werden die Filter mit einzelnen Testgasen, z. B. Toluol (80 ppm_v), n-Butan (80 ppm_v) oder Stickstoffdioxid (30 ppm_v), in Luft mit 50 % relativer Luftfeuchte bei 23 °C durchströmt. Die Konzentrationen des Testgases c_1 vor und c_2 hinter dem Filter werden gemessen und als relativer Durchbruch c_2/c_1 in Abhängigkeit von der Versuchszeit ausgewertet.

Bei den gebrauchten Filtern handelte es sich um Filter, die bei Fahrzeug-Inspektionen im Rahmen der Wartungsintervalle ersetzt wurden. Zur künstlichen Alterung wurden neue Filter mit Außenluft sowie Dieselaabgas durchströmt, vgl. Abschnitt 4.2.4.

Der Vergleich der Durchbruchkurven durch neue und gebrauchte Filter ergab für alle drei Testgase erwartungsgemäß ein Absinken der Adsorptionskapazitäten durch den Gebrauch im Fahrzeug. Die Kapazität für n-Butan ist bei sämtlichen untersuchten gebrauchten Filtern nahezu vollständig erschöpft. Die Kapazitätsminderungen bezüglich Toluol und Stickstoffdioxid variieren von 29 bis 75 % gegenüber denen von neuen Filtern. Die Streuung bei den Durchbruchkurven von Toluol und Stickoxiden durch gebrauchte Filter ist plausibel, weil je nach Bewegungsumfeld des Kraftfahrzeuges die Beladungshistorie stark variiert.

Bei der Abscheidung von Stickstoffdioxid an Aktivkohle ist zu berücksichtigen, dass NO_2 nicht nur sorptiv an der Aktivkohle gebunden wird. Ein Teil des Testgases wird durch die Aktivkohle katalytisch zu Stickstoffmonoxid NO reduziert, so dass hinter dem Filter deutliche Anteile an NO vorliegen, die in die Gesamtbewertung eines Filters miteinbezogen werden müssen. Der Anteil des zu NO reduzierten NO_2 ist bei gebrauchten Filtern deutlich geringer als bei neuen Filtern.

Die kontinuierliche Beladung von Filtern bei Durchströmung mit Außenluft im Beladungsprüfstand (vgl. Abschnitt 4.2.4) führt mit zunehmender Dauer der Beladung für alle Testgase zu abnehmenden Adsorptionskapazitäten. Nach einer Beaufschlagung der Filter über vier Wochen mit Außenluft werden bei Filtertests mit Toluol Durchbrüche verzeichnet, die mit einzelnen gebrauchten Filtern vergleichbar sind (Bild 4-30). Entsprechende Ergebnisse wurden bei der Verwendung von Stickstoffdioxid als Testgas nach einer zweiwöchigen Beladung mit Außenluft erzielt.

Die Alterung mit Diesellabgas dagegen führt bei allen Testgasen schon bei deutlich geringeren Belastungszeiten zu reduzierten Filterkapazitäten und Durchbruchkurven, die vergleichbar mit denen gebrauchter Kfz-Innenraumfilter sind. Bild 4-31 zeigt den Vergleich von Toluol-Durchbruchkurven durch neue, drei exemplarisch ausgewählte gebrauchte und mit Diesellabgas unterschiedlich lang beladene Filter. Die künstliche Vorbeladung der Filter mit Diesellabgas führt mit zunehmender Beladungsdauer nicht nur zu einer geringeren Adsorptionskapazität, sondern auch zu einem anderen Kurvenverlauf des Toluoldurchbruchs. Eine zweistündige Beladung neuer Filter mit Diesellabgas bildet die Alterung durch normalen Gebrauch zufriedenstellend ab.

Das beschriebene Forschungsprojekt wurde vom IUTA in Kooperation mit dem Lehrstuhl

Nanopartikel-Prozesstechnik der Universität Duisburg-Essen bearbeitet.

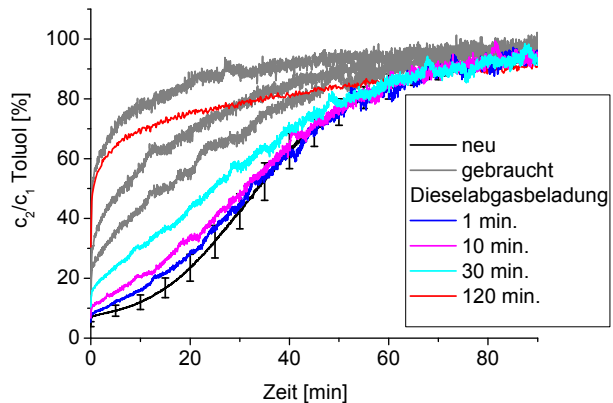


Bild 4-31: Durchbruchkurven von Toluol durch neue, gebrauchte und künstlich mit Diesellabgas gealterte Kfz-Innenraumfilter

Das Forschungsvorhaben 16793 der Forschungsvereinigung Umwelttechnik wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Uta Sager
+49 (0) 203 379 3923
sager@iuta.de

4.2.6 Forschungs- und Dienstleistungsangebote zur Filtrationsforschung

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Zentrum für Filtrationsforschung und funktionalisierte Oberflächen, ZF³“ (siehe Kap. 4.2.1), gefördert vom Land Nordrhein-Westfalen und von der Europäischen Union, wurde im Jahr 2011 eine neue Technikumshalle mit Büros, Sozialräumen und etwa 900 m² Technikumsfläche fertig gestellt.

Innerhalb der Halle sind Systemräume für eigenständige Forschungsarbeiten geschaffen

worden. In ihnen sind die neuen Prüfanlagen untergebracht. Drei Räume sind als abgeschlossene Chemie-, Aerosol- und Rauchlabore ausgeführt. In der Freifläche der Halle haben zwei weitere Prüfeinrichtungen Platz gefunden. Darunter fallen ein Prüfstand für Filter für Raumlufttechnische Anlagen nach DIN EN 779, siehe Bild 4-32, sowie eine Adsorptionsanlage.



Bild 4-32: Prüfstand nach EN 779

Die Prüfanlagen, die im Rahmen des Projektes ZF³ aufgebaut wurden, dienen der Vertiefung der Kenntnisse über Filtrationsvorgänge bei Berücksichtigung bislang nicht realisierbarer Messparameter und liefern darauf aufbauend die Basis für mögliche Optimierungen der Filtrationsprozesse bei unterschiedlichen Filtrationsaufgaben, z. B. der Entfernung von hochtoxischen gasförmigen Substanzen aus Trägergasen oder der Tröpfchen- und Partikelfiltration bei der Druckluftaufbereitung.

Prüfanlage zur Adsorbentien-Untersuchung

Die Prüfanlage zur Untersuchung der adsorptiven Eigenschaften von Adsorbentien - auch und insbesondere gegenüber hochtoxischen Substanzen wie Phosgen oder Blausäure - zeichnet sich auch dadurch aus, dass die thermodynamischen Eigenschaften (Temperatur und Feuchte) des Prüfvolumenstromes einstellbar sind und mit Hilfe eines Doppelrohrsystems im gesamten Prüfkreislauf konstant gehalten werden können. Dazu kommt eine automatisierte Dosier- und Mischstation für die verschiedenen Prüfgase sowie

eine extern positionierte Gasversorgungseinheit. Die eigentliche Prüfkammer ist mit Adaptern für verschiedene Bauarten von adsorptiven Filtern (Flachfiltermedien, Schüttungen und Kanistern bzw. Kartuschen für Gasmasken) ausgestattet. Außerdem sind dort die Sensoren für Temperatur und Feuchte sowie die Gassensoren für Roh- und Reingaskonzentration der Prüfsubstanzen installiert. Bild 4-33 zeigt die in einem Klimaschrank integrierte Prüfkammer.



Bild 4-33: Klimatisierte Prüfkammer

Prüfanlage zur Untersuchung der Filtrationseigenschaften von Druckluftfiltern

Die Prüfanlage zur Untersuchung der Filtrationseigenschaften von Druckluftfiltern zeichnet sich dadurch aus, dass auch Druckluftfilter für „große“ Volumenströme bis zu 3000 m³/h i.N.tr. bewertet werden können, wobei bei der Konstruktion der Anlage insbesondere die energetische Optimierung des Prüfablaufes einen hohen Stellenwert hatte, vgl. auch die Ausführungen im Abschnitt 4.2.1. Der Aufbau der Infrastruktur der Halle wurde neben den Fördergebern für das Gesamtprojekt durch die Firma Parker/Zander in Essen, die Firma Beko in Neuss und die Firma Philips in Eindhoven unterstützt.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Wolfgang Mölter-Siemens
+49 (0)2065 418 400
moelter@iuta.de

Dipl.-Chem. Hartmut Finger
+49 (0)2065 418 220
finger@iuta.de

4.3 Luftreinhaltung & Nachhaltige Nanotechnologie

4.3.1 nanoGEM

“Nanostrukturierte Materialien- Gesundheit, Exposition und Materialeigenschaften“



Mit Ablauf des dritten Jahres von nanoGEM stehen umfangreiche Forschungsergebnisse zu verschiedenen Themenbereichen hinsichtlich folgender Fragestellungen zur Verfügung:

- Gibt es eine Exposition gegenüber nanostrukturierten Materialien?
- Wie hoch ist das Gefährdungspotenzial?
- Besteht ein Risiko?

Das von IUTA geleitete nanoGem-Konsortium mit Mitgliedern aus Wissenschaft, Forschungseinrichtungen, Behörden und Industrie arbeitet interdisziplinär und interessenübergreifend. Forschungsergebnisse liegen z. B. vor zu groß angelegten Ringversuchen zur Eignung von Messgeräten für die Bestimmung möglicher Expositionen, zur Entwicklung und Testung von Systemen für die Untersuchung der Freisetzung von Nanopartikeln sowie zu systematischen Untersuchungen zur Proteinadsorption verschiedener Nanomaterialien und der nachfolgenden Proteinoxidation, zur Beschreibung von Partikelreaktivitäten, zur Toxizität von Nanomaterialien, Identifikation und Lokalisation von Nanopartikeln in und auf Zellen mittels Infrarotspektrometrie, zur Ableitung von Risikoabschätzungen und zu vielem mehr. Bei all diesen Untersuchungen verfolgt nanoGEM auch das Ziel, zu den oben aufgeführten Endpunkten der Exposition Abhängigkeiten abzuleiten, z. B. von Dosis, Struktur und Oberflächeneigenschaften.

Eine Risikoabschätzung im Rahmen von nanoGEM umfasst sowohl die interne und

externe Exposition, die Toxizität und die Biokinetik ausgewählter, industriell relevanter Nanoobjekte.

Über die Konsortialleitung hinaus forscht IUTA im Rahmen von nanoGEM im Wesentlichen in den Arbeitspaketen zur Nanomaterial-Herstellung und Charakterisierung, zur Messtechnik und zu den Expositions-Szenarien. Neben der Grundcharakterisierung der in nanoGEM verwendeten Nanomaterialien werden auch hoch-spezifische, fluoreszierende SiO₂ Nanopartikel hergestellt. Diese Partikel vereinfachen die Untersuchungen zur Biokinetik inkorporierter Nanopartikel erheblich, weil sie wesentlich besser und einfacher als unspezifische Partikel zu detektieren sind.

Darüber hinaus untersucht IUTA die Freisetzung von Nanomaterialien aus Kompositen bei mechanischer Beanspruchung. Hierzu wird ein spezieller Prüfstand betrieben der es erlaubt, die Freisetzung z. B. beim Schleifen eines Komposits unter definierten und reproduzierbaren Bedingungen zu messen (Bild 4-34). Parallel dazu werden auch bei Industriepartnern solche Prüfstände betrieben, so dass die Vergleichbarkeit der Ergebnisse analysiert und in prä-normative Prozesse eingebracht werden kann. Eine weitere wesentliche Aufgabe besteht in der Analyse der Veränderungen der ROS Aktivität (reaktive Sauerstoffspezies) von Nanomaterialien während des luftgetragenen Transports. Die Fähigkeit von Nanomaterialien, ROS zu bilden, wird als sehr aussagekräftiges Maß für ihre gesundheitliche Relevanz angesehen. Ein Prüfstand zur Durchführung solcher Messungen wurde eingerichtet.

Für erste Risikoabschätzungen für Arbeiter und Konsumenten wurden spezifische Expositionsszenarien abgeleitet. Hierin gehen ein die neuen Erkenntnisse aus dem Lebenszyklus eines Nanomaterials, die in nanoGEM

entstanden sind sowie bereits veröffentlichte Ergebnisse zu Exposition und Gefährdungspotenzial.

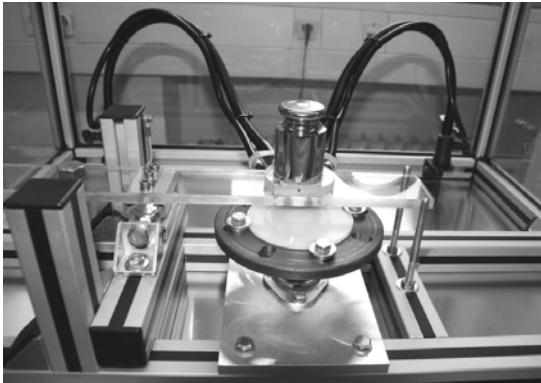


Bild 4-34: Bestimmung der Freisetzung von Nanomaterialien beim Schleifen

Das Projekt wird gefördert vom:



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Thomas Kuhlbusch
+49 (0)2065 418 267
tky@iuta.de

Dr.-Ing. Christof Asbach
+49 (0)2065 418 209
asbach@iuta.de

4.3.2 European Network on the health and environmental Impact of Nanomaterials – NanoImpactNet – FP7

NanoImpactNet

NanoImpactNet war ein multidisziplinäres Europäisches Netzwerk-Projekt (2008-2012), das sich mit den Auswirkungen von Nanomaterialien auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt befasste. Im NanoImpactNet-Konsortium waren 24 Forschergruppen führender europäischer Institutionen aus den Bereichen Nanosicherheit, Nanorisikobewertung und Nanotoxikologie vertreten. NanoImpactNet hat im Verlauf seiner vierjährigen Laufzeit durch ein weites Angebot an Workshops, Konferenzen und Trainingschools eine wissenschaftliche Basis zum sicheren und verantwortungsbewussten Umgang mit Nanomaterialien geschaffen. Forscher und Nachwuchswissenschaftler verschiedener Fachrichtungen diskutierten Sicherheitsstrategien, entwickelten neue Ideen und zeigten weiteren Forschungsbedarf hinsichtlich des verantwortungsvollen Umgangs mit der Nanotechnologie auf. Mit den erarbeiteten Ergebnissen unterstützt NanoImpactNet zudem die Ausarbeitung regulatorischer Maßnahmen der EU.

Im Februar 2012 wurde das Projekt mit der vierten NanoImpactNet Konferenz in Dublin abgeschlossen. Der Abschlussbericht zum Projekt folgte im April 2012. IUTA war bei der Konferenz mit zwei Vorträgen eingebunden, zum einen wurde über die Freisetzung von Nanomaterialien aus Kompositen, zum anderen über die Mobilität von Nanomaterialien in Umweltkompartimenten referiert. Weiterführende Informationen sind unter www.nano-impactnet.eu auch im Internet zu finden.

Das Netzwerk wird im Rahmen des siebten Forschungsrahmenprogramms (FP7) durch die Europäische Union gefördert.



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Thomas Kuhlbusch
+49 (0)2065 418 267
tky@iuta.de

Dipl. Umweltwiss. Carmen Nickel
+49 (0)2065 418 209
nickel@iuta.de

4.3.3 Managing Risks of Nanomaterials – MARINA – FP7 – Reference methods for managing the risks of engi- neered nanomaterials

Am 01.11.2011 startete das neue EU Projekt MARINA – Managing Risks of Nanomaterials. IUTA ist darin mit verschiedenen Aufgaben eingebunden.

In dem Projekt erarbeiten 47 führende, europäische Forschungsinstitutionen gemeinsam mit Industriepartnern Referenzmethoden für einen sicheren Umgang mit synthetischen Nanomaterialien.

Für „traditionelle“ Chemikalien stehen standardisierte Prozeduren zur Verfügung, nach denen Produktlebenszyklen, Expositionsgefährdungen und die mit ihnen verbundenen Risiken bewertet werden. Allerdings ist bis jetzt noch nicht geklärt, ob diese Prozeduren auch auf Nanomaterialien übertragbar sind bzw. inwieweit sie an deren Besonderheiten angepasst werden können. In dem Projekt MARINA geht es darum, Testverfahren zu entwickeln und zu prüfen, die geeignet sind, das mit Nanomaterialien verbundene Risiko einzuschätzen und zu bewerten. Des Weiteren werden in MARINA Strategien erarbeitet, wie mit einem potenziellen Risiko umzugehen ist und wie Expositionen minimiert werden können.

MARINA umfasst die vier zentralen Themenbereiche Materialien, Exposition, Gefährdung und Risiko, welche in 18 Arbeitspaketen bearbeitet werden. IUTA koordiniert eines dieser Arbeitspakete und ist an vier weiteren beteiligt. Die Forschungsschwerpunkte liegen in der Standardisierung, bei der Bewertung von Expositionen und Fragen der Mobilität.

Neben der Entwicklung einer Standardarbeitsanweisung zur Dispergierung der zu untersuchenden Nanomaterialien wird deren Fähigkeit, reaktive Sauerstoffspezies (ROS) zu bilden, überprüft. Das sogenannte ROS-Potenzial wird als ein Maß für mögliche gesundheitliche Auswirkungen von Nanomaterialien angesehen. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen ergänzen die grundlegende Charakterisierung der Materialien.

Die Exposition an Arbeitsplätzen oder beim Verbraucher und die Freisetzung von Nanomaterialien in die Umwelt werden beispielhaft an Expositionsszenarien untersucht. Es werden Messmethoden und -geräte für die Expositionsbestimmung festgelegt, welche sowohl für weitere toxikologische Untersuchungen als auch zur Untersuchung des Verhaltens von Nanopartikeln in der Umwelt genutzt werden sollen.

Aussagen zur Mobilität von drei ausgewählten Nanomaterialien (Silber, Kohlenstoffnanoröhrchen und Titandioxid) in Modellsubstraten (Quarzsand) konnten aus Experimenten gewonnen werden. Erste Versuche zur Dispergierung und Grundcharakterisierung der Materialien wurden durchgeführt. Des Weiteren hat IUTA im Rahmen dieses Arbeitspaketes zwei Literaturstudien zum Verhalten und Verbleib von Nanomaterialien im Wasser sowie im Bodenökosystem erstellt, welche im Jahr 2013 veröffentlicht werden sollen.

Weiterführende Informationen sind im Internet zu finden unter: www.marina-fp7.eu

Das Projekt wird im Rahmen des siebten Forschungsrahmenprogramms (FP7) durch die Europäische Union gefördert.



Ansprechpartner:

Dipl. Umweltwiss. Carmen Nickel
+49 (0)2065 418 209
nickel@iuta.de

Dr. rer. nat. Bryan Hellack
+49 (0)2065 418 188
hellack@iuta.de

Dr.-Ing. Christof Asbach
+49 (0)2065 418 209
asbach@iuta.de

Dr. rer. nat. Thomas Kuhlbusch
+49 (0)2065 418 267
tky@iuta.de

4.3.4 NANODEVICE: Novel concepts, methods, and technologies for the production of portable, easy-to-use Devices for the measurement and analysis of airborne engineered Nanoparticles in workplace air

Die Bestimmung der persönlichen Exposition gegenüber Nanopartikeln ist neben deren Toxizität essentiell für die Abschätzung des durch Nanopartikel verursachten Risikos. Im Zuge des siebten Forschungsrahmenprogrammes (FP7) fördert die EU das Projekt NANODEVICE, in dem 15 Partner aus verschiedenen Ländern der europäischen Union zusammenarbeiten, um tragbare oder personengebundene Nanopartikelmessgeräte zu entwickeln. IUTA ist in NANODEVICE in einer Vielzahl von Arbeitspaketen aktiv, mit einem besonderen Fokus auf der Entwicklung eines modularen Systems zur Bestimmung der inhalativen Exposition gegenüber Nanomaterialien an Arbeitsplätzen. Hierbei wurde, in Kooperation mit der TSI GmbH und der

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), der Prototyp des nanoGuard entwickelt. nanoGuard ist ein einfach zu bedienender Expositionsmonitor, dessen Konzept für die Verwendung in einer gestuften Expositionsermittlungsstrategie (engl. Tiered Approach) ausgelegt ist. Im reinen Monitoringbetrieb (Stufe 2 der nanoGEM Messstrategie, s. http://www.nanogem.de/cms/nanogem/upload/Veroeffentlichungen/nanoGEM_SOPs_Tiered_Approach.pdf) misst nanoGuard sowohl die Anzahl- als auch die lungendeponierbare Oberflächenkonzentration der luftgetragenen Partikel. Wird ein vordefinierter Schwellwert der Konzentration überschritten, geht das Gerät automatisch zur Stufe 3 über und misst die Anzahlgrößenverteilung der Partikel. Zusätzlich können mit einem elektrostatischen Präzipitator hocheffizient Partikel für die anschließende chemische und/oder morphologische Analyse mittels Elektronenmikroskopie gesammelt werden. Ein thermophoretischer Sammler kann zudem hinzugezogen werden, um während einer kompletten Arbeitsschicht von acht Stunden Partikel für die anschließende Analyse auf einem Substrat zu deponieren. Durch die elektronenmikroskopische Analyse der elektrophoretisch oder thermophoretisch gesammelten Partikel lassen sich eventuell am Arbeitsplatz auftretende luftgetragene Nanomaterialien eindeutig von Hintergrundpartikeln unterscheiden.

Der nanoGuard besteht aus verschiedenen Komponenten (Vorabscheider, Auflader, Klassierer, zweistufiger Konzentrationsensor, Sammler). Sämtliche Komponenten des Monitors wurden vollständig charakterisiert und zu einem tragbaren Messsystem zusammengefasst. Dieses Messsystem ist deutlich kleiner und transportabler als z. B. ein Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS) und verfügt über die Möglichkeit des Batteriebetriebs. Das System wurde als Ganzes evaluiert. Trotz der Miniaturisierung und Vereinfachung in der Handhabung zeigen sich gute Übereinstimmungen in den mit nano-

Guard und SMPS gemessenen Größenverteilungen (Bild 4-35) sowie der Anzahl- und lungendeponierbaren Oberflächenkonzentration im Vergleich zu Kondensationskernzählern (CPC) bzw. Nanoparticle Surface Area Monitor (NSAM). Das Messprinzip erlaubt zudem eine Ausweitung der Datenauswertung im Hinblick auf agglomerierte und aggregierte Partikel.

Neben der Geräteentwicklung war IUTA in NANODEVICE insbesondere in die Planung und Durchführung von Vergleichsmessungen neuartiger Expositionsmessgeräte einbezogen. Eine umfangreiche Vergleichsstudie zu kommerziell erhältlichen, tragbaren Nanopartikelmessgeräten wurde durchgeführt und in einer internationalen Fachzeitschrift publiziert.

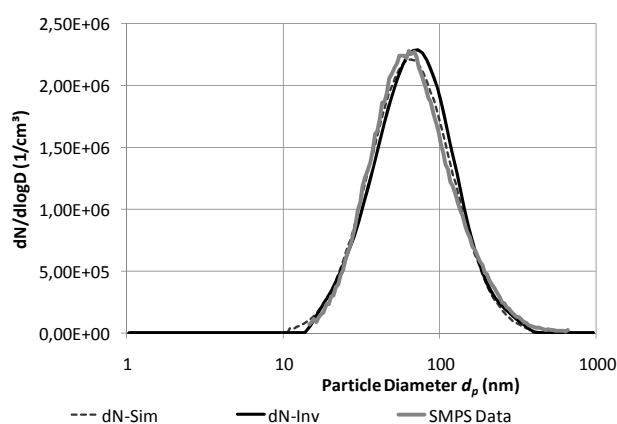


Bild 4-35: Vergleich der Größenverteilungen, gemessen mit SMPS (grau) und nanoGuard (schwarz), sowie mit der Auswertesoftware simulierte Daten (gestrichelt)

Das Projekt wird im Rahmen des siebten Forschungsrahmenprogramms (FP7) durch die Europäische Union gefördert.



Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Christof Asbach
+49 (0)2065 418 209
asbach@iuta.de

Dr. rer. nat. Thomas Kuhlbusch
+49 (0)2065 418 267
tky@iuta.de

4.3.5 Mobilität, Verhalten und Verbleib von Nanomaterialien in verschiedenen Umweltmedien

Die besonderen Eigenschaften von Nanomaterialien werden immer häufiger zur Modifikation von Produkten des alltäglichen Bedarfs und für spezielle industrielle Anwendungen genutzt. Eine zunehmende Freisetzung von technisch hergestellten Nanomaterialien (ENM engineered *nanomaterials*) in die Umwelt ist damit gegeben. Wie sich die ENM dort verhalten ist bisher nicht genügend untersucht worden. Informationen gibt es nur begrenzt und aussagefähige Testverfahren müssen erst entwickelt bzw. für die Testung von ENMs angepasst werden.

In dieser Studie wurden zwei Fragestellungen aufgegriffen. Sie betreffen die Stabilität von Beschichtungen auf Nanopartikeln und die Mobilität von Nanopartikeln bzw. deren Effekt auf die Mobilität anderer Substanzen in Böden (Carrier-Funktion).

Für den ersten Problemkreis wurde eine Prüfmethode entwickelt, mit der die Stabilität von Beschichtungen auf TiO₂-Nanopartikeln beurteilt werden kann. Als Ausgangsmaterial dienten zwei unterschiedlich funktionalisierte industrielle TiO₂-Nanomaterialien, auf die jeweils zwei Beschichtungsvarianten angewendet wurden. Zum einen waren das Aluminiumoxid mit einer hydrophoben Dimethicone Schicht, zum anderen Aluminiumoxid mit einer hydrophilen Glycerin-Schicht. Die Stabilität dieser Beschichtungen wurde hinsichtlich verschiedener Einflussfaktoren getestet. Dazu zählten der Energieeintrag zur Herstellung einer Suspension sowie die Milieubedingungen wie pH-Wert, Ionenkonzentration und gelöster organischer Kohlenstoff (DOC).

Bei den Tests diente die Variation dieser Parameter als Stressfaktor der Belastung. Ausgangspunkt des Vergleichs war jeweils ein Versuch in entsalztem Wasser und geringem Energieeintrag. Die Beurteilung der Stabilität wurde durchgeführt über a) die quantitative

Bestimmung des freigesetzten Beschichtungsmaterials b) durch die quantitative Bestimmung des Beschichtungsmaterials auf den TiO_2 -Partikeln vor und nach dem Belastungstest sowie c) indirekt, durch Untersuchung der Änderungen im Verhalten der ENMs.

Die Messungen ergaben, dass die Dimethicone- und Glycerol-Beschichtungen größtenteils von der Oberfläche des Materials freigesetzt wurden. Die Aluminiumoxid-Schicht hingegen blieb bei beiden ENMs weitestgehend intakt auf der Oberfläche. Für Betrachtungen zur Interaktion mit der Umgebung ist dies ein wesentlicher Hinweis. Die Ergebnisse der chemischen Analytik werden auch durch die gemessenen Verschiebungen des isoelektrischen Punktes (IEP) bestätigt, die auf Al_2O_3 als Oberflächenmaterial hinweisen und nicht auf TiO_2 . Des Weiteren wurde gezeigt, dass sowohl die Ionenstärke als auch die DOC-Konzentration einen Einfluss auf das Zeta-Potenzial der ENMs haben. Speziell der Einfluss des DOC scheint für das weitere Verhalten in der Umwelt von Bedeutung zu sein. Die hier eingesetzte Huminsäure (Aldrich Humic Acid) beispielsweise führte zu einer Stabilisierung der ENMs und zu einem negativen Zeta-Potenzial. Das kann zu einer erhöhten Mobilität in der Umwelt, z. B. in Böden führen.

Im zweiten Teil der Studie wurde die „Carrier“-Funktion von TiO_2 -Nanomaterialien hinsichtlich des Transports von Kupfer sowie ^{14}C Triclocarban (TCC) in drei verschiedenen Bodenarten untersucht. Das TiO_2 -Nanomaterial zeigte eine geringe Mobilität in den ausgewählten Böden, was auf das positive Zeta-Potenzial und damit eine hohe Adsorption an negativ geladene Bodenmineralien zurückgeführt werden kann. Zwar konnte mittels Rasterelektronenmikroskopischer Aufnahme, gekoppelt mit energiedispersiver Röntgenspektroskopie (REM/EDX), ein Transport einzelner Agglomerate des Nanomaterials nachgewiesen werden (Bild

4-36), insgesamt jedoch konnte keine Änderung des Mobilitätsverhaltens der beiden Substanzen durch das Nanomaterial beobachtet werden.

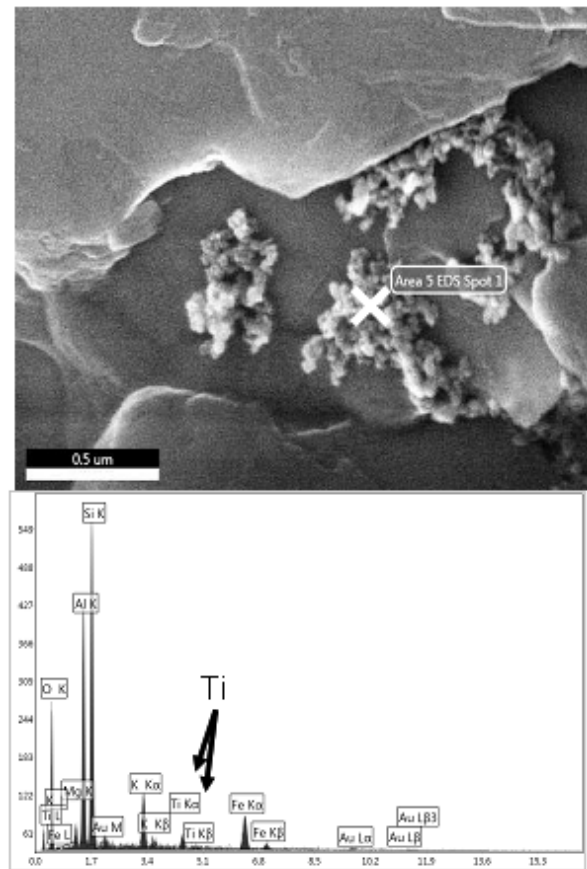


Bild 4-36: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme des unteren Segmentes der Bodensäule des Bodentyps Braunerde und Energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX) – Analyse am ausgewählten Spot

Die aufgezeigte geringere Mobilität der Nanomaterialien in den hier untersuchten Böden und unter den genannten Bedingungen lässt erwarten, dass sich Akkumulationsschichten im oberen Bodenbereich ausbilden. Dies kann für Bodenorganismen bedeutsam sein, welche sich vornehmlich in diesen Schichten aufhalten, wie zum Beispiel Regenwürmer. Ökotoxikologische Untersuchungen mit *Eisenia fetida*, welche im Rahmen dieser Studie durchgeführt wurden, zeigten, dass die Aufnahme des organischen Schadstoffes – Triclocarban (TCC) – eher von der Darreichungsform abhängig war als von der Anwesenheit des TiO_2 Nanomaterials.

Wenn der organische Schadstoff über das Futter dargeboten wurde, nahmen die Organismen mehr TCC auf, als wenn das TCC direkt in den Boden gebracht wurde, unabhängig von der Präsenz des TiO_2 Nanomaterials.

Beide Experimente, sowohl die Transport- als auch die Bioverfügbarkeitsuntersuchungen, zeigen, dass ENMs, hier speziell TiO_2 , einen deutlichen Einfluss auf das Verhalten von umweltrelevanten Schadstoffen haben können.

Das Projekt wird vom Umweltbundesamt im Rahmen des Umweltforschungsplans (UFOPLAN 2010) unter dem Kennzeichen 3710 65 414 gefördert.



Projektpartner:



Ansprechpartner:

Dipl. Umweltwiss. Carmen Nickel
+49 (0)2065 418 209
nickel@iuta.de

Dr. rer. nat. Thomas Kuhlbusch
+49 (0)2065 418 267
tky@iuta.de

4.3.6 BUONAPART-E - Better Upscaling and Optimization of Nanoparticle and Nanostructure Production by Means of Electrical Discharges

Das Ziel des Projektes BUONAPART-E ist die Entwicklung von Funken- oder Lichtbogen-generatoren zur energieeffizienten Herstellung hochspezifischer Nanopartikel mit Produktionsraten von bis zu 100 kg pro Tag. IUTA ist

in BUONAPART-E im Wesentlichen in zwei Bereichen aktiv.

Zum einen ist IUTA in die Entwicklung der Peripherie des Herstellungsprozesses eingebunden und wird den im Projekt Nanodevice entwickelten Partikelauflader dahingehend weiterentwickeln, dass er den Produktstrom elektrostatisch unipolar auflädt und mit dieser Maßnahme eine verbesserte Abscheidung der Partikel erreicht wird. Hierzu ist die Ionen-erzeugungseinheit des bestehenden Aufladers so zu vergrößern, dass Volumenströme bis zu einigen hundert Litern pro Minute durchgesetzt werden können.

Zum anderen wird IUTA Techniken zum Sammeln und zur Größenselektion der Partikel bereit stellen. Wirkungsmechanismen sind elektrostatische Abscheidung beziehungsweise unterschiedliche Partikelträchtigkeit.

Ein wichtiger Punkt auch in diesem Projekt ist die Erfassung und Bewertung der Effizienz und der Wirtschaftlichkeit der entwickelten Nanopartikelgeneratoren und des Risikos der Technologie. Im Hinblick auf die Risikoabschätzung wird IUTA den Betrieb der entwickelten Generatoren während der Gesamtlaufzeit des Projekts begleiten, die Exposition messen und die getroffenen Maßnahmen zu deren Minderung oder Vermeidung kritisch bewerten. Ein entsprechender Bericht über die mögliche Freisetzung von Nanopartikeln aus den Anlagen sowie zur Strategie mit der die Exposition erfasst und bewertet werden kann liegt bereits vor.

IUTA wird in BUONAPART-E darüber hinaus eine Monitoringstrategie zur dauerhaften Überwachung der Partikelkonzentrationen in direkter Nähe zu den Generatoren entwickeln. Ein öffentlicher Workshop zu Health, Safety and Environment (HSE) wurde von IUTA in Oslo organisiert und durchgeführt. In ausgewählten Vorträgen wurden spezifische Fragen zur Sicherheit in der Forschung zu und Produktion von Nanomaterialien behandelt und deren Themen diskutiert.

Das Projekt wird im Rahmen des siebten Forschungsrahmenprogramms (FP7) durch die Europäische Union gefördert.



Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Christof Asbach
+49 (0)2065 418 209
asbach@iuta.de

Dr. rer. nat. Thomas Kuhlbusch
+49 (0)2065 418 267
tky@iuta.de

4.3.7 Sicherheit, Gesundheit und Qualität im Umgang mit CNT - Ein Projekt der Innovationsallianz Carbon Nanotubes (Inno.CNT)

Im Rahmen des Projekts CarboSafe, einem Teilprojekt der Innovationsallianz Carbon Nanotubes - Inno.CNT des BMBF, stand abschließend die mögliche Freisetzung von CNT bei typischen Recyclingvorgängen wie Schreddern und thermische Verwertung im Fokus.

Die Untersuchungen zur möglichen Freisetzung beim Schreddern wurden mit drei verschiedenen Polymermaterialien und unterschiedlichen CNT-Gehalten durchgeführt. Die Analysen der Ergebnisse zeigten keine signifikante Freisetzung bei den für Recycling typischen Zerkleinerungsprozessen. Die elektronenmikroskopischen Untersuchungen zeigten fast ausschließlich Matrixmaterial, in das die CNT eingebunden waren.

Die Materialien der Schredderversuche wurden weiterhin auch in Hinblick auf eine mögliche Freisetzung von CNT bei der thermischen Verwertung untersucht. Hierzu wurden die typischen Parameter, die bei einer Müllverbrennung auftreten, in einem Laboraufbau (Bild 4-37) simuliert. Für Müllverbrennungsanlagen schreibt die 17. BImSchV für die Verbrennungsgase bei der Nachverbrennung eine Verweilzeit von minimal 2 Sekunden bei 850° C und einem Sauerstoffgehalt von mindestens 6 % vor. Unter Einhaltung dieser Rahmenbedingungen wurde geprüft, ob möglicherweise bei dem Verbrennungsprozess nicht umgesetzte CNT in der Bodenasche verbleiben bzw. ins Rauchgas übergehen. Hierzu wurden die Tiegelrückstände der Verbrennungsschiffchen, Rußsammelproben nach der Nachverbrennung und Proben von luftgetragenen Partikeln

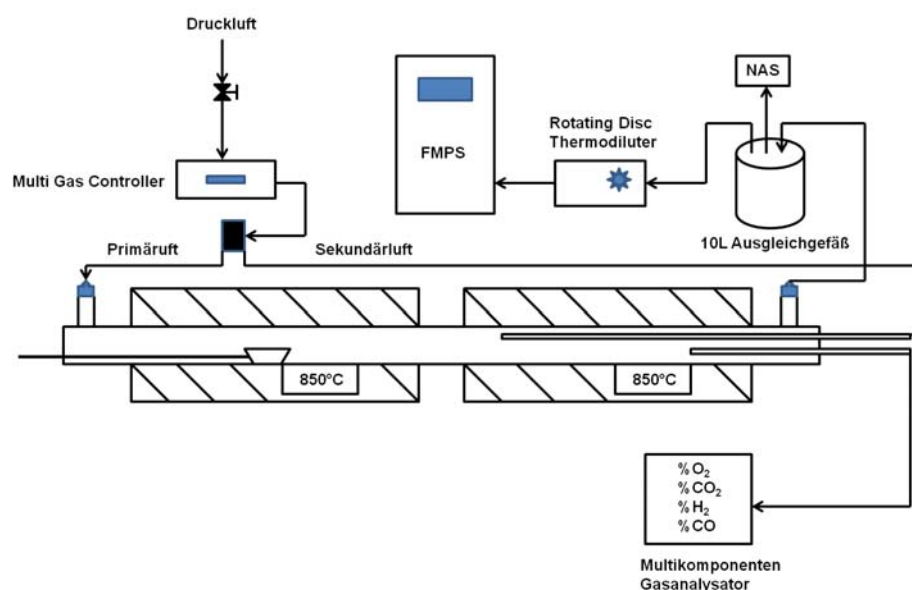


Bild 4-37: Schematischer Aufbau zur Untersuchung der thermischen Verwertung von CNT-Kompositmaterialien

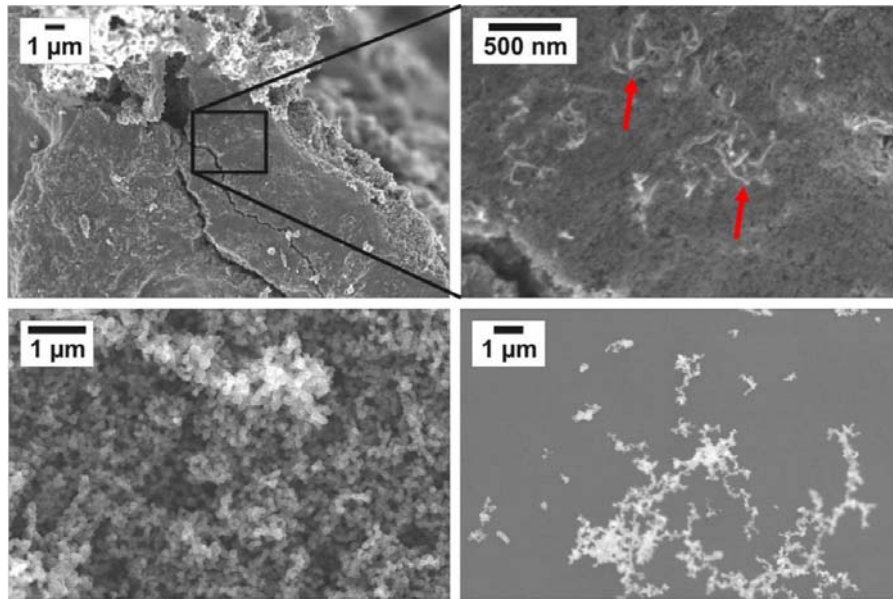


Bild 4-38: REM-Aufnahmen des Tiegelrückstands (oben), der Rußprobe nach der Nachverbrennung (unten links) und der luftgetragenen Partikel (unten rechts) nach Verbrennung eines Polymers mit 7,5 % CNT Gehalt. Die Pfeile deuten auf CNT-artige Strukturen hin

mittels rasterelektronenmikroskopischer Analysen auf das Vorhandensein von CNT-artigen Strukturen hin untersucht. Bei den Analysen wurden weder in den Rußproben noch in den Proben der luftgetragenen Partikel freie CNT nachgewiesen. Bei den Rückstandsproben der Verbrennungstiegel wurden für ein Material, unabhängig vom CNT-Gehalt, CNT-artige Strukturen gefunden, was auf eine unvollständige Verbrennung innerhalb der Tiegel hindeutet (siehe Bild 4-38 oben). Eine weiterhin durchgeführte TXRF-Analyse hat gezeigt, dass sich das Precursor-Material der CNT in den Tiegel anreichert, was auf eine Umsetzung im primären Verbrennungsbereich hindeutet. Die unvollständige Verbrennung liegt möglicherweise an unzureichenden Simulationsbedingungen gegenüber einer realen Müllverbrennung, bei welcher das Material während des Verbrennungsprozesses umgewälzt wird.

Insgesamt scheint das Risiko einer möglichen Freisetzung von vereinzelt CNT aus Verbrennungsanlagen bei der Umsetzung von Polymermaterialien sehr gering zu sein.

Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 03X0043D im

Rahmen der Innovationsallianz Carbon Nanotubes – Inno.CNT – gefördert.



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Burkhard Stahlmecke
+49-(0)2065 418 180
stahlmecke@iuta.de

Dr. rer. nat. Thomas Kuhlbusch
+49 (0)2065 418 267
tky@iuta.de

4.3.8 Materialeigenschaften, Freisetzung und Verhalten von CNT-Materialien in der Umwelt - Ein Projekt der Innovationsallianz Carbon Nanotubes (Inno.CNT)

CarboLifeCycle

Im Rahmen der Innovationsallianz Carbon Nanotubes – Inno.CNT des BMBF war IUTA sowohl am Projekt CarboSafe als auch an CarboLifeCycle beteiligt. Gegenstand der

Forschung in CarboLifeCycle sind grundlegende Untersuchungen zur Charakterisierung und zum Nachweis von CNT in reiner und in gebundener Form - eingebettet in Kompositmaterialien. Des Weiteren wird die Mobilität ausgewählter CNT in artifiziellen Böden im Rahmen von Säulenversuchen untersucht. Ergänzend erfolgt, zusammen mit dem Projektpartner Bayer Technologie Services, die Entwicklung eines auf der thermogravimetrischen Analyse (TGA) basierenden Verfahrens, mit dem die Freisetzungswahrscheinlichkeit von CNT aus Produkten/Halbzeugen wie z. B. Polycarbonaten bestimmt werden soll.

Die Eignung des, üblicherweise zur Bestimmung des Gehalts an elementarem (EC) und organischem Kohlenstoff (OC) in Aerosolen verwendeten, Verfahrens der thermo-optischen EC/OC Analyse als Nachweisverfahren von CNT wurde geprüft. Bei den grundlegenden Untersuchungen mit den vier gebräuchlichsten Temperaturprotokollen an über 20 verschiedenen CNT Modifikationen und Vergleichssubstanzen konnte eine Unterteilung in drei verschiedene Gruppen vorgenommen werden. Diese Gruppen unterscheiden sich im Wesentlichen in der Zersetzungstemperatur im EC-Bereich. Zurzeit konzentrierten sich die Arbeiten auf reale Filterproben von luftgetragenen CNT und deren möglichen Nachweis entsprechend der zuvor bestimmten Gruppierung.

Die Mobilität verschiedener CNT in artifiziellen Bodensubstraten wird unter Variation von verschiedenen, definierten Einflussparametern wie z. B. Korngröße, pH-Wert, Salzgehalt und Zusatz von Huminstoffen qualitativ und quantitativ untersucht. Für die Durchführung der Versuche wird auf die Säule eine Schicht mit einem vorpräparierten CNT-Sand-Gemisch aufgegeben, da es nicht möglich ist, stabile CNT-Suspensionen für die vorgesehenen Versuche herzustellen. Der CNT-Gehalt sowie der Vereinzelungsgrad der CNT in der präparierten Sandschicht sind dabei bekannt.

Nach anschließender Beregnung der Säule werden der Boden in der Säule und das Eluat auf ihre CNT-Gehalte untersucht, um Aussagen zur Mobilität oder Akkumulation der CNT zu erhalten.

Einen weiteren Projektschwerpunkt bildet der Einsatz der thermogravimetrischen Analyse (TGA) im Hinblick auf die Freisetzungswahrscheinlichkeit von CNT aus Kompositmaterialien unter dem Einfluss thermischer Beanspruchung. Am IUTA wurden hierzu Polycarbonatproben mit unterschiedlichen CNT-Gehalten in einer Kugelmühle fein vermahlen und das Produkt anschließend nach Siebfraktionen klassiert. Die resultierende Größe der Partikel wurde jeweils aus REM-Untersuchungen bestimmt. Beim Projektpartner Bayer Technologie Services werden die TGA-Analysen durchgeführt, wobei sich ein Einfluss der Größe der untersuchten Partikel gezeigt hat. Zur Validierung dieser Ergebnisse werden zurzeit weitere Versuche, auch mit zwei anderen Kompositmaterialien, durchgeführt. Geplant ist weiterhin eine Rückstandsanalyse der TGA-Tiegel um Aufschluss über den Grad der Zersetzung der Komposite und die Möglichkeit einer Freilegung und Freisetzung von vereinzelter CNT zu erlangen.

Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 03X0114D im Rahmen der Innovationsallianz Carbon Nanotubes - Inno.CNT - gefördert.



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Inno.CNT
INNOVATIONSALLIANZ
CARBON NANOTUBES

Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Burkhard Stahlmecke
+49-(0)2065 418 180
stahlmecke@iuta.de

Dr. rer. nat. Thomas Kuhlbusch
+49 (0)2065 418 267
tky@iuta.de

4.3.9 Technologien zur Luftqualitätsüberwachung in städtischen Gebieten



Im Dezember 2010 startete das von IUTA koordinierte EU FP7-Projekt AirMonTech („Air Quality Monitoring Technologies for Urban Areas“), an dem Forschungsinstitute und Universitäten aus sieben Ländern, sowie das Joint Research Center Ispra der EU-Kommission beteiligt sind. Hintergrund dieses bis Mai 2013 laufenden Projektes ist die Verbesserung der jetzigen und zukünftigen europäischen Luftqualitätsüberwachung. Im Rahmen des Projektes wurde eine öffentlich zugängliche Dokumenten-Datenbank erstellt, die Informationen über Schadstoffe und verfügbare bzw. in Entwicklung befindliche Messtechniken, Standardarbeitsanweisungen, Typprüfungen und weitere für die Luftqualitätsmessnetze relevante Daten enthält (<http://db-airmontech.jrc.ec.europa.eu/>). Die Datenbank ist über die Projektwebsite erreichbar und wird beim JRC in Ispra vorgehalten und gepflegt. Ihre vorläufige Komplettierung ist bis zum Ende des ersten Quartals 2013 geplant. Die Datenbank wird auch nach Ende der Projektlaufzeit weiterhin offen gehalten und durch Mitarbeiter des JRC ISPRA ergänzt.

Aufbauend auf den gewonnenen Informationen zu aktuellen Trends in der Messtechnik, neueren Befunden zur Gesundheitsrelevanz der Luftschadstoffe und wissenschaftlichen Erkenntnislücken werden im Weiteren Vorschläge für zukünftige Forschungsschwerpunkte ausgearbeitet, mit der Fachwelt diskutiert und am Ende des Projektes der EU-Kommission unterbreitet. In zwei größeren internationalen Workshops (2011: London, 2012: Barcelona) wurden die Projektergebnisse dem interessierten Fachpublikum vorgestellt. Ein dritter Fachworkshop ist für den 4.-6. März 2013 in Duisburg geplant, die

Abschlusskonferenz findet am 16. Mai 2013 in Brüssel statt.

Weiterführende Informationen sind im Internet zu finden unter: www.airmontech.eu

Das Projekt wird im Rahmen des siebten Forschungsrahmenprogramms (FP7) durch die Europäische Union gefördert.



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Thomas Kuhlbusch
(Projektkoordinator)
+49 (0)2065 418 267
tky@iuta.de

Dr. rer. nat. Ulrich Quass
+49 (0)2065 418 214
quass@iuta.de

4.3.10 ENERGEO: Verfahren zur globalen Verfolgung der Auswirkungen von Änderungen im Energiesektor



Im Rahmen des internationalen Großprojektes ENERGEO arbeitet IUTA an einer Methode zur kontinuierlichen Untersuchung und Vorhersage von Auswirkungen der Emissionen aus fossiler Energieerzeugung. Fokus sind Auswirkungen auf die Luftqualität in Europa, und hier insbesondere die Feinstaubkonzentration und -zusammensetzung. IUTA arbeitet dabei intensiv mit der niederländischen TNO zusammen.

Die spezifische Aufgabenstellung besteht darin, die Ergebnisse zweier unterschiedlicher Modellansätze für die Quellzuordnung von luftgetragenen Partikeln (PM₁₀) zu verglei-

chen. Zum einen hat IUTA hierzu eine Rezeptormodellierung mit der Positiv-Matrix-Faktorisierung (PMF) vorgenommen. Dabei wurden, unseres Wissens nach erstmals in diesem Umfang, mehrere Datensätze kombiniert, die von Orten in Belgien, Deutschland und den Niederlanden stammen. Zum anderen hat TNO das Chemie-Transport-Modell LOTOS-(EUROS) modifiziert, das von bekannten Emissionsdaten ausgeht und die Ausbreitung der emittierten Schadstoffe unter Berücksichtigung der atmosphärenchemischen Reaktionen simuliert. Damit können nun die modellierten Schadstoff-Konzentrationen anteilig den Ursprungsquellen zugeordnet werden. Für den angestrebten Vergleich wurden für dieselben Orte (bzw. Rasterflächen) und Zeiträume, welche dem IUTA-Rezeptormodell zu Grunde lagen, die Konzentrationen der partikelförmigen Schadstoffe ermittelt.

Im Ergebnis zeigt sich, dass beide Modelle qualitativ gut übereinstimmen und sowohl gleichgerichtete zeitliche Trends wie auch ähnliche räumliche Verteilungen ergeben. Die Analysen zeigen auch klar die analytischen Grenzen der gewählten Modelle durch teilweise unbefriedigende Übereinstimmung in der quantitativen Aussage. So berücksichtigt das TNO-Modell nicht alle für die realen messbaren PM_{10} -Konzentrationen relevanten Quellprozesse. Dies betrifft insbesondere die Bildung sekundärer organischer Partikel aus organischen Vorläufersubstanzen und die Quellen für die Emission oder Wiederaufwirbelung von Mineralstäuben sind auch nur unzureichend beschrieben. Zusammengekommen kann dies je nach betrachtetem Standort zu Unterschätzungen der real messbaren PM_{10} -Konzentrationen von einigen 10 % führen. Weiterhin sind viele, für bestimmte Quellen charakteristische, Tracer-Komponenten (insbesondere Schwermetalle) in der Emissionsdatenbank nicht enthalten. Gerade diese Substanzen und ihre Verhältnisse dienen jedoch den Rezeptormodellen

als Leitsubstanzen für die Identifikation der zunächst rein mathematisch extrahierten „Quell“-Profile. Auf der Seite der Rezeptormodellierung ergibt sich andererseits die Schwierigkeit, dass sekundär in der Atmosphäre gebildete Partikelbestandteile (z. B. Ammoniumnitrat) virtuell hauptsächlich einer gemeinsamen Quelle zugeordnet werden, obwohl ihre Vorläufersubstanzen (Stickstoffoxide und Ammoniak) vorwiegend verschiedenen Prozessen (Verbrennungsprozesse und Landwirtschaft) entstammen.

Dieser Sachverhalt sei im Folgenden an einem Beispiel näher erläutert. Mittels Rezeptormodellierung konnte eine Quelle isoliert werden, deren Inhaltsstoffprofil durch markante Anteile der Tracersubstanzen Vanadium und Nickel charakterisiert ist. Diese Quelle weist weiterhin einen deutlichen abnehmenden West-Ost Gradienten auf. Beide Indizien sprechen für Emissionen aus der Schwerölverbrennung, die insbesondere aus den an der belgischen und niederländischen Küste liegenden Raffinerien sowie aus die Küste passierenden Überseeschiffen stammen können. Neben den genannten Tracer-Substanzen ordnet das Modell diesem Quellprofil auch gewisse Anteile an sekundären Staubkomponenten (Sulfat, Nitrat, Ammonium) zu. Aber gerade diese letzteren Komponenten lassen sich mit dem TNO-Ausbreitungsmodell berechnen. So bleibt aufgrund der beschriebenen Sekundärstoff-Problematik in der Rezeptormodellierung der Modell-Vergleich für diese Substanzen quantitativ unbefriedigend.

Aus den Erkenntnissen lässt sich folgern, dass die Modifikation des Chemie-Ausbreitungsmodells mit dem Modul zur Zuordnung der Ursprungsquellen ein großes Potenzial hat, zukünftig die Schwebstaubkonzentrationen rein rechnerisch den relevanten Entstehungsprozessen zuzuordnen, ohne auf Feldmessdaten zurückgreifen zu müssen. Damit wäre es einerseits möglich, gezielte Luftreinhaltemaßnahmen zu ergreifen,

andererseits könnte eine quellenbezogene Expositionsbewertung erfolgen, die neue Erkenntnisse in umweltepidemiologischen Untersuchungen erwarten lassen. Zur Erreichung dieses Ziels sind allerdings noch anspruchsvolle Weiterentwicklungen der Emissionsdatenbasis (Einschluss von Tracer-Komponenten, realistischere Zeitreihen)- und der Modellkonfiguration (Bildung sekundärer organischer Verbindungen) notwendig. Das so weiterentwickelte Modell müsste dann erneut einer Validierung anhand von Feldmessdaten und unter Nutzung von Rezeptormodellen unterzogen werden.

Weiterführende Informationen sind im Internet zu finden unter: www.energeo-project.eu

Das Projekt wird im Rahmen des siebten Forschungsrahmenprogramms (FP7) durch die Europäische Union gefördert.



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Ulrich Quass
+49 (0)2065 418 214
quass@iuta.de

Dr. rer. nat. Thomas Kuhlbusch
+49 (0)2065 418 267
tky@iuta.de

Dr. rer. nat. Astrid John
+49 (0)2065 418 214
john@iuta.de

4.3.11 Untersuchung von Innenraumquellen für luftgetragene Partikel

Das im September 2011 begonnene UFOPLAN-Projekt: „Untersuchung zur Freisetzung feiner und ultrafeiner Partikel aus Quellen im Innenraum - chemisch-physikalische Charakterisierung und Studien zur gesundheitlichen Wirkung“ (UFO-PLAN 3711 62 205) befasst sich mit den Emissionen haushaltstypischer Partikelquellen (Kerzen

abbrennen, Brot rösten, Pizza backen, Würstchen braten, staubsaugen, im Kaminofen Holz verbrennen) und zielt darauf ab, einerseits die emittierten Partikel chemisch-physikalisch und toxikologisch zu charakterisieren und andererseits ihre kurzzeitigen gesundheitlichen Auswirkungen auf die Atemwege und das Herz-Kreislaufsystem zu ermitteln.

Für die chemisch-physikalischen Untersuchungen kamen unterschiedliche Aerosol- und Partikel-Messverfahren für die Ermittlung der Anzahl-Größenverteilung (SMPS, APS, FMPS), der Partikeloberfläche (NSAM) und der chemischen Zusammensetzung (Aerosol-massenspektrometer AMS) zum Einsatz (s. Bild 4-39). Weiterhin wurden gasförmige Emissionen zeitaufgelöst mittels Protonen-transfer-Massenspektrometrie (PTR-MS) ermittelt. Ergänzend erfolgten integrierende Probenahmen auf Filtern bzw. leitfähigen Trägern (mit dem Nanoaerosol-Sammler NAS) für elektronenmikroskopische und röntgenspektrometrische Untersuchungen.

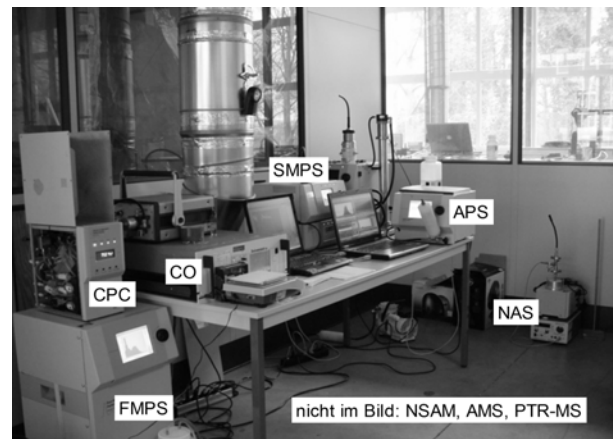


Bild 4-39: Zusammenstellung der für die Messungen eingesetzten Messgeräte

Die Experimente fanden in einer für die Prüfung von Luftreinigungsgeräten konzipierten Prüfkammer in der neuen IUTA-Technikhalle statt. Die Versuche zeigten, dass alle zum Raum hin offenen, thermischen Prozesse erhebliche Mengen an ultrafeinen Partikeln freisetzen, die zu Anzahlkonzentrationen im Bereich einiger Millionen je cm^3 führten (zum Vergleich: typische Stadtluft, abseits von

Straßen, weist Anzahlkonzentrationen um 10.000 Partikeln je cm^3 auf). Deutlich geringere Emissionen wurden für das Pizza backen in einem sauberen Backofen verzeichnet. Auch beim Staubsaugen wurden keine relevanten Emissionen beobachtet, wenn der Sauger bestimmungsgemäß mit Grob- und Feinfilter betrieben wurde (Aufwirbelung durch die Saugdüsen wurde dabei versuchstechnisch ausgeblendet). Ohne Feinfilter entstanden Emissionen sowohl durch Motorabrieb als auch durch Resuspension des vorgelegten Teststaubes.

Auf der Basis der Ergebnisse wurden zunächst die drei relevanten Prozesse (Kerzen, Brot rösten, Braten) für die Probanden-Expositionsstudie ausgewählt, die in einem mit Zwangsbelüftung und Klimatisierung ausgestatteten neuen Laborraum stattfindet (s. Bild 4-40). Vor und nach der Exposition sowie erneut nach 24 Stunden durchlaufen die Probanden mehrere medizinische Untersuchungsschritte. Einige Probanden erhalten dabei auch personengetragene Messgeräte, mit denen sich verfolgen lässt, ob während der medizinischen Untersuchungen außerhalb der Expositions-kammer zusätzliche Belastungen auftreten. Erste Auswertungen der medizinischen Untersuchungen werden für Anfang 2013 erwartet.

Das Projekt wird in Kooperation mit dem Institut für umweltmedizinische Forschung (IUF), Düsseldorf durchgeführt.



Bild 4-40: Raum für Probandenexposition

Das Projekt wird vom Umweltbundesamt unter dem Kennzeichen 3711 62 205 gefördert.



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Thomas Kuhlbusch
+49 (0)2065 418 267
tky@iuta.de

Dr. rer. nat. Ulrich Quass
+49 (0)2065 418 214
quass@iuta.de

Dr. rer. nat. Bryan Hellack
+49 (0)2065 418 188
hellack@iuta.de

4.3.12 Messung von ultrafeinen Partikeln (UFP) in Mülheim-Styrum

Epidemiologische Studien in den USA und Europa haben eine gesundheitsschädliche Wirkung von Schwebstaub, insbesondere der Partikelfraktion mit aerodynamischem Partikeldurchmesser $\leq 10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) nachgewiesen. Aktuelle Studien deuten allerdings auf signifikante Assoziationen der kleineren Partikelfraktion, z. B. $\text{PM}_{2,5}$, mit potenziellen gesundheitlichen Wirkungen hin. Im Jahr 2013 steht die Revision der Luftreinhaltelinie der EU an. Dabei sollen u. a. auch alternative Indikatoren für Feinstaub in Ergänzung zu den Massenkonzentrationen PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$ diskutiert werden. Alternative PM-Indikatoren sind neben der Partikelanzahl auch die in der Lunge deponierte Partikeloberfläche z. B. in den Alveolen.

IUTA wurde vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) beauftragt, die Messungen der Partikelanzahlgrößenverteilung an der städtischen Hintergrundstation Mülheim-Styrum aus dem Vorläuferprojekt *Räumliche und zeitliche Variabilität von ultrafeinen Partikeln* fortzuführen. Zusätzlich sollte eine gleichzeitige

Bestimmung der in den Alveolen deponierbaren Partikelklasse erfolgen. Belastbare Aussagen über jährliche Zyklen und Trends der Partikelkonzentration im submikronen Größenbereich und damit der Exposition sind nur aufgrund mehrjähriger Messreihen möglich.

Zur Messung der nach Partikelgrößen aufgelösten Anzahlkonzentration wurde ein Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS, TSI Modell 3936) und zur Bestimmung der in den Alveolen deponierbaren Partikeloberflächenkonzentration ein Nanoparticle Surface Area Monitor (NSAM, TSI Modell 3550) eingesetzt. Der bisherige Untersuchungszeitraum war vom 01.03.2009 bis 31.12.2012. Bei diesen Untersuchungen wurden neben den Partikelanzahl-, Partikelgrößenverteilungs- und alveolaren Partikeloberflächenmessungen auch die vom LANUV bestimmten Stickoxid- und PM_{10} -Massenkonzentrationsmessungen sowie die meteorologischen Daten betrachtet. Ab März 2011 wurden von IUTA zusätzlich PM_{10} -Massenkonzentrationsmessungen durchgeführt.

Bei den Untersuchungen im Jahr 2012 wurde im Mai der höchste Stundenmittelwert der Partikelanzahlkonzentration mit $73.730 \text{ \#/cm}^3$ bestimmt, davon waren 70.150 UFP/cm^3 . Gemessen wurde mit einem SMPS, Messbereich 14 nm - 750 nm. Die mittlere Partikelkonzentration über das Jahr lag bei $12.910 \text{ \#/cm}^3$ und 11.330 UFP/cm^3 für die Größenfraktion $< 100 \text{ nm}$.

Die höchste in den Alveolen deponierbare Partikeloberflächenkonzentration wurde mit einem Stundenmittelwert von $243 \text{ \mu m}^2/\text{cm}^3$ während des Feuerwerks in der Neujahrsnacht bestimmt (Partikelgrößenbereich 10 nm - 1.000 nm des NSAM). Die mittlere Jahreskonzentration lag bei $37,4 \text{ \mu m}^2/\text{cm}^3$. Tabelle 4.2 enthält die Maximalwerte und mittleren Werte im Untersuchungszeitraum.

Bei den Tagesgängen der Partikelanzahlkonzentrationen und alveolar deponierbaren Partikeloberflächenkonzentrationen konnte ein

ähnlicher zeitlicher Verlauf beobachtet werden. So fielen die höchsten mittleren Tageswerte mit dem morgendlichen Berufsverkehr zusammen und ein zweites Tagesmaximum fiel in die Nachmittag-/Abendstunden des städtischen Straßenverkehrs.

Windrichtungsanalysen haben ergeben, dass sowohl die Partikelanzahlkonzentrationen als auch die alveolar deponierbaren Partikeloberflächenkonzentrationen bei Wind aus nordöstlichen Richtungen höher lagen, als bei Wind aus süd- oder südwestlichen Richtungen.

Zur Beantwortung der Frage, ob ein Zusammenhang der alveolar deponierbaren Partikeloberfläche mit anderen Metriken hergestellt werden kann, wurden Korrelationsanalysen durchgeführt. Danach ergeben sich nur für die berechneten Partikeloberflächenkonzentrationen (umgerechnete Partikelanzahlkonzentrationen des SMPS zwischen 14 - 750 nm Durchmesser) sehr gute Korrelationen mit den in den Alveolen deponierbaren Partikeloberflächen des NSAM. Alle anderen Vergleiche führten zu mäßigen bis sehr geringen Korrelationen. Tabelle 4.3 gibt eine Übersicht.

Da bisher kein eindeutiger Zusammenhang der alveolar deponierbaren Partikeloberflächenkonzentration zu anderen Metriken zu erkennen ist, kann die Messung der alveolar deponierbaren Partikeloberflächenkonzentration als unabhängige Expositionsmetrik betrachtet werden.

Das Projekt wurde vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen gefördert.

Landesamt für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen



Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Heinz Kaminski
+49 (0)2065 418 105
kaminski@iuta.de

Dr. rer. nat. Thomas Kuhlbusch
+49 (0)2065 418 267
tky@iuta.de

Tabelle 4.2: Zeitliche Entwicklungen der Maximal- und Mittelwerte im Untersuchungszeitraum Werte für 2009 ab März, PM₁ ab März 2011, die Werte PM₁₀, NO und NO₂ wurden vom LANUV zur Verfügung gestellt)

			2009	2010	2011	2012
SMPS gesamt 14 - 750 nm	#/cm ³	max.	87.032	70.555	65.427	73.726
		Ø	11.939	11.181	10.236	12.908
SMPS UFP 14 - 100 nm	#/cm ³	max.	78.832	69.077	50.825	70.151
		Ø	10.361	9.497	8.660	11.328
NSAM	µm ² /cm ³	max.	289,37	254,66	700,74	243,38
		Ø	38,08	48,65	37,93	37,43
PM ₁	µg/m ³	max.	-	-	82,90	115,05
		Ø	-	-	10,67	10,12
PM ₁₀	µg/m ³	max.	477,77	139,06	265,68	248,73
		Ø	24,14	23,64	26,38	24,04
NO	µg/m ³	max.	323,60	482,95	547,23	308,57
		Ø	10,10	12,70	15,46	10,14
NO ₂	µg/m ³	max.	155,39	165,95	149,62	138,80
		Ø	31,03	33,21	31,20	29,54

Tabelle 4.3: Lineare Korrelation zwischen den Konzentrationen der angegebenen Metriken

Alveolar deponierbare Partikeloberfläche des NSAM korreliert mit:	R ²			
	2009	2010	2011	2012
Alveolar deponierbarer Partikeloberfläche SMPS (berechnet aus Messungen)	0,94	0,98	0,95	0,93
UFP	0,32	0,56	0,55	0,31
100-750 nm Partikel	0,87	0,86	0,88	0,85
PM ₁	-	-	0,45	0,35
PM ₁₀	0,42	0,38	0,45	0,34
PM ₁ Äquivalent (Partikelvolumen SMPS)	0,63	0,61	0,67	0,52
NO gesamt	0,38	0,47	0,52	0,33
NO > Nachweisgrenze	0,58	0,59	0,59	0,33
NO ₂	0,48	0,49	0,45	0,42

4.4 Umwelthygiene & Spurenstoffe

4.4.1 Nährstoffgewinnung und Elimination von Spurenstoffen bei der thermokatalytischen Herstellung von Biokohle (NEST-HTC)

Die Herstellung von Biokohle gewinnt aufgrund steigender Nachfrage zunehmend an Bedeutung. Ihre Einsatzmöglichkeiten sind vielfältig und reichen dank einer hohen Energiedichte von Energienutzung bis zur stofflichen Verwertung ihrer Bestandteile. Die Biokohle fungiert hierbei als Kohlenstoffsенke und hat eine hohe Speicherkapazität für Nährstoffe und Wasser.

Die hydrothermale Karbonisierung (HTC) stellt ein energieeffizientes Verfahren dar, Biokohle aus organischem Ausgangsmaterial herzustellen. Sogar Abfallstoffe wie Klärschlamm sind für die HTC geeignet ohne dass sie zuvor aufbereitet werden müssen, da die HTC in wässriger Umgebung stattfindet.

Bislang nicht geklärt sind das Verhalten und der Verbleib von organischen Schad- und Spurenstoffen bei der HTC. Im Rahmen des Projektes wird untersucht, ob die Schadstoffe aus dem Klärschlamm während der hydrothermalen Karbonisierung abgebaut werden, in der Biokohle verbleiben oder durch die Prozessbedingungen neu gebildet werden können und sich dann in der Kohle anreichern. Im Fokus stehen hierbei Arzneimittel,

Duftstoffe, perfluorierte Tenside, Hormone, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe sowie Dioxine und Furane. In Zusammenarbeit mit dem Projektpartner dem Institut für Abwasserwirtschaft und Gewässerschutz (AWW) der Technischen Universität Hamburg-Harburg (TUHH) wurde das Verhalten der Nährstoffe Phosphor und Stickstoff untersucht sowie die ökonomische Effizienz des Prozesses betrachtet. Bild 4-41 zeigt den Vergleich von gefriergetrocknetem Klärschlamm als Ausgangsmaterial und das Biokohle-Produkt.

Auf Grundlage der im IUTA existierenden chemischen Analysemethoden für Arzneimittel, Duftstoffe und Hormone wurde eine Probenvorbereitungs- und Aufreinigungsmethode entwickelt und evaluiert. Sie besteht aus einer beschleunigten Lösemittelextraktion (ASE) und Festphasenextraktion (SPE) für Klärschlamm und Biokohle, mit der eine zuverlässige Quantifizierung von 14 ausgewählten Arzneimitteln in Klärschlamm und HTC-Kohle möglich wird. Untersuchungen unterschiedlicher Klärschlämme und HTC-Kohlen zeigen, dass die Konzentrationen der meisten im Klärschlamm nachweisbaren Arzneimittelwirkstoffe durch den HTC Prozess verringert werden können.

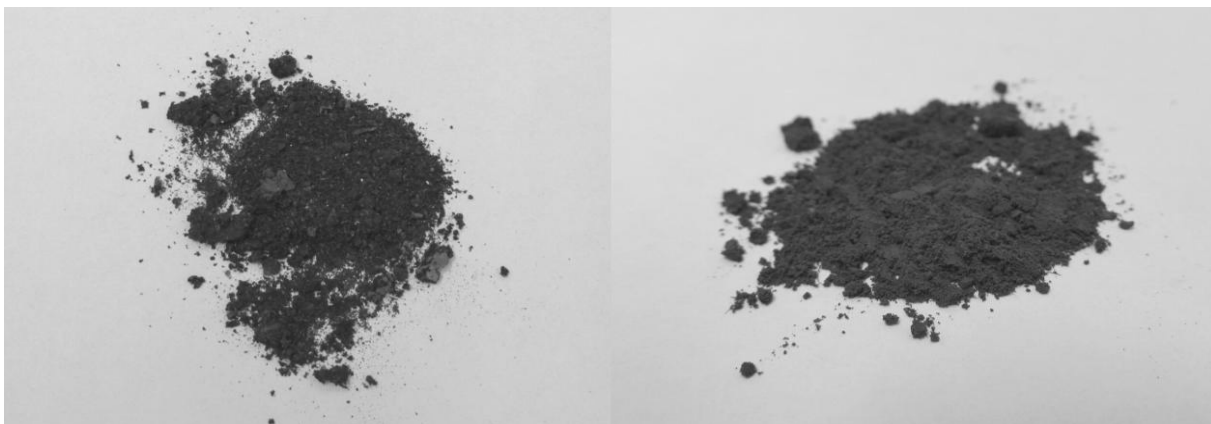


Bild 4-41: a) gefriergetrockneter Klärschlamm
b) gefriergetrocknete Biokohle aus hydrothormaler Karbonisierung (HTC)

Eine vollständige Elimination wird allerdings nur für wenige Substanzen wie z. B. Erythromycin und Propranolol erreicht. Der mechanistische Ablauf wird anhand der Modellschubstanz Diclofenac in Hinblick auf den Substanzabbau und die Bildung von Transformationsprodukten bei der HTC untersucht.

Perfluorierte Tenside sind thermisch so stabil, dass sie durch die hydrothermale Karbonisierung nicht abgebaut werden. Die Konzentration von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) wird durch die HTC ebenfalls nicht verändert, die Substanzen werden also weder abgebaut noch im Prozessverlauf gebildet.

Das Verhalten von Dioxinen und Furanen (PCDD/F) sowie von flüchtigen organischen Substanzen (VOC) während der HTC wird derzeit noch untersucht.

Das Forschungsvorhaben 16723 N der Forschungsvereinigung Umwelttechnik wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Jochen Türk
+49 (0)2065 418 179
tuerk@iuta.de

M. Sc. Claudia vom Eyser
+49 (0)2065 418 157
vomEyser@iuta.de

4.4.2 Energieeffiziente Eliminierung von persistenten Pharmazeutika aus Abwässern mit schadstoffabhängig gesteuertem Oxidationsverfahren (EPASGO)

Der Eintrag von endokrinen Disruptoren und Arzneimittelwirkstoffen in die aquatische Umwelt ist wegen ihren toxikologischen und ökotoxikologischen Noxen zu begrenzen. Vor dem Hintergrund der europäischen Wasser-Rahmenrichtlinie (WRRL) hat die Europäische Kommission am 31.01.2012 Umweltqualitätsnormen (UQN) für Hormone sowie Carbamazepin und Diclofenac vorgeschlagen. Zur Reduktion dieser prioritären Stoffe aus Kläranlagenabläufen wird die Ozonung derzeit im großtechnischen Maßstab erprobt. Die Bestimmung dieser Spurenstoffe erfordert niedrige analytische Nachweisgrenzen und kann im Labor neben instrumenteller Einzelstoffanalytik auch summarisch mittels biologischer Assays erfolgen.

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde das Ziel verfolgt, auf Basis der transgenen Hefe *Arxula adenivorans* ein online-Messverfahren zur Bestimmung von estrogenaktiven Substanzen und nicht-opioiden Pharmazeutika zur bedarfsgesteuerten Ozonung von Kläranlagenabläufen zu entwickeln.

Die Nachweisempfindlichkeit und Ansprechgeschwindigkeit der biologischen Sensorkomponente zur summarischen Estrogenitätsbestimmung konnte gesteigert und erstmalig eine neue transgene Hefe zur summarischen Erfassung von Arzneimittelbelastungen in Abwasserproben entwickelt werden. Die Eignung dieses Sensors konnte mittels photometrischer und amperometrischer Messungen unter Beweis gestellt werden. Der untere Anwendungsbereich für Diclofenac lag bei 100 ng/L und damit im Bereich der vorgeschlagenen UQN. Allerdings sind für den Praxiseinsatz noch weitere Arbeiten zur Steigerung von Robustheit und Reproduzier-

barkeit notwendig. Zur Prozesskontrolle und Korrelationsanalyse zwischen instrumenteller Substanzanalytik und wirkungsspezifischer Messung mittels hefezellenbasierender Systeme wurden die Probenvorbereitungsmethoden weiterentwickelt und die Analysemethoden optimiert.

Für die Evaluation und Charakterisierung des Gesamtsystems, bestehend aus summarischer Bestimmung und energieoptimierter Steuerung der Ozonung, wurde der als Messplattform dienende EstraMonitor in eine Demonstrationsanlage zur Behandlung von Kläranlagenabläufen mit Ozon integriert. Die Messzeit zur wirkungsbezogenen online-Bestimmung der Estrogenität konnte von 4 auf 2 Stunden halbiert werden. Die Realisierung des Gesamtsystems mit amperometrischer Messprozedur und interaktiver Steuerung einer wirkungsbezogenen Ozondosis ermöglichte eine energieeffiziente Ozonung bei geringem Personalaufwand.

Aufbauend auf den Ergebnissen dieses Projektes wird zusammen mit den Partnern quo data GmbH, Prolatec GmbH, Medizin- und Labortechnik Engineering GmbH (MLE) und dem Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) im Rahmen des zentralen Innovationsprogrammes Mittelstand (ZIM) eine neue Messplattform mit weiteren Endpunkten entwickelt. Mit dem „PharMS“ soll es zukünftig möglich werden, einen Summenparameter für die Arzneimittelbelastung von Oberflächengewässern und Abwässern schnell und kostengünstig zu bestimmen. Darüber hinaus werden die photometrischen, hefezellenbasierten Testsysteme zur wirkungsspezifischen Analytik in weiteren Forschungsvorhaben angewendet und gehen in das Dienstleistungsangebot von IUTA ein.

Das Forschungsvorhaben 16145 N der Forschungsvereinigung Umwelttechnik wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Jochen Türk
+49 (0)2065 418 179
tuerk@iuta.de

Dr. rer. nat. Christoph Portner
+49 (0)2065 418 216
portner@iuta.de

4.4.3 Untersuchungen zur Entfernung organischer Spurenstoffe aus Abwasser durch den Einsatz von Plasmaverfahren

Das Forschungsvorhaben wurde vom Lehrstuhl Instrumentelle analytische Chemie (IAC) der Universität Duisburg-Essen und dem IUTA durchgeführt. Es wurde untersucht in wie weit sich durch direkte niedrigenergetische Entladungen im Abwasser organische Spurenstoffe eliminieren lassen. Bild 4-42 zeigt eine schematische Darstellung des neu konzipierten Plasmareaktors.

Für die Übertragung der bei der Behandlung von Abgasen bekannten Technik auf die Anwendung in wässrigen Phasen muss eine Vielzahl von gleichzeitig ablaufenden Reaktionen kontrolliert werden. Diese sollen für die nichtthermischen Plasmen aufgeklärt und die Machbarkeit für die Anwendung auf reale Abwässer aus Krankenhäusern und Kläranlagen aufgezeigt werden. Nicht zuletzt ist die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens zu bewerten.

Die Abbaueffektivität für verschiedene in Oberflächengewässern unerwünschte Spurenstoffe und mögliche Matrixstörungen bei der Behandlung realer Abwässer wurden mittels LC-MS/MS analysiert. Bei der Untersuchung von realen Abwasserproben konnten

durch den Einfluss der komplexen Probenmatrix die Spurenstoffeliminationsraten, wie sie für die Einzelstoffe in Reinstwasser erreicht wurden, nicht bestätigt werden.

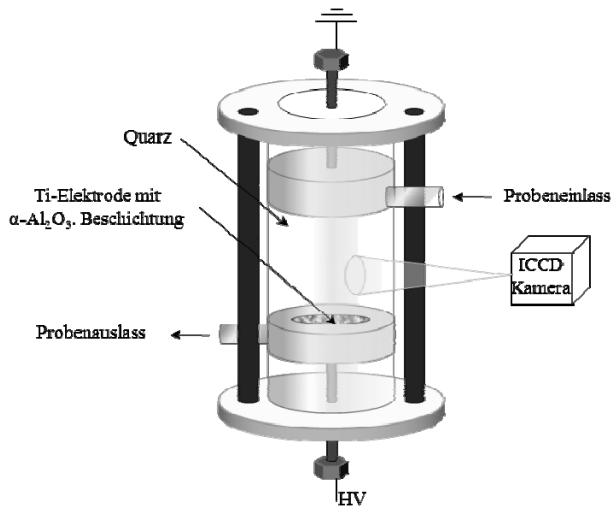


Bild 4-42: Schematische Darstellung des Plasmareaktors (Bild: IAC)

Das Forschungsvorhaben 16369 N der Forschungsvereinigung Umwelttechnik wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Jochen Türk
+49 (0)2065 418 179
tuerk@iuta.de

Dr. rer. nat. Christoph Portner
+49 (0)2065 418 216
portner@iuta.de

4.4.4 Minderung von Arzneimittel-Emissionen aus Krankenhäusern in NRW

Die vom MKULNV in Auftrag gegebene Studie zur Untersuchung von „Eliminationsmöglichkeiten von Arzneimitteln in den Krankenhäusern in NRW (TP 3)“ (Projektleitung: MEDECON Ruhr) hat die Erfassung und Bewertung geeigneter Maßnahmen zum Ziel, mit denen die NRW-Kliniken den Arzneimittelnachlass in den Wasserkreislauf reduzieren bzw. vermindern können.

Eine Fragebogenerhebung in allen Kliniken in NRW ergab ein realistisches Bild der derzeitigen Emissions- und Entwässerungssituation, um daraus praxisorientierte und wirtschaftliche Lösungsvorschläge zur Vermeidung oder Elimination von Arzneimittelrückständen in Klinikabwässern abzuleiten. Die Auswertung der Daten erlaubt es, eine Belastung von 309 L Abwasser/Bett und Tag abzuschätzen.

Des Weiteren wurden mögliche organisatorische und technische Maßnahmen zur Reduktion der Arzneimittelbelastung der Abwässer erfasst und bewertet. Dabei wurde festgestellt, dass viele organisatorische Maßnahmen ohne große Kosten in den Krankenhäusern umgesetzt werden können. So ist zum Beispiel die getrennte Entsorgung von flüssigen Arzneimittelresten über den Hausmüll statt über den Abwasserpfad angezeigt. Die Umsetzung technischer Maßnahmen ist, im Gegensatz zu den organisatorischen, immer mit hohen Kosten verbunden. Darunter fallen zusätzliche Installationen zur Teilstrom- bzw. Vollstrombehandlung vor Ort bis hin zur Erweiterung oder Ertüchtigung bestehender Kläranlagen.

Durch eine zusätzlich, im Rahmen des Projektes, durchgeführte Messkampagne konnten die Ablauf-Konzentrationen für zwölf ausgesuchte Arzneimittel an 19 Kliniken ermittelt werden. Die gemessenen Emissionen wurden im Rahmen einer Risikoabschätzung mit Ablaufkonzentrationen verglichen, die aus

den statistischen Angaben zum Arzneimittelverbrauch und den Abwassermengen abgeschätzt wurden. Generell lässt sich zusammenfassen, dass die errechneten Konzentrationen immer über den tatsächlich gemessenen liegen. Die abgeschätzte Risikobelastung liegt damit höher als die gemessene.

Das Projekt wird in Zusammenarbeit mit Fraunhofer Umsicht, Institut für Wasserforschung, Grontmij GmbH und MEDECON Ruhr durchgeführt.

Das Teilprojekt 3 (IV-7-042 600 001C /08/-058.1) wird durch das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen finanziert.

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Jochen Türk
+49 (0)2065 418 179
tuerk@iuta.de

M. Sc. Andrea Börgers
+49 (0)2065 418 157
boergers@iuta.de

4.4.5 Großtechnische Untersuchungen zur Elimination von Spurenstoffen

Im Rahmen des Investitionsprogramms Abwasser NRW fördert das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV) die Erweiterung von Kläranlagen um eine vierte Reinigungsstufe zur Elimination von Spurenstoffen in Bad Sassendorf (Lippeverband), Schwerte (Ruhrverband) und Duisburg-Vierlinden (Wirtschaftsbetriebe Duisburg). Diese Reinigungsstufe besteht auf den Kläranlagen Bad Sassendorf und Duisburg-Vierlinden aus einer nachgeschalteten Vollstromozonung. In Bad Sassendorf geschieht der Ozoneintrag mittels

Keramikdiffusoren. Die nachgeschaltete Ozonung der Kläranlage Duisburg-Vierlinden ist zweistraßig aufgebaut und unterscheidet sich im Ozoneintragungssystem. Eine Straße wurde ebenfalls mit Keramikdiffusoren, die andere mit einer Injektorpumpe ausgestattet. Die vierte Reinigungsstufe der Kläranlage Schwerte verfügt über eine Ozonung (Eintrag mittels Diffusoren) und eine Pulveraktivkohle-Behandlung. Die Anlage arbeitet im Rezirkulationsbetrieb.

Im Rahmen der begleitenden Forschungsvorhaben erfolgt eine umfangreiche Charakterisierung der drei großtechnischen Anlagen und ihrer Eigenschaften.

Im Teilprojekt „Elimination von Arzneimitteln in kommunalen Kläranlagen“ (Projektleitung: Dr. Th. Grünebaum, Ruhrverband Essen) werden Oxidationsverfahren mit Ozon und Adsorptionsverfahren mittels Aktivkohle als weitergehende Verfahren zur Spurenstoffelimination bei der kommunalen Abwasserbehandlung betrachtet. Die Ergebnisse beziehen sich auf ausgewählte Leitparameter aus verschiedenen Substanzgruppen, wie z. B. Komplexbildner oder Pharmazeutika. Sowohl mittels Aktivkohlebehandlung, als auch mittels Ozon oder der Kombination beider Verfahren konnten hohe Eliminationsleistungen erreicht werden.

Im Rahmen des Teilprojektes „Metabolitenbildung beim Einsatz von Ozon“ (Projektleitung: Prof. T.C. Schmidt, IWW Mülheim) wird das Augenmerk besonders auf möglicherweise entstehende Transformationsprodukte und deren toxikologische Auswirkungen gelegt. Die Toxizität der Wasserproben vor und nach der oxidativen Behandlung wird sowohl *in vivo*, als auch *in vitro* untersucht. Proben aus den drei großtechnischen Abwasserbehandlungsanlagen wurden mit insgesamt 14 unterschiedlichen biologischen Wirktestverfahren geprüft.

Hinweise auf toxische Wirkungen der ozonierten Abwasserproben konnten bislang nur

in vivo anhand der Primärproduzenten *Desmodesmus subspicatus* (Grünalge) und *Lemna minor* St (Wasserlinse) beobachtet werden. Des Weiteren konnte eine Reduzierung der Östrogenität in Kläranlagenabläufen nach Ozonung in vivo nachgewiesen werden. Da die Untersuchungen noch bis Mitte 2013 andauern, kann eine abschließende Bewertung noch nicht erfolgen.

Die ersten Ergebnisse deuten darauf hin, dass für Carbamazepin und Diclofenac mit dem Einsatz einer vierten Reinigungsstufe die für Oberflächengewässer vorgeschlagenen Umweltqualitätsnormen von 0,5 bzw. 0,1 µg/L im Kläranlagenablauf eingehalten werden können.

Das Teilprojekt 6 (IV-7-042 600 001F /08-/058.1) und das Teilprojekt 10 (IV-7-042 600 001J /08/058.1) werden durch das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen gefördert.

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Jochen Türk
+49 (0)2065 418 179
tuerk@iuta.de

M. Sc. Andrea Börgers
+49 (0)2065 418 157
boergers@iuta.de

4.4.6 Elimination organischer Spurenstoffe in kommunalen Kläranlagen - Volkswirtschaftlicher Nutzen

Für das vom MKULNV NRW beauftragte Forschungsvorhaben „Volkswirtschaftlicher Nutzen der Ertüchtigung kommunaler Kläranlagen zur Elimination von organischen Spurenstoffen, Arzneimitteln, Industriechemikalien, bakteriologisch relevanten Keimen und Viren“ wurden Kosten-Nutzen-Betrachtungen

angestellt. Die Basis bildeten Auswertungen der relevanten Literatur zusammen mit den Ergebnissen aus den im gleichen Themenschwerpunkt durchgeführten Untersuchungen zur Elimination von Mikroschadstoffen, Keimen und Viren im halb- und großtechnischen Maßstab.

Für die detaillierte Analyse von Ertüchtigungsmaßnahmen an kommunalen Kläranlagen wurden Diclofenac und Carbamazepin als Leitkomponenten ausgewählt. Als vorhabenspezifische Zielwerte für Oberflächengewässer wurden 0,1 µg/L bzw. 0,5 µg/L festgelegt. Für nicht bewertete Mikroschadstoffe, Metabolite und Transformationsprodukte wird ein Vorsorgewert von 0,1 µg/L vorgeschlagen.

Die Entwicklung von allgemein gültigen Kostenfunktionen erfolgte für die im großtechnischen Einsatz derzeit evaluierten Verfahren der Pulveraktivkohleadsorption und Ozonung. Im Rahmen dieses Projektes wurden die drei Maßnahmenhauptvarianten „Gewässerökologie“, „Priorisierung nach Vorausstufung“ und „Priorisierung nach Trinkwasserrelevanz“ detaillierter betrachtet. Aus den Ergebnissen resultiert die Empfehlung zur Einhaltung der Zielwerte an den Gewässerüberwachungsstationen und einer Frachtreduktion von über 80 % für den projektspezifischen Leitparameter Diclofenac eine weitergehende Betrachtung für eine Kombination aus Pulveraktivkohleadsorption bei vorhandener Filtrationsanlage und Ozonung bei allen Kläranlagen der Größenklasse IV + V durchzuführen.

Die Jahreskosten liegen ohne Berücksichtigung einer evtl. notwendigen biologischen Nachbehandlung für das Ruhreinzugsgebiet bei 14,7 Mio. €/a netto und für NRW bei ca. 144 Mio. €/a netto. Die Investitionskosten bei den 393 zu ertüchtigenden NRW-Kläranlagen belaufen sich auf ca. 886 Mio. € netto. Im Sinne des Multi-Barrieren-Prinzips sind auch Maßnahmen bei relevanten Hotspots (Industrie- und Krankenhausabwässer mit

einem hohen Frachtanteil) sowie Vermeidungsmaßnahmen geeignet, um Spurenstofffrachten in NRW-Gewässern signifikant zu reduzieren.

Mit der Methode der Ökobilanzierung (Life Cycle Assessment, LCA) wurde unter den in dieser Studie gewählten Randbedingungen ermittelt, dass eine Ozonung deutlich öko-effizienter ist als die Behandlung mit Pulveraktivkohle.

Die jährliche Zahlungsbereitschaft für eine mit verschiedensten Maßnahmen verbesserte Gewässerqualität wurde für die Ruhr in einer Spanne zwischen 10,8 Mio. €/a und 16,8 Mio. €/a ermittelt, während der aus einem Benefit-Transfer bestimmte Nutzen für ganz NRW 64,2 Mio. €/a bis 117 Mio. €/a beträgt. Der Beitrag von Kläranlagenertüchtigungen zu einer guten Gewässerqualität kann nicht bestimmt werden. Für das Ruhreinzugsgebiet fallen jährliche Kosten einer Ertüchtigung in Höhe von 14,7 Mio. € an. Diese machen 87 % des ermittelten Nutzens aus.

Vor der Ertüchtigung einer Kläranlage muss immer eine Einzelfallprüfung zur Festlegung der am besten geeigneten Verfahrensvariante und den daraus resultierenden Kosten erfolgen.

Das Teilprojekt 9 (IV-7-042 600 0011 /08/-058.1) wird durch das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen gefördert.

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Jochen Türk
+49 (0)2065 418 179
tuerk@iuta.de

Dipl.-Ing. Monika Vogt
+49 (0)2065 418 175
vogt@iuta.de

4.4.7 Aktivkoks-Festbett-Biologie (AKFBB) und UV-Oxidation für die weitergehende Abwasserreinigung

Der Abbau von Arzneimittelrückständen und Haushaltschemikalien erfolgt in konventionellen Kläranlagen nur unzureichend. Kläranlagen-Abläufe stellen Punktquellen für den Eintrag von Spurenstoffen in Oberflächengewässer dar. Erweiterte Aufbereitungsverfahren können den Eintrag dieser persistenten Stoffe reduzieren. Die EU Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), definiert die Ziele für einen guten chemischen und biologischen Zustand der Gewässer. Neue Umweltqualitätsnormen (UQN) werden auf europäischer und nationaler Ebene diskutiert.

Ein möglicher Lösungsansatz besteht in einer Feinreinigung über eine Aktivkoks-Festbett-Biologie (AKFBB). Aktivkoks hat im Vergleich zu Aktivkohle größere Poren. Dies begünstigt alle Diffusionsvorgänge bei der Adsorption und vermindert die Blockade von Poren. Die Ansiedelung von Mikroorganismen im Biofilm wird begünstigt. Das Aktivkoks-Festbett wird belüftet, um die aerobe mikrobakterielle Aktivität zu verbessern. Ein durch Adsorption unterstützter biologischer Abbau von schwer abbaubaren organischen Verunreinigungen wird durch die im Biofilm vorhandenen Mikroorganismen (Bakterien, Algen, Pilze oder Protozoen) ermöglicht. Durch die Wechselwirkung von Adsorption und biologischem Abbau erfolgt eine ständige Regeneration des AKFBB während des laufenden Betriebes. Der Ablauf des AKFBB wird mit einer UV-Behandlung entkeimt. Dabei erfolgt ein weiterer Abbau von Spurenstoffen.

Im Rahmen des Projektes sollen Frachtreduktion und Ablaufwerte für Arzneimittelwirkstoffe und Haushaltschemikalien bei unterschiedlichen Betriebseinstellungen bestimmt und der Prozess für den Anwendungsfall optimiert werden. Dazu ist eine Pilotanlage (Bild 4-43) am Klärwerk Innerstetal installiert

worden, mit der ein Teilstrom des Kläranlagen-Ablaufes behandelt wird.

Die AKFBB ist ein relativ einfaches und im Vergleich zu Ozonisierung oder Aktivkohlebehandlung wirtschaftlich günstiges Verfahren der Abwasserreinigung für besonders schwierige und hoch belastete Abwässer. Die Eliminationsraten für das Analgetikum Diclofenac liegen bei der genutzten Verfahrenskombination z. B. bei einer Verweilzeit von zwei Stunden bei 98 %. Die derzeit diskutierte UQN für Diclofenac von 0,1 µg/L kann mit der AKFBB und nachgeschalteter UV-Behandlung eingehalten und zusätzlich eine Hygienisierung des Kläranlagenablaufes erreicht werden. Nach der UV-Behandlung waren keine coliforme- oder Escherichia coli-Belastungen mehr nachweisbar. Der Ablauf ist zur Verwendung als Brauchwasser geeignet.

Das Forschungsvorhaben DBU AZ 28739-23 wird durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt gefördert. Das Projekt wird in Zusammenarbeit mit den Firmen AQUA-bioCarbon GmbH und IGASresearch durchgeführt.



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Jochen Türk
+49 (0)2065 418 179
tuerk@iuta.de

M. Sc. Andrea Börgers
+49 (0)2065 418 157
boergers@iuta.de

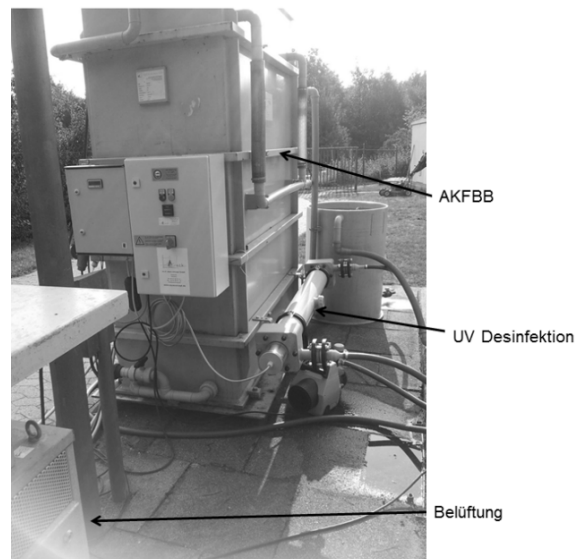


Bild 4-43: Aktivkohs-Festbett-Biologie (AKFBB, 1.500 L Festbettvolumen) mit Belüftung und nachgeschalteter UV-Desinfektion (Bild: AQUA-bioCarbon)

4.4.8 Entwicklung eines innovativen Textilmaterials für atmungsaktive Chemikalienschutzkleidung

Die Entwicklung eines textilen Materials für die Herstellung von Schutzkleidung mit deutlich verbessertem Tragekomfort und unverändert hoher Schutzwirkung war Ziel eines Kooperationsvorhabens mit der Firma Berner International GMBH. Am IUTA wurden die Untersuchungen zur chemischen Barrierewirkung der entwickelten textilen Materialien sowie der fertigen Endprodukte unter relevanten Bedingungen durchgeführt.

Der Arbeitgeber ist gesetzlich verpflichtet, seinen Mitarbeitern geeignete Schutzkleidung zur Verfügung zu stellen; die Mitarbeiter wiederum sind verpflichtet, diese zu tragen. Besonders hohe Anforderungen an die Schutzkleidung bestehen dort, wo Mitarbeiter und Produkt einerseits vor einer Vielzahl von gesundheitsgefährdenden Chemikalien und andererseits vor pathogenen Mikroorganismen geschützt werden müssen. Dies gilt besonders in Bereichen, in denen mit toxischen Arzneimitteln wie z. B. Zytostatika gearbeitet wird (pharmazeutische bzw. biologische Produktion und Forschung, Zubereitung in Apotheken und Applikation in Klini-

ken). Diese Pharmazeutika werden aufgrund ihres gentoxischen Wirkungsmechanismus den krebserzeugenden Gefahrstoffen der Kategorie 1 und 2 gleichgestellt.

Das erhebliche technische und wirtschaftliche Risiko des Projekts liegt in den vielfältigen Anforderungen an die Schutzkleidung und die begrenzte am Markt durchsetzbare Preisspanne für derartige Produkte.

In der ersten Projektphase wurden für die Untersuchungen relevante Zytostatika ausgewählt und die vorhandenen analytischen Probenahme- und Bestimmungsverfahren an die gegebene Problematik angepasst.

Kriterien für die Relevanz der Stoffe waren dabei:

- die Verbrauchsmengen, Zubereitungshäufigkeit und Intensität (Anzahl und Kontaminationspotenzial der erforderlichen Arbeitsschritte),
- das gesundheitsgefährdende Potenzial (akute Toxizität, Mutagenität, Kanzerogenität, reproduktionstoxische Eigenschaften etc.),
- die Penetrationsneigung gemäß Struktur, Polarität, Molekülgröße sowie Literaturdaten zur Handschuhpermeation und
- die analytische Erfassbarkeit, d.h. Empfindlichkeit und Zuverlässigkeit der Bestimmungsverfahren.

Es wurden geeignete Dotierungs- und Elutionsverfahren für die zu untersuchenden Materialien entwickelt. Des Weiteren wurden die erforderlichen Mess- und Analysenverfahren erarbeitet. Parallel zur Erarbeitung der analytischen Verfahren erfolgte am IUTA der Aufbau und die Validierung der Prüfapparaturen basierend insbesondere auf der DIN EN ISO 6529 (Bild 4-44) und der DIN EN ISO 6530 (Bild 4-45).

Für alle Prüfmuster wurden die Penetrations- und Permeationsraten unter standardisierten Bedingungen ermittelt, um vergleichbare

Werte zu erhalten. Neben den durch Penetration und/oder Permeation hindurchgelangenden sowie den ablaufenden Substanzanteilen (Abweisungsindex) wurde in diesen Versuchsreihen auch die Pufferwirkung untersucht.



Bild 4-44: Permeationszelle nach DIN EN ISO 6529
(1) Kleine Glas-Kammer für Prüfchemikalie
(2) Halterung für Probematerial, Versuchsfläche: 19,6 cm²
(3) Große Glas-Kammer für das Sammelmedium mit Rührer



Bild 4-45: Prüfaufbau nach DIN EN ISO 6530 (Dachrinnen-test)

Um eine gezielte iterative Material- und Produktentwicklung bzw. -optimierung durch die anderen Partner des Verbundes zu gewährleisten, wurden in der zweiten Projektphase zunächst Screeningversuche mit einer reduzierten Substanzpalette und einem reduzierten Parametersatz projektbegleitend durchgeführt. Die prinzipiell geeigneten Materialien und Materialkombinationen wurden dann am IUTA unter kontrollierten und reproduzierbaren Bedingungen in der letzten Projektphase einem intensiven Testprogramm mit verschiedenen Zytostatika unterzogen. Dabei wurden nachteilige Einflüsse durch Einwirkung häufig eingesetzter chemischer Desinfektionsmittel (Degradation) sowie durch

mechanische Beanspruchung (Dehnung, Scheuern) auf die Materialeigenschaften und insbesondere die Barrierewirkung untersucht.

Für die Akzeptanz durch den Kunden und damit den Markterfolg bei der Umsetzung der Projektergebnisse sind die beschriebenen verlässlichen Prüfungen unter realen Bedingungen von großer Bedeutung.

Das Forschungsvorhaben KF 2025412AK0 wird im Rahmen des Programms „Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand“ - Fördermodul Kooperationsprojekte - vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags gefördert.



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Thekla Kiffmeyer
+49 (0)2065 418 159
kiffmeyer@iuta.de

4.4.9 Beschichtung von Glasfasergeweben mit photoaktiven Nanomaterialien für funktionalisierte Filtersysteme

Eine neuartige Filtergeneration zur simultanen Elimination von partikulären und gasförmigen Luftbestandteilen steht zur Prüfung an. Die Filtermaterialien werden im Rahmen des Verbundvorhabens OxiFilter von den Projektpartnern (S.D.R. Biotec Verfahrenstechnik GmbH, Likusta Umwelttechnik GmbH und Fraunhofer Institut für Silicatiforschung (ISC)) entwickelt. Am IUTA wird die oxidativ-katalytische Effektivität der Materialien untersucht.

Dazu erfolgte der Aufbau von Prüfständen zur gezielten UV-Bestrahlung von Filtermedien. Für das Erfassen der Abbauleistung für unterschiedliche gasförmige Schadstoffe wurden geeignete analytische Methoden entwickelt.

Als Filtermedien wurden verschiedenartige beschichtete Glasfasermaterialien (Gewebe, Vliese, Gewirke) getestet. Die Untersuchungen dienten der Auswahl aussichtsreicher Varianten und der weiteren gezielten Modifikation der Materialien, der Beschichtungen und der Lichteinstrahlung. Mit systematischen Untersuchungen wurde jeweils die Abbauleistung für relevante Luftschadstoffen ermittelt. Geprüft wurden ihre Abhängigkeit von der Art der Substanz und ihrer Konzentration, von der Anströmgeschwindigkeit der Gasphase, der Temperatur und Luftfeuchtigkeit sowie vom Lichtspektrum und von der Lichtintensität der Lampen. Nachteilige Einflüsse durch die UV-Bestrahlung (Photokorrosion) auf die zu bewahrenden Produkteigenschaften sowie die Photoaktivität selbst wurden in Langzeittests erfasst (Bild 4-46). Des Weiteren stand die Deaktivierung von auf den Filtern abgeschiedenen Mikroorganismen durch die UV-Bestrahlung im Focus. Zur Bewertung der Nachhaltigkeit der neuen Technologie wurden die Metabolitenbildung bei der Photooxidation sowie die Freisetzung von Nanopartikeln in die Untersuchungen einbezogen.

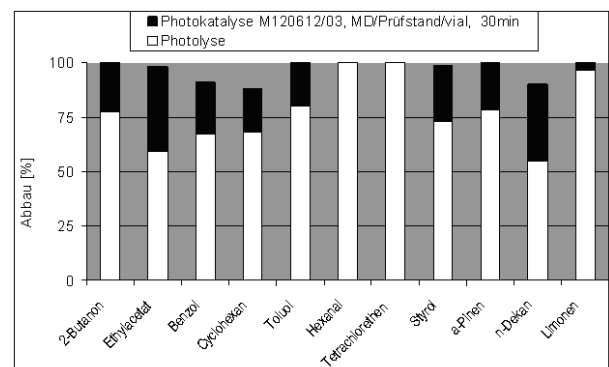


Bild 4-46: Abbau verschiedener Luftschadstoffe im UV-Reaktor

Das Forschungsvorhaben 03X0065B wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Thekla Kiffmeyer
+49 (0)2065 418 159
kiffmeyer@iuta.de

4.4.10 Dienstleistungen der Forschungs-analytik

Die unter der Marke PharmaMonitor (www.pharma-monitor.de) zusammengefassten Aktivitäten zur Messung von Zytostatika im Gesundheitsbereich und der Pharma-industrie konnten weiter ausgebaut werden. Marketing und Vertrieb der Zytostatika - Wischproben Sets erfolgt durch den Koope-rationspartner Berner International GmbH aus Elmshorn (www.berner-international.de). Die Analytik der Wischproben und die Beratung von Maßnahmen zur Minderung von Kontami-nationen in Apotheken, Ambulanzen, Kliniken und in der Pharmaindustrie liegen bei IUTA.

Produktionsbegleitende Arbeitsplatzmessun-gen auf hoch wirksame Substanzen (Luft-messungen und Biomonitoring) in der Phar-maindustrie werden ebenso wie Methoden-entwicklung und Sonderuntersuchungen von IUTA direkt angeboten. Ein besonderer Schwerpunkt liegt bei der Unterstützung von Kunden bei Auditierung und Zertifizierung. Hierzu erfolgten umfangreiche Revali-dierungsuntersuchungen zu Probenahme, Lagerung, Versand und Analytik nach SMEPAC (Standardized Measurement of Equipment Particulate Containment). Mit der von der ISPE (International Society for Pharmaceutical Engineering) erarbeiteten Richtlinie „Assessing the Particulate Contain-ment Performance of Pharmaceutical Equipment“ erfolgt die Qualifizierung und Überwachung von Containmentsystemen zur Produktion von OEB 4 und OEB 5-Stoffen (OEB = Occupational Exposure Band). Ab OEB 4 Substanzen ist die Produktion in geschlossenen Systemen (Isolator-Technik) vorgeschrieben. Der Luftgrenzwert (OEL – Occupational Exposure Limit) liegt bei diesen Substanzen zwischen 10 und 1 µg/m³. Bei OEB 5 liegt der OEL unter 1 µg/m³, wodurch der Einsatz von besonders empfindlichen HPLC-MS/MS- und HPLC-ICP-MS-Analysen-methoden notwendig wird.

Ergänzend zur Prüfung und Zertifizierung von Persönlicher Schutzausrüstung bei benannten Stellen (Notified Body) bietet IUTA Permea-tionsuntersuchungen im Rahmen der Eigen-kontrolle (Produktüberprüfung, Qualitätssiche-rung, Erweiterung der Prüfung auf hoch wirk-same Substanzen wie z. B. Zytostatika) und Neuentwicklung von Produkten entsprechend DIN EN 374-3 und DIN EN ISO 6529:2011-07 “Permeationszelle“ sowie EN ISO 6530:2005-05 „Dachrinnentest“ an.

Die in vielen Forschungsprojekten erprobten Analyseverfahren zur Bestimmung von Spurenstoffen in Wasserproben werden zu-nehmend auch im Rahmen von gewerblichen Aufträgen für nationale und internationale Kunden ausgeführt. Neben der Quantifizie-rung werden Screening-Messungen mittels GC-MS, LC-MS/MS, LC-MSⁿ sowie hochauf-lösender Massenspektrometrie (LC-HRMS) angeboten. Die wirkungsbezogene Analytik der mikrobiologischen und östrogenen Aktivi-tät in Wasser- und Abwasserproben ist bereits seit einigen Jahren etabliert. Im Jahr 2012 erfolgten die ersten Messungen von androge-nen Effekten mit dem A-YAS Assay. Weiter-führende toxikologische Untersuchungen wie z. B. die Bestimmung von Zytotoxizität und Genotoxizität zur Bewertung von Abwasser-proben werden in Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern angeboten.

Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Jochen Türk
+49 (0)2065 418 179
tuerk@iuta.de

4.5 Gasprozesstechnik & Energiewandlung

4.5.1 Separate Rückgewinnung der Wertmetalle Zinn und Kupfer aus verbrauchten Prozesslösungen der Leiterplattenindustrie

Ein Schlüsselprozess bei der Herstellung von Leiterplatten ist das sogenannte „Strippen“ von Zinn. Unter einem Zinn-Stripper wird eine salpetersäurehaltige Zubereitung verstanden, mit der das als Ätzresist (Ätzschutz) auf den Leiterbahnflächen aufgebrauchte Zinn nach dem Ätzen der ungeschützten Kupferflächen wieder entfernt wird. Dieser Ätzschutz wird mit einem galvanischen Zinn-Elektrolyten und Reinzinnanoden auf jene Flächen der kupferkaschierten Epoxidharzplatten aufgebracht, die später die Leiterbahnen darstellen sollen.

Beim anschließenden Ätzprozess wird nur das Kupfer weggeätzt, das nicht mit Zinn-Resist bedeckt ist. Beim „Zinn-Strippen“ werden schließlich der galvanische Zinn-Resist in der salpetersäurehaltigen Zubereitung gelöst und so die darunter liegenden Leiterbahnen frei gelegt. Erschöpfte Lösungen sind in erheblichem Maße mit den Wertstoffen Sn und Cu angereichert. Ihre Metallgehalte schwanken stark mit dem Anwendungsfall. Zinngehalte von 120 bis 200 g/l in der Lösung sind möglich. Der Kupfergehalt liegt in der Regel zwischen 10 und 50 g/l. Diese wertvollen Industriemetalle werden mit 18.369 €/t (Sn) und 6.160 €/t (Cu) gehandelt (London Metal Exchange, 8.1.2013). In Deutschland fallen jährlich schätzungsweise 1.500 t verbrauchter Zinn-Stripper an, was einer Jahresfracht von ca. 240 t Zinn gleichkommt.

Die verbrauchten Zinn-Stripper werden bislang nicht direkt zu den enthaltenen wertvollen Metallen aufgearbeitet. Das liegt daran, dass das Sn nicht gelöst, sondern in Form von feinst dispergierten und chemisch recht inerten Zinnsäure-Partikeln ($\text{SnO}_2 \times \text{H}_2\text{O}$)

vorliegt. Die üblichen physikalisch-chemischen Verfahren sowohl der Phasentrennung als auch Rückgewinnung des elementaren Metalls misslingen, weil die jeweils notwendigen Verfahrensparameter nicht bekannt sind.

Stand der Technik ist derzeit die Entsorgung verbrauchter Stripper-Lösungen als gefährlicher Abfall in Form metallhaltiger Schlämme. Die stoffliche Verwertung erfolgt gegebenenfalls unspezifisch gemeinsam mit anderen metallhaltigen Reststoffen. Erhalten werden Konzentrate, die jeweils Gemenge unterschiedlicher Metalle (zumeist als Oxide und Hydroxide) darstellen und die in Verhüttungsbetrieben weiter konditioniert und als Zuschlagstoff pyrometallurgisch eingesetzt werden können. Die Abfallbeseitigung ohne Verwertung erfolgt auch bis in die jüngere Zeit durch Deponierung des nach Neutralisation erhaltenen Hydroxid-/ Oxidschlammes.

Für die Aufarbeitung verbrauchter Zinn-Stripperbäder wurden vom IUTA erste Laborversuche unternommen. Die größte Schwierigkeit für die Zinnrückgewinnung liegt in seiner Modifikation als feinstverteiltes kolloidales SnO_2 . Deshalb wurde in den Laborversuchen zunächst eine Phasentrennung zwischen Feststoff und kupferhaltiger Lösung vorgenommen, um die Weiterverarbeitung der Zinnverbindung in kupferfreier Phase durchzuführen. Nach Auflösung der zinnhaltigen Phase können die so getrennt erhaltenen, metallkationenhaltigen Flüssigkeiten durch Zementation (d. h. Umsetzung mit einem unedleren Metall) direkt zu den elementaren Metallen reduziert werden. Somit entfallen aufwändige Aufarbeitungsschritte. Bild 4-47 bis Bild 4-50 zeigen die Arbeitsschritte der Vorversuche, aus denen das in Bild 4-51 dargestellte Verfahrensschema abgeleitet wurde, das nun weiter verfolgt wird.



Bild 4-47

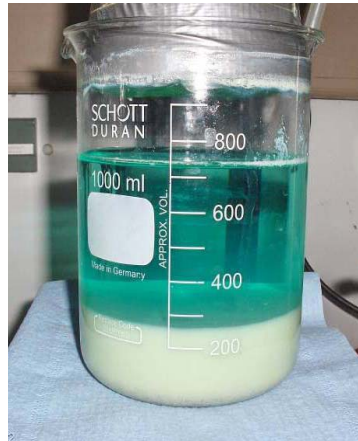


Bild 4-48



Bild 4-49



Bild 4-50

- Bild 4-47: Eingesetzter Zinn-Stripper
 Bild 4-48: Phasentrennung
 Bild 4-49: Erhaltenes Kupfer aus der Flüssigphase in siehe Bild 4-48
 Bild 4-50: Abscheidung von Zinn (ursprünglich in Festphase siehe Bild 4-48 enthalten)

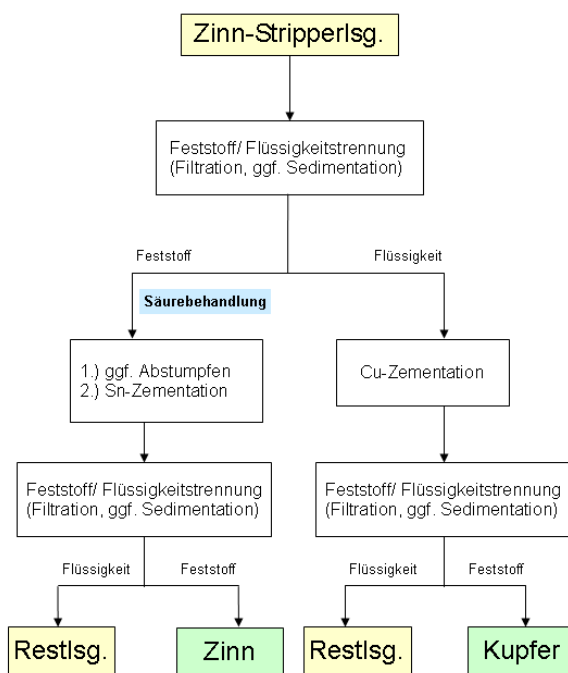


Bild 4-51: Verfahrensschema zur Zinn- und Kupferrückgewinnung aus Prozesslösungen der Leiterplattenindustrie

Auslegung, Bau und Betrieb einer Demonstrationsanlage (geplantes Reaktortvolumen ca. 2.000 l). Bei erfolgreichem Verlauf sollen die Ergebnisse über den Projektzeitraum hinaus auch auf die Rückgewinnung anderer strategisch wichtiger Metalle angewendet werden. Insbesondere die Kationen von Gallium, Indium, Germanium und sämtlicher Edelmetalle sollten prinzipiell geeignet sein, durch das entwickelte Verfahren in elementarer Form zurückgewonnen zu werden.

Das Forschungsvorhaben 033R 096C wird im Rahmen der Forschungsinitiative „r³-Innovative Technologien für Ressourceneffizienz - Strategische Metalle und Mineralien“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) seit dem 1.12.2012 gefördert.



Ansprechpartner:

Dipl.-Chem. Dipl.-Ing. (FH) Frank Grüning
 +49 (0)2065 418 213
 gruening@iuta.de

4.5.2 Absorptionsverfahren mit kalksteinbasierten Waschmitteln zur Entfernung von CO aus Abgasen

Im September 2012 wurde das Forschungsvorhaben zur Untersuchung der Abscheidung von CO₂ aus Abgasen auf der Basis eines Kalksteinmehl-Waschverfahrens erfolgreich abgeschlossen. Das Vorhaben entstand in Kooperation mit der *Forschungsgemeinschaft Kalk und Mörtel e. V.* Es sollte geprüft werden, in wie weit sich der Kalkstein-Verwitterungskreislauf technisch nachbilden und eine Nasswäsche CO₂-haltiger Abgase mit Kalksteinprodukten realisieren lässt.

Mit dem Forschungsvorhaben sollte ein Alternativverfahren zur CCS-Technik entwickelt werden, das ebenfalls für eine dem Verbrennungsprozess nachgeschaltete Abtrennung von CO₂ (post combustion decarbonisation) geeignet ist, aber keiner Einlagerung bedarf und trotzdem das emittierte CO₂ über langfristige Zeiträume aus der Atmosphäre entfernt. Grundlage ist das bekannte Konzept zur Rauchgasentschwefelung mittels Nasswäsche auf Kalksteinmehlbasis. Allerdings wird statt Schwefeldioxid Kohlendioxid aus dem Rauchgas abgeschieden, indem die natürliche, chemische Verwitterung von Karbonatgestein im technischen Prozess nachgebildet wird. Das Verfahren basiert auf der Reaktion von CO₂ mit Calciumcarbonat (CaCO₃) und Wasser (H₂O) zu Calciumhydrogencarbonat (Ca(HCO₃)₂). An der Verwitterung von Carbonatsteinen ist Kohlensäure (H₂CO₃) beteiligt, die durch Lösung von atmosphärischem CO₂ in Regen- oder Grundwasser entsteht. Trifft diese auf Gestein, das Calciumcarbonat enthält, reagiert sie unter Bildung von Hydrogencarbonat- (HCO₃⁻) und Calcium-Ionen (Ca²⁺). Die Verwitterungsprodukte werden über Grund- und Oberflächengewässer in die Ozeane transportiert und wirken dort als Puffersubstanz der Versauerung entgegen. Die Kalksteinmehl-CO₂-Wäsche bindet analog das Kohlendioxid des Rauchgases als

Calciumhydrogencarbonat (Karbonathärte) in wässriger Lösung. Die entstehende konzentrierte Calciumhydrogencarbonatlösung soll als natürlich vorkommender Inhaltsstoff in die aquatische Umwelt abgegeben werden und dort zur Pufferung limnischer und letztendlich mariner Gewässer beitragen.

Das Arbeitsprogramm umfasste Untersuchungen in einer Laborversuchsanlage mit denen die grundlegenden physikalisch-chemischen Einflussgrößen bestimmt wurden. Dazu zählen Reaktionskinetik, Temperaturverhalten, CO₂-Gehalt des Abgases, Kalksteinmehlparameter und Ionengehalte des Waschwassers. Des Weiteren wurden die Stabilitätskriterien für konzentrierte Calciumhydrogencarbonatlösungen erarbeitet, mit denen die generellen Rahmenbedingungen für das Ableiten in limnische und marine Gewässer beschrieben werden können. Für die Übertragung der Laborergebnisse in den Technikumsmaßstab wurde eine vorhandene mobile Wäscheranlage entsprechend modifiziert. Die CO₂-Abscheidung erfolgte nach dem Gegenstromprinzip in drei in Reihe geschalteten Absorberstufen in einer Suspension von Kalksteinmehl.

Zur Validierung der Ergebnisse unter den realen Bedingungen einer technischen Verbrennungsanlage wurde der Versuchswäscher an den Abgasstrom eines Blockheizkraftwerk-Motors eines Klärwerks angeschlossen und die Abscheiderate für CO₂ bzw. die Bildungsgeschwindigkeit von HCO₃⁻ ermittelt, siehe Bild 4-52.



Bild 4-52: Praxisversuche mit der Absorptionsanlage am BHKW eines Klärwerks

Die verfahrenstechnische Bewertung des Kalksteinmehl-CO₂-Waschverfahrens als Alternative zum CCS-Konzept erfolgte mit einer Kosten/Nutzen-Abschätzung auf Basis der ermittelten Untersuchungsergebnisse. Die deutlich geringere Kohlendioxid-Löslichkeit der Kalksteinsuspension gegenüber amin-basierten Waschmitteln bedingt einen höheren Waschmittelbedarf und, damit verbunden, größere Anlagen und höhere Investitionskosten. Insgesamt gesehen stellt sich das Kalksteinmehl-CO₂-Waschverfahren dennoch günstiger dar als die Verfahren des CCS-Konzeptes.

Mit dem Forschungsvorhaben wurde eine erste Datenbasis zur verfahrenstechnischen und ökonomischen Bewertung der CO₂-Abscheidung von Rauchgasen mit dem angestrebten Kalksteinmehl-CO₂-Waschverfahren geschaffen. Sie bildet die Grundlage der Diskussion und Beurteilung des Verfahrens als Alternative zu CCS. Die Ergebnisse belegen die grundsätzliche Eignung des Verfahrens zur Abscheidung von CO₂ aus Rauchgasen und den stabilen Transport der gebildeten Karbonathärte im wässrigen Medium. Als mögliche Anwender werden vor allem Betreiber kleiner und mittlerer Verbrennungsanlagen gesehen.

Aus den Ergebnissen dieser Arbeit lassen sich weitere Optimierungsoptionen in Bezug auf die Verfahrensführung und höhere Abscheideraten ableiten, die das Verfahren in noch günstigerem Licht erscheinen lassen. Die für die Versuche verwendete Anlagentechnik ist verbesserungsfähig. Die spezielle Reaktionskinetik erfordert eine angepasste Verfahrenstechnik mit kaskadierter Wä-scheranordnung.

Das Reaktionsprodukt des Verfahrens ist eine Puffersubstanz in Form einer konzentrierten Ca(HCO₃)₂-Lösung, wie sie auch in der Natur vorkommt. Deshalb sollten die zu erwartenden positiven ökologischen Auswirkungen auf limnische und marine Gewässersysteme

eingehender betrachtet werden. Es stehen aus eine Analyse der Effekte in natürlichen Gewässersystemen und die Modellierung der gewässerchemischen und -biologischen Effekte, mit denen eine geschlossene Bewertung des Verfahrens im Hinblick auf technische und wirtschaftliche Machbarkeit, unter Berücksichtigung der ökologischen Auswirkungen, möglich ist.

Das Forschungsvorhaben 16548 N der Forschungsgemeinschaft Kalk und Mörtel e. V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Andrew Berry
+49 (0)2065 418 175
berry@iuta.de

4.5.3 Bau und Einsatz einer mobilen Anlage zur CO₂-Abtrennung aus Rauchgasen

Das Forschungsvorhaben hat den Bau einer mobilen Anlage zur Absorption von CO₂ aus Rauchgasen zum Ziel, die an einem Kraftwerk betrieben werden soll. Das Vorhaben wird gefördert vom Land NRW und der EU, Europäischer Fonds für regionale Entwicklung, im Rahmen des Förderprogramms HighTech NRW und von der Industrie.

Die verfahrenstechnische Auslegung und die Planung der Anlage sowie die Integration der Messeinrichtungen wurden vom Institut für Energie- und Umwelttechnik in Duisburg mit Unterstützung des Lehrstuhls für Umwelttechnik der Technischen Universität Dortmund konzipiert und vorgegeben. Die Federführung

beim Bau der mobilen Anlage oblag dem Lehrstuhl für Umweltverfahrenstechnik und Anlagentechnik (LUAT) der Universität Duisburg Essen.

Das Rauchgas wird nach Eintritt in die Versuchsanlage im Vorwäscher auf die erforderliche Temperatur von ca. 40 °C gekühlt und schwefelhaltige Komponenten werden entfernt. Im anschließenden Gegenstrom-Absorber nimmt die Absorberlösung das CO₂ auf. Das so gereinigte Rauchgas wird in die Atmosphäre abgegeben.

Im Desorber wird das in der Absorptionslösung aufgenommene CO₂ durch Erhitzen mit Dampf wieder ausgetrieben und dadurch die Absorptionserlösung regeneriert. Diese nahezu CO₂-freie Absorptionslösung wird im Kreislauf zurückgeführt und wieder verwendet.

Im Desorber freigesetztes CO₂ lässt sich in weiteren Prozessschritten abkühlen, reinigen, komprimieren und als Flüssigkeit unterirdisch lagern (CCS-Konzept). Innerhalb des Projekts jedoch wird das abgetrennte CO₂ wieder mit dem Rauchgas vermischt und über den Kraftwerkskamin abgeführt.

Das Basic-Engineering der mobilen Anlage basiert auf einem Entwurf der australischen Firma CSIRO, welche umfangreiche Erfahrungen im Bereich der CCS-Technologie aufweist. Dieses Basic-Engineering wurde von IUTA nach den spezifischen Anforderungen modifiziert und auf europäische Gegebenheiten und Normen angepasst.

Das Detail-Engineering umfasste die Auslegung der Kolonnen, der Pumpen, der Wärmetauscher der Messtechnik, die Rohrleitungsplanung sowie die Auswahl des Leitsystems. Auch war es im Rahmen des Detail-Engineering erforderlich, deutsche Bau- und Arbeitsschutzvorschriften umzusetzen und die Berechnungen der Statik in einer prüffähigen Version zu überführen.

Der Bau der Anlage wurde von der Firma EMS in Cloppenburg ausgeführt und konnte

Ende Juni 2012 abgeschlossen werden (Bild 4-53). Die Steuerung der Anlage erfolgt über ein Leitsystem der Fa. ABB.

Im Juli 2012 erfolgte die kalte Inbetriebnahme der mobilen Anlage auf dem Betriebsgelände der Firma EMS in Cloppenburg mit umfangreichen Prüfungen zur Dichtheit, zum Verfahrensablauf, zur Steuerung und Regelung. Allgemein zeigte die Anlage ein schnelles Ansprechverhalten auf die Steuersignale und eine gute Bedienbarkeit.

Nach Abschluss der Arbeiten in Cloppenburg war die mobile Anlage Ende 2012 für den Transport nach Lünen vorbereitet, um in der ehemaligen Gasturbinen-Halle am Kraftwerk der Steag in Lünen zum Einsatz zu kommen. Derzeit werden die entsprechenden Versorgungsleitungen für Wasser, Dampf, Rauchgas und Strom vorbereitet.



Bild 4-53: Mobile CO₂-Wäsche in Cloppenburg

Die Bauanzeige und der Bauantrag sind in Bearbeitung. Die zeitliche Planung sieht eine Aufstellung der Anlage in Lünen Ende Februar 2013 vor. Nach der Aufstellung erfolgen die heiße Inbetriebnahme der Anlage und der Versuchsbetrieb mit realem Rauchgas.

Kooperationspartner:



Fördergeber:



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

Ministerium für Wirtschaft, Energie,
Industrie, Mittelstand und Handwerk
des Landes Nordrhein-Westfalen



Ziel2.NRW

Regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. R. Goldschmidt
+49 (0)2065 418 155
goldschmidt@iuta.de

4.5.4 Natriumalanat-Wasserstoffspeicher

Ein für die Serienfertigung tauglicher Wasserstoffspeicher mit Natriumalanat als Speicher-material soll durch Verwendung von Aluminium als Werkstoff eine besonders hohe gravimetrische Speicherdichte erreichen. Die Entwicklung dieses Speichers erfolgt in enger Zusammenarbeit zwischen Unternehmen der Aluminiumbranche (TRIMET Aluminium AG, Werkstoffentwickler; F. W. Brökelmann Aluminiumwerk GmbH & Co. KG (FWB), Werkstoffverarbeiter) und Forschungsinstitu-

ten mit anwendungsorientierter (IUTA, Konstruktion und Test des Speichers) und grundlagenorientierter (Max-Planck-Institut für Kohlenforschung (MPI), Entwickler des H₂-Speichermaterials) Ausrichtung.

In 2012 wurden am IUTA die experimentellen Arbeiten zur Optimierung des Wärmeübergangs im Speicherbehälter fortgeführt. Nachdem zunächst berippte Al-Profile mit radialer Rippenanordnung getestet worden waren, wurden alternativ Al-Strukturen mit vorwiegend orthogonaler Rippenanordnung untersucht (Bild 4-54).

Die hierfür vom Projektpartner FWB zur Verfügung gestellten, stranggepressten Aluminium-Profile wurden als Wärmeübertragungsstrukturen in einem Stahlbehälter eingesetzt. Der so ausgerüstete Stahlreaktor wurde mit 223 g Na₃AlH₆ (Natriumalanat) befüllt. Das Metallhydrid wurde mit 4 mol-% TiCl₃-dotiertem NaAlH₄ unter Zugabe von NaH im Kugelmahlprozess hergestellt.

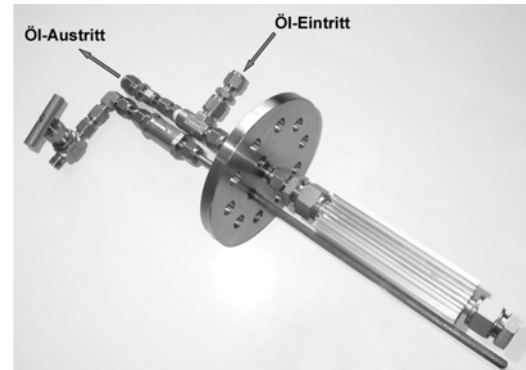


Bild 4-54: Wärmeübertragungsstruktur aus Aluminium (EN AW 6060 T6) mit vorwiegend orthogonaler Rippenanordnung

Der Wärmeeintrag zur Desorption des Wasserstoffs bzw. der Wärmeartrag bei der Absorption des Wasserstoffs erfolgten über ein Thermoöl. Im Gegensatz zu den vorherigen Prototypen, in denen das Thermoöl auf der einen Seite des Behälters in die Al-Struktur geführt und auf der gegenüberliegenden Seite herausgeführt wurde, wird nun die Strömung am Ende des Profils umgelenkt und zurückgeführt. Diese Strömungsführung hat den Vorteil, dass ein Speicher-Verschluss-

deckel ohne Einbauten ausgeführt ist, was das Befüllen sowie das Entleeren des Behälters wesentlich vereinfacht.

Im folgenden Entwicklungsschritt wurde ein Behälter aus der Aluminiumlegierung EN AW 6082 T6 konstruiert und gebaut. Die Dichtigkeit des Behälters wurde zunächst in einem größeren Stahlbehälter bei 25 bar Gasdruck und Öleintrittstemperaturen von bis zu 190 °C mehrmals geprüft. Anschließend wurde der Wärmeübertrager aus der Al-Legierung EN AW 6060 T6 eingesetzt. Die Konstruktion wurde zuvor so geändert, dass keine Verschraubungen mehr innerhalb des Reaktors liegen. Die Abdichtung des Behälters gegen die Außenatmosphäre erfolgt durch Laserschweißen der entsprechenden Übergangsstellen. Bild 4-55 zeigt den montierten Speicherbehälter und die innen liegende Wärmeübertragungseinheit.

Der Behälter wurde mit 213 g Metallhydrid (im dehydrierten Zustand) befüllt. Das H₂-Speichermaterial Na₃AlH₆ wurde in diesem Reaktor 23 Hydrier- und Dehydrierzyklen unterworfen. Es wurden keinerlei Leckagen festgestellt. Im weiteren Verlauf des Vorhabens steht die Maßstabvergrößerung an.

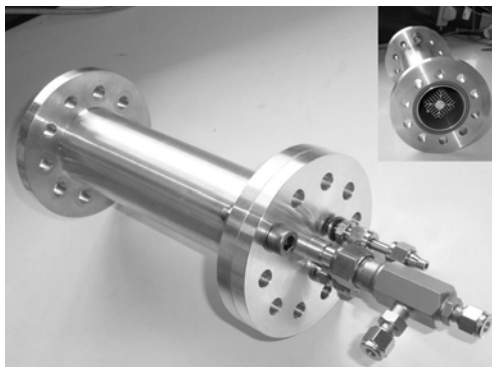


Bild 4-55: H₂-Speicherbehälter aus Aluminium (EN AW 6082 T6) mit integrierter Wärmeübertragungsstruktur. Der Reaktor besitzt eine Gesamtmasse von 3,8 kg und kann maximal 3,6 g Wasserstoff speichern. Der Hydrierdruck beträgt 25 bar

Als grundlegende Materialeigenschaften des Alanats wurden Wärmeleitfähigkeiten von undotiertem Natriumalanat (NaAlH₄) und von einem MOF (metal organic framework, Cu-

BTC) in Abhängigkeit von Druck und Temperatur messtechnisch bestimmt.

Das Projekt wird im Rahmen des Ziel 2-Programms 2007-2013 (EFRE) und des Wettbewerbs EnergieForschung.NRW (EF003) unter dem Förderkennzeichen 290074802 gefördert durch:



Ministerium für Innovation,
Wissenschaft, Forschung
und Technologie des Landes
Nordrhein-Westfalen



Europäische Union
„Investition in Ihre Zukunft“
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Robert Urbanczyk
+49 (0)2065 418 224
urbanczyk@iuta.de

4.5.5 Wandlung von Abwärme in elektrische Energie

Thermoelektrischer Generator aus nanokristallinem Silizium

Die Umwandlung von Abwärme in elektrische Energie mit Hilfe von thermoelektrischen Generatoren (TEG) kann einen wichtigen Beitrag zur rationellen Energienutzung leisten. Potenzielle Anwendungsgebiete liegen beispielsweise in der der Nutzung der Abwärme von Verbrennungsmotoren im Automobilbereich oder der Energieversorgung von Sensoren in drahtlosen Netzwerken. Heute kommerziell erhältliche thermoelektrische Generatoren verwenden umweltproblematische, blei- und antimonhaltige sowie teure tellur- und germaniumhaltige Verbindungen und sind in der Regel auf der heißen Seite auf eine Temperatur von maximal 200 °C beschränkt.

Für eine weitreichende Verbreitung (z. B. in dezentralen Sensoren) ist es wichtig, keine toxischen Materialien einzusetzen und die Fertigung umweltverträglich durchzuführen. TEG-Module, die diesen Anforderungen genügen, sind derzeit noch nicht verfügbar.

In Kooperation von drei Forschungsstellen wird in einem seit August 2010 bearbeiteten Forschungsvorhaben das Ziel verfolgt, thermoelektrische Generatoren in klassischer Bauweise, aber basierend auf nicht toxischem Silizium als thermoelektrisch aktives Grundmaterial, zu entwickeln. Dabei wird, ausgehend von am IUTA synthetisierten n- und p-dotierten Silizium-Nanopartikeln, der gesamte Herstellungsprozess bis zur Einhausung des fertigen Generators und der Untersuchung der Langzeitstabilität unter realen Betriebsbedingungen vollzogen.

Das Vorhaben wird am IUTA interdisziplinär in zwei Bereichen bearbeitet: Zum einen erfolgt die Synthese der Ausgangsmaterialien und die elektrische Charakterisierung daraus entwickelter Bauteile sowie des fertigen Generators mittels Impedanzspektroskopie (vgl. Kapitel 4.6.3 auf Seite 68). Zum anderen werden die fertigen thermoelektrischen Generatoren hinsichtlich ihrer thermisch-elektrischen Eigenschaften und ihrer Langzeitstabilität untersucht.

Im Projektjahr 2012 konnten zwei TEG-Versuchsmuster, bestehend aus 18 und 64 Einzelementen fertig gestellt werden (Bild 4-57). Mit einer für das Vorhaben entwickelten Messeinrichtung werden die thermisch-elektrischen Kenndaten der fertigen Generatoren ermittelt und mit den Kenndaten kommerziell erhältlicher Generatoren verglichen.

Der aus 64 Einzelementen aufgebaute Generator besitzt die höchste Leistung bei einem äußeren Lastwiderstand von ca. 1Ω (Bild 4-56). Die bisher maximal realisierbare Temperaturdifferenz beträgt ca. 130 K. Dafür wurde eine Generatorleistung von ca. 0,1 W gemessen. Mit diesem Wert ist die Leistungsfähigkeit des Generators zwar noch deutlich geringer als die von kommerziellen Generatoren, jedoch kann der Generator auf Grund der verwendeten Verbindungstechnik prinzipiell bei sehr viel höheren Temperaturdifferenzen als kommerzielle Generatoren

eingesetzt werden. Die Einzelemente des Generators wurden bei den Projektpartnern bereits Temperaturen von bis zu 600°C ausgesetzt, ohne dass Schäden auftraten.

Zur Ermittlung des Langzeiteinflusses von Temperatur und Luftfeuchte auf die Leistungsdaten der TEG werden diese im weiteren Projektverlauf in einem Klimaschrank entsprechenden Umgebungsbedingungen ausgesetzt und anschließend wieder thermisch-elektrisch vermessen.

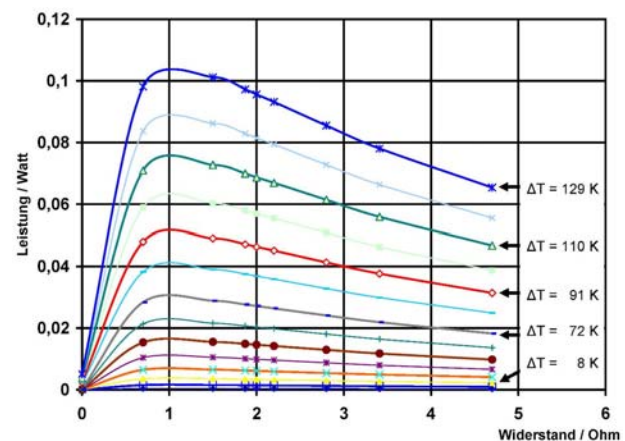


Bild 4-56: Abhängigkeit der Leistung des thermoelektrischen Generators von dem anliegenden Lastwiderstand bei unterschiedlichen Temperaturdifferenzen zwischen Ober- und Unterseite

Das Forschungsvorhaben 364ZN der Forschungsvereinigung Umwelttechnik wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Stefan Peil
+49 (0)2065 418 222
peil@iuta.de

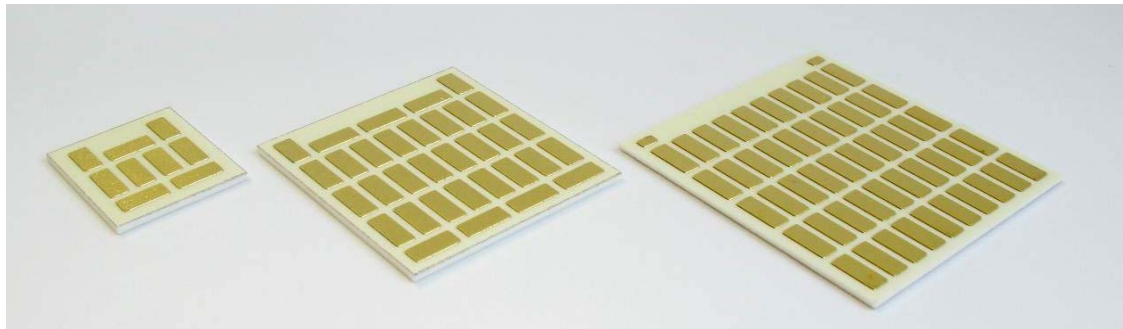


Bild 4-57: Vorstrukturierte, metallisierte Keramikplättchen zum Aufbau thermoelektrischer Generatoren mit 18, 64 und 100 p- und n-dotierten Einzelementen

4.5.6 Brenngaserzeugung aus Abfällen der Biodieselproduktion mit überkritischem Wasser

Im Berichtsjahr wurde das Ende 2008 begonnene Forschungsvorhaben zur Rohglyzerin-Reformierung, das gemeinsam von IUTA und der TU Bergakademie Freiberg durchgeführt wurde, abgeschlossen.

Ziel des F&E-Vorhabens war die Entwicklung einer Technikumsanlage mit der Rohglyzerin, das als Koppelprodukt bei der Biodieselproduktion anfällt, durch chemische Umsetzung (Reformierung) mit überkritischem Wasser (SCWR – Super Critical Water Reforming) zu einem hochkalorischen Brenngas umgewandelt werden kann. Das Brenngas sollte in einem Motor-BHKW nutzbar sein.

Bei der Konstruktion der Anlage lagen die Schwerpunkte

- auf der Realisierung der Reaktorbeheizung über einen Porenbrenner, welcher mit verschiedenen Brennstoffen betrieben werden kann,
- auf der Nutzung des Wärmeinhalts des Produktgases zur Vorheizung der Edukte (Glycerin-Wasser-Gemisch) und
- auf der Installation der Anlagenkomponenten (Porenbrenner, Vorheizter, Reaktor) zu einem kompakten System.

Die Entwicklung und den Aufbau des Porenbrenners für die Beheizung des Reaktors übernahm die TU Bergakademie Freiberg, TUBAF.

Kernpunkte der Arbeiten bei IUTA waren die Entwicklung eines geeigneten Reaktorkonzepts (aufgeteilt in Vorheizter, Heizzone und Reaktionszone (Bild 4-58), dessen wärmetechnische Auslegung, die Konstruktion der Reaktorkomponenten, der Aufbau der Anlage und der Demonstrationsbetrieb.

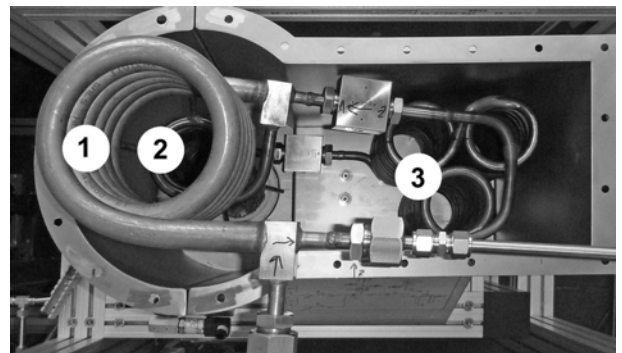


Bild 4-58: Blick von oben auf den Reaktorbereich mit Vorheizter (1), Heizzone (2) und Reaktionszone (3)

Die begleitend durchgeführten Untersuchungen zur Reformierbarkeit von Rohglyzerin ergaben, dass für einen dauerhaften und sicheren SCWR-Anlagenbetrieb das Rohglyzerin vorab durch geeignete Verfahren entsalzt werden muss.

Für den Demonstrationsbetrieb wurden deshalb wässrige Lösungen reinen Glycerins verwendet. In zukünftigen Arbeiten kann entsalztes Rohglyzerin eingesetzt werden. Die Reformierung des Glycerins verlief wie erwartet weitestgehend problemlos mit Umsätzen von bis zu 75 %. Das gewonnene Brenngas wies allerdings einen unerwartet hohen CO-Gehalt (bis zu 40 Vol.-%) und einen entsprechend geringeren Gehalt an H₂ (bis zu 35 Vol.-%) und CO₂ (bis ca. 10 Vol.-%) auf.

Dies ist darauf zurückzuführen, dass die von der Stahloberfläche katalysierte Shift-Reaktion (Reaktion von CO und H₂O zu H₂ und CO₂) wegen des niedrigen Oberflächen- zu Volumen-Verhältnisses im Reaktor nur in geringem Umfang abläuft. Je nach weiterer Verwertung des Produktgases ist dies kein Nachteil, da der Brennwert dadurch sogar geringfügig steigt (Tabelle 4.4).

Tabelle 4.4 Vergleich der Heizwerte der bei der Reformierung einer 25 %-igen Glycerinlösung erhaltenen Produktgase (bei IUTA vorhandene SCWR-Laboranlage und neue, hochskalierte, SCWR-Anlage)

	SCWR-Laboranlage mit neuem Reaktorkonzept Heizzone : Reaktionszone 1:2,5 Reformierung 25 % Glycerin		Neue SCWR-Anlage Reformierung 25 % Glycerin	
		Anteiliger Heizwert*		Anteiliger Heizwert*
H ₂	53 Vol.-%	5,724 kJ/l	34 Vol.-%	3,672 kJ/l
CH ₄	12 Vol.-%	4,308 kJ/l	12,5 Vol.-%	4,488 kJ/l
CO	5 Vol.-%	0,630 kJ/l	39,5 Vol.-%	4,977 kJ/l
CO ₂	29 Vol.-%	0,000 kJ/l	7 Vol.-%	0,000 kJ/l
Summe	99 Vol.-%	10,662 kJ/l	93 Vol.-%	13,137 kJ/l
* Heizwerte H ₂ : 10,8 kJ/l, CH ₄ : 35,9 kJ/l, CO: 12,6 kJ/l, CO ₂ : 0 kJ/l				

Der entwickelte Porenbrenner kann sowohl mit Erdgas (Methan), als auch mit wasserstoffhaltigen (Schwach-)Gasen betrieben werden. Dabei ist ein Wasserstoffanteil von bis zu 50 Vol.-% möglich.

Die Auslegung des Porenbrenners erfolgte entsprechend der verbrennungstechnischen Charakteristika der Brennstoffe. Das Abbrandverhalten und die dem Brennraum vorgelagerte Mischzone wurden in einer numerischen Simulation nachgestellt. Die experimentellen Untersuchungen des realisierten Brenners mit den Brenngasen verliefen ohne Komplikationen. Für die angegebenen Leistungsbereiche konnte für beide Brenngase ein stabiler, emissionsarmer Betrieb erzielt werden. Erdgas ist als Brennstoff für An- und Abfahrprozesse in einem Leistungsbereich von 3 bis 10 kW einsetzbar; das mit der SCWR-Anlage gewonnene Brenngas erlaubt prinzipiell einen normalen Anlagenbetrieb im Bereich von 6 bis 12 kW. Damit kann dieser

Brenner auch für die direkte Verbrennung industrieller Prozessgase, z. B. von Kuppelgasen eingesetzt werden.

Die im Vorhaben ebenfalls angestrebte, direkte Verbrennung von Rohglyzerin in einem Porenbrenner war nicht möglich, da die poröse Brennermatrix (aus siliziuminfiltriertem Siliziumcarbid SiSiC) durch den anorganischen Anteil im Rohglycerin in kürzester Zeit zerstört wird. Die Verbrennung des Rohglyzerins in einer Al₂O₃ Schüttung war zwar möglich, ist jedoch optimierungsbedürftig.

Die geplante direkte Kopplung der SCWR-Anlage mit dem Motor-BHKW konnte nicht realisiert werden. Gründe lagen in zu starken Druckschwankungen auf der Produktgasseite und einer nicht ausreichend stabilen Produktgaszusammensetzung. Mit einem Gas-Zwischenspeicher könnten diese Instabilitäten ausgeglichen werden.

Das Forschungsvorhaben 15779G der Forschungsvereinigung Umwelttechnik wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Stefan Peil
+49 (0)2065 418 222
peil@iuta.de

4.6 Nanomaterial-Synthese & -Prozesstechnik

4.6.1 NanoEnergieTechnikZentrum (NETZ) - Funktionale Nanopartikel-Kompositmaterialien für energie-technische Anwendungen



Partikelsynthese: Herstellung von Nano-Silizium im Technikumsmaßstab

Silizium-Nanopartikel werden im elektrisch beheizten Heißwandreaktor (HWR) im Technikumsmaßstab hergestellt. Die Prozessbedingungen sind variabel. Der Prozessdruck kann zwischen 15 und 100 kPa und die Temperatur zwischen 800 und 1100 °C gewählt werden, wodurch Teilchengröße und Morphologie gezielt eingestellt werden können. Typischerweise werden Silizium Partikel bei Prekursor-konzentrationen von 1 bis 10 Vol.-% Monosilan (SiH_4) in einer H_2/N_2 Atmosphäre gebildet. Die sich ergebenden Produkte werden routinemäßig mit mehreren Verfahren analysiert, um eine Beziehung zwischen den Synthesebedingungen und der resultierenden Teilchengröße, Kristallinität und Morphologie herzustellen zu können.

Im Jahr 2012 wurden zwei kontinuierliche Syntheserouten für Silizium-Nanopartikel verfolgt, erstens, die Herstellung von kristallinem nanopartikulärem Siliziumpulver und zweitens die Synthese von amorphem Siliziumpulver. Beide Prozesse werden in Abwesenheit von Sauerstoff durchgeführt. Nach der Zersetzung von Monosilan und der Bildung von Siliziumpartikeln in der heißen Zone werden die partikelbeladenen Gase in ein Filtersystem mit zwei parallelen Einheiten geleitet, von denen die eine aktiv ist, während die andere von gesammelten Partikeln gesäubert und für den weiteren Betrieb vorbereitet wird.

Kristalline Materialien werden bei einem Druck von 100 kPa_{abs} und einer Temperatur von 1000 °C hergestellt. Das Wachstum kristalliner Partikel ist typischerweise bei Temperaturen in diesem Bereich möglich. Darüber hinaus ist die Verweilzeit der Partikel innerhalb der Reaktionszone bei dem vorgegebenen Druck vergleichsweise lang, was die Bildung von hoch kristallinen Teilchen zusätzlich begünstigt. Für die Erzeugung eines amorphen Materials wird die Temperatur auf 800 °C und der Betriebsdruck auf 21 kPa eingestellt. Bei diesen Bedingungen wird die Bildung der kristallinen Phase verringert und bevorzugt amorphes Material gebildet.

Transmissions-elektronenmikroskopische (TEM) Untersuchungen des kristallinen Materials belegen die Bildung von versinterten Partikeln mit markanten Hälsen zwischen benachbarten Partikeln und Partikelgrößen von etwa 150 nm. TEM-Untersuchungen an amorphen Materialien zeigen weiche, agglomerierte Partikel, die kleiner als 40 nm sind.

Röntgendiffraktometrie (XRD) wird verwendet, um den Einfluss der Synthesebedingungen auf die Partikelstruktur zu belegen. Röntgenbeugungsdiffraktogramme von nanopartikulären Siliziumpulvern, die bei 800 °C bzw. 1000 °C synthetisiert wurden, ermöglichen die Unterscheidung von kristalliner und amorpher Phase. Eine Kristallitgröße von rund 30 nm wurde mittels der Debye-Scherrer-Methode an nanokristallinem Silizium gemessen, das bei einer Temperatur von 1000 °C und einem Druck von 100 kPa hergestellt wurde, während die bei 800 °C und 21 kPa generierten Partikel keine Bragg-Reflexe zeigen und vorwiegend aus amorphem Material bestehen. Die Position der Bragg-Reflexe des kristallinen Nanomaterials kann der Reflexlage von makroskopischem Silizium zugeordnet wer-

den. Bild 4-59 zeigt Röntgenbeugungsmessungen im Vergleich.

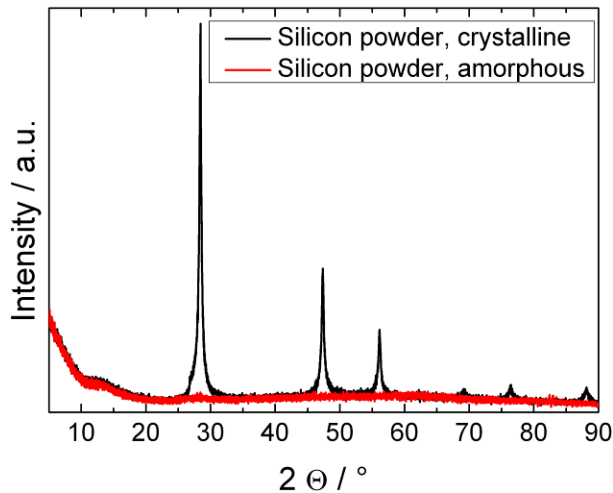


Bild 4-59: XRD Analyse von kristallinen (schwarz) und amorphen (rot) Silizium Nanopartikeln

Der Herstellungsprozess läuft stabil ab. Das konnte in kontinuierlichem Betrieb über eine Synthesedauer von etwa 30 h sowohl für kristallines als auch amorphes Material gezeigt werden. Die gleich bleibende Materialqualität wurde durch Messungen bestätigt. Bestimmt wurden dafür die spezifischen Oberflächen (BET) an kristallinen und amorphen Materialproben, die aus dem Produktionsprozess zu unterschiedlichen Zeitpunkten extrahiert wurden. Die Messungen belegen eine spezifische Oberfläche von ca. $17 \text{ m}^2/\text{g}$ für das kristalline und $\sim 68 \text{ m}^2/\text{g}$ für das amorphe Material. Bild 4-60 zeigt die spezifische Oberfläche von Proben des kristallinen und amorphen Silizium-Nanomaterials, die zu verschiedenen Zeiten des insgesamt 39 Stunden dauernden Betriebs der Syntheseanlage gewonnen wurden. Die Analysen bestätigen eine gleichbleibende Produktqualität der synthetisierten Materialien. Da im Vergleich zum Labormaßstab relativ hohe Prekursor-konzentration gefahren wurden, konnten während der Prozesszyklen jeweils mehrere kg erzeugt werden.

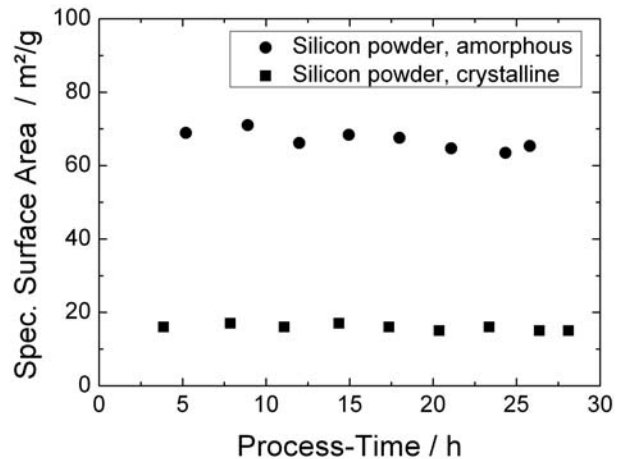


Bild 4-60: Spezifische Oberfläche von kristallinen und amorphen Silizium Nanopartikeln

Transfer von Nanopartikeln aus der Gasphase in Flüssigkeiten

Maßgeschneiderte, der Aufgabenstellung angepasste Nanomaterialien sind für zahlreiche energietechnische Anwendungen wie z. B. Katalyse, Photovoltaik, Energiespeicher oder Thermoelektrika hoch interessant. Für den industriellen Einsatz müssen diese Nanomaterialien allerdings häufig in Flüssigkeiten vorliegen, um die Prozessierbarkeit herzustellen.

Die Gasphasensynthese bietet zwar die Möglichkeit, Nanopartikel im kg/h-Maßstab zu produzieren, liefert bisher aber nur trockene Pulver mit agglomerierten oder auch aggregierten Partikeln. Der Transfer der synthetisierten Partikel in prozessierbare Flüssigkeiten muss aus der Gasphase erfolgen, wenn die Agglomeration verhindert werden soll. Die davor liegende Stabilisierung bzw. Funktionalisierung der Partikel für diesen Prozess muss dann noch schneller sein. Die konventionelle Möglichkeit, die pulverförmigen Synthese-Produkte in eine Flüssigkeit zu überführen, besteht darin, sie (nach der Abscheidung in herkömmlichen Filtersystemen) zu redispersieren. Dieses Vorgehen erfordert allerdings in der Regel mehrere Verarbeitungsschritte zum Aufbrechen der gebildeten Agglomerate, zur Stabilisierung und zur Verhinderung erneuter Agglomeration

in der Dispersion. Besser ist daher die direkte Überführung wenig oder nicht aggregierter/agglomerierter Partikel aus der Gasphase in die Flüssigkeit und ihre instantane Stabilisierung. Eine schematische Gegenüberstellung beider Verfahren zeigt Bild 4-61.

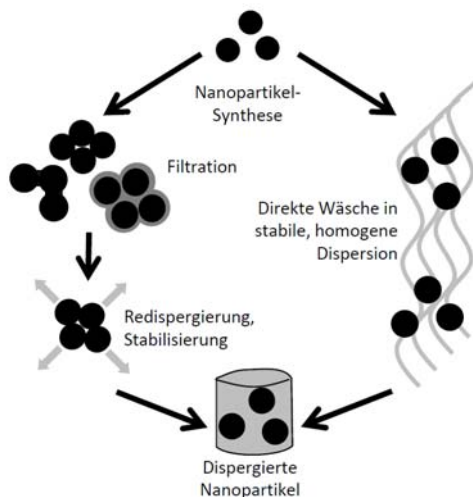


Bild 4-61: Schematische Gegenüberstellung: Herkömmliche Filtration und Redispergierung vs. direkte Abscheidung

Um diese Möglichkeit zu untersuchen, wurde im Rahmen des NETZ-Projektes ein Strahlwäscher im Labormaßstab aufgebaut. Dieser Wäscher arbeitet im Gegenstrom-Prinzip: Die Waschflüssigkeit wird über drei Zweistoff-Düsen in drei Ebenen von oben nach unten verdüst. Das partikelbeladene Gas durchströmt den Wasserturm im Gegenstrom von unten nach oben. Die Abscheidung der Partikel in die Waschflüssigkeit wird durch die erzielbare große Oberfläche und die Relativgeschwindigkeit ermöglicht. Für den Laborversuch wurden in wässriger Phase suspendierte TiO_2 -Nanopartikel als Testaerosol verwendet, die ähnliche Eigenschaften aufweisen wie die synthetisierten Partikel. Sie wurden mit Hilfe eines Aerosolgenerators zerstäubt, in einem Diffusionstrockner getrocknet und in den Strahlwäscher eingeleitet. Durch Kreislaufführung der Waschflüssigkeit wurde eine kontinuierliche Anreicherung mit Partikeln erreicht.

Die Stabilisierung der wässrigen TiO_2 -Dispersionen wurde mit Säuren und Laugen als

auch Tensiden erprobt. Für pH-Werte < 2 und $\text{pH} > 12$ konnten langzeitstabile Dispersionen erzeugt werden. Auch die Verwendung von nicht-ionischen Tensiden, wie beispielsweise Tween 80, führte in bestimmten Konzentrationsbereichen zu stabilen, weiter prozessierbaren Dispersionen.

Aus Messungen der Partikelanzahl im Abgas des Wäschers im Betrieb mit und ohne Waschflüssigkeit wurde der jeweilige Abscheidegrad berechnet. Es ergaben sich Abscheidegrade zwischen 40 und 80 %, die leicht mit der Anzahl der eingesetzten Waschdüsen anstiegen. Messungen der Partikelgrößenverteilung in der flüssigen Phase mittels dynamischer Lichtstreuung zeigten, dass die Partikel nach der Überführung in die wässrige Phase ihre Partikelgröße nahezu beibehalten und nicht oder nur wenig agglomerieren.

Nach diesen positiven Laborergebnissen wurde ein Nass-Wäscher (Bild 4-62) am Ausgang des Gasphasenreaktors angekoppelt, in dem die gasgetragenen Partikel direkt in eine Waschflüssigkeit überführt werden. Im Unterschied zum Labor-Strahlwäscher sind hier Gas- und Flüssigkeitsstrom parallel zueinander angeordnet. Die Spaltbreite der Wäscher-Kehle wurde variabel gestaltet, um verschiedene Strömungs- und Relativgeschwindigkeiten abdecken zu können. Die mit Partikeln angereicherte Waschflüssigkeit sammelt sich nach dem Austritt aus dem Nass-Wäscher in einem Diffusor und kann von dort entnommen werden.

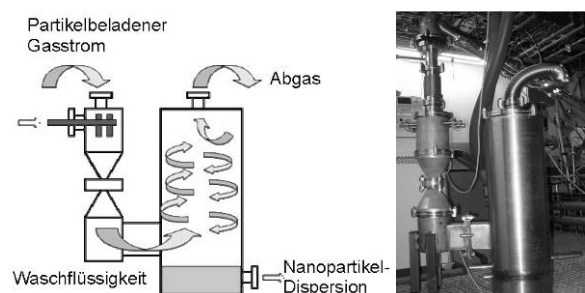


Bild 4-62: Venturi-Wäscher schematisch (links) und real im Technikum (rechts)

Diese Konfiguration wurde mit einer Wasser-basierten Waschflüssigkeit getestet. Zeta-Potenzial-Messungen an TiO_2 -Nanopartikeln aus dem untersuchten Flammreaktor zeigten, dass bei einem pH-Wert von 3 bis 4 die Agglomeration der Partikel in der flüssigen Phase durch elektrostatische Stabilisierung unterdrückt werden kann, entsprechend wurde eine Waschlösung aus VE-Wasser und Essigsäure mit einem pH-Wert von 3,7 verwendet. Die DLS-Messung (Dynamische Lichtstreuung) an der frisch erzeugten Dispersion ergibt einen durchschnittlichen Durchmesser der abgeschiedenen Agglomerate von 300 nm, der als typische Größe am Reaktorausgang erwartet wird.

Diese Ergebnisse zeigen, dass das direkte Auswaschen von Nanopartikeln aus der Gasphasensynthese ein viel versprechender Ansatz ist, um auch im industriellen Maßstab stabile Dispersionen herzustellen. Zur weiteren Reduzierung der Agglomeratgröße wird es erforderlich sein, Wäschersysteme weiter stromaufwärts zu positionieren oder den partikelbeladenen Produktgasstrom des Reaktors möglichst frühzeitig zu verdünnen.

Einbettung eines SiO_2 -Polystyrol Nanokomposits in eine Polymermatrix

Nanopartikuläre Materialien mit hoher Reinheit und passgenau eingestellten Eigenschaften haben ein noch nicht ausgeschöpftes Anwendungspotenzial. Wie bereits dargestellt, ist bei der Überführung in prozessierbare Flüssigkeiten eine Stabilisierung der Partikel unerlässlich, die für die Anwendung in homogenen Nanopartikel-Schichten, transparenten Nanokompositen, geordneten nanoporösen Schichten oder hybriden Nanokomposit-Systemen eine homogene Dispersion von Primär-Partikeln gewährleistet.

Unter hybriden Nanokomposit-Systemen versteht man die Kombination von verschiedenen nanoskaligen Materialien, beispiels-

weise die Einbettung einer anorganischen Phase in ein thermisch stabiles Polymer, um dessen Eigenschaften zu verbessern. Diese Komposite können als neue Materialklasse aufgefasst werden, die die Vorteile beider Komponenten miteinander verbinden.

Im Rahmen des NETZ-Projektes wurden SiO_2 -Partikel funktionalisiert und in eine Polymermatrix eingebettet. SiO_2 -hybrid-Nanokomposite sind in dem zuvor beschriebenen Sinn für Anwendungen wie Korrosionsschutz-Schichten, transparente Beschichtungen und anderen von Interesse.

Die Herstellung der SiO_2 -Nanopartikel erfolgte im Mikrowellen-Plasmareaktor, als Prekursor wurde Tetraethoxysilan (TEOS) genutzt. Aufgrund der hohen Anzahl von Silanol-Gruppen auf der Partikel-Oberfläche lagen die synthetisierten Partikel nach der Abscheidung in großen Agglomeraten vor. Eine Berechnung der Primärpartikelgröße aus der Brunauer-Emmett-Teller Adsorptions-Desorptions-Isotherme ergibt einen Partikeldurchmesser von 28 nm. Die Agglomerate wurden zunächst in einer Mischung aus Ethanol und destilliertem Wasser dispergiert und im Ultraschall zerkleinert. Im nächsten Schritt erfolgte eine Oberflächen-Modifikation durch Silanisierung der Partikel in einer Mischung aus n-Octyltriethoxysilan (OTES) und destilliertem Wasser. Eine Analyse der Dispersion mittels Dynamischer Lichtstreuung (DLS) ergibt einen Partikeldurchmesser von 28 nm. Dies bedeutet, dass es durch die Oberflächenmodifikation gelungen ist, eine Dispersion aus Primärpartikeln herzustellen, in der keine Agglomeration der Partikel erfolgt. Diese Dispersion kann dazu verwendet werden, um beispielsweise transparente Schichten zur Hydrophobierung auf Glas-Substrate aufzubringen. Bild 4-63 zeigt den Vergleich einer Dispersion mit unbehandelten, agglomerierten (links) und einer Dispersion mit modifizierten (Mitte) SiO_2 -Partikeln und ein beschichtetes Glas-Substrat mit hydrophobierter Oberfläche.

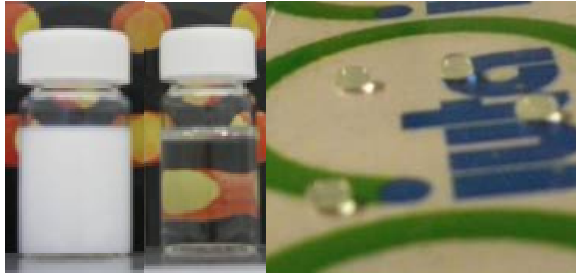


Bild 4-63: Vergleich einer Dispersion mit unbehandelten, agglomerierten SiO_2 -Partikeln (links) und einer Dispersion mit modifizierten SiO_2 -Partikeln (Mitte). Hydrophobisiertes Glas-Substrat (rechts)

Die OTES-modifizierten SiO_2 -Nanopartikel wurden in einem weiteren Prozess-Schritt in einer Lösung aus Styrol und Divinyl-Benzol dispergiert, der anschließend Azoisobutylnitril (AIBN) zugefügt wurde. Der damit ausgelösten Emulsionspolymerisation folgte die Filterung und Trocknung des hergestellten SiO_2 -Polystyrol-Nanokomposits (PS-SiO_2). Das so hergestellte trockene Pulver wurde mit einem Granulat aus Styrol-Butadien-Kautschuk (SBR) vermischt, zu Scheiben gepresst und getempert. Das Ergebnis dieser Prozesskette ist ein Polymer/ PS-SiO_2 -Komposit, das gegenüber kommerziellem SBR verbesserte mechanische Eigenschaften und eine erhöhte Temperaturstabilität aufweist.

Es zeigt sich, dass diese Technologie eine flexible Methode zur reproduzierbaren Synthese von Polymer/ SiO_2 -Kompositen darstellt. Das hergestellte Produkt weist keine Aggregation der eingebetteten Nanopartikel und auch keine Phasentrennung auf. Es hat gegenüber dem ungefüllten Polymer einen geringeren Feststoff-Gehalt bei gleicher Wirkung und sogar verbesserten thermischen und mechanischen Eigenschaften.

Das Projekt wurde vom Europäischen Fond für regionale Entwicklung und dem Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen unterstützt.



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

Ministerium für Innovation,
Wissenschaft und Forschung
des Landes Nordrhein-Westfalen



Ansprechpartner:

Dipl.-Phys. Tim Hülser
+49 (0)2065 418 302
huelser@iuta.de

Dr.-Ing. Sophie Marie Schnurre
+49 (0)2065 418 302
schnurre@iuta.de

4.6.2 Nanostrukturierte Materialien: Gesundheit, Exposition und Materialeigenschaften



Im Rahmen des hier dargestellten Teilprojektes des Verbund-Projekts nanoGEM (vgl. Beitrag auf Seite 50) wurden bei IUTA lumineszierende Partikel auf Basis von Seltenerde-dotiertem TiO_2 und aus SiO_2 mit eingelagerten Silizium-Quantendots hergestellt.

Europium-dotiertes TiO_2

Für die Synthese des dotierten TiO_2 wird ein Diffusionsflammenreaktor verwendet und Europium als Dotierstoff eingebracht. Dreiwertige Europium-Ionen zeigen auf Grund von atomspezifischen Energietransfers lumineszierende Eigenschaften im sichtbaren Spektralbereich und sollen daher als interne Marker zur Detektion der TiO_2 -Partikel in biologischen Systemen eingesetzt werden.

Die Herstellung des dotierten TiO_2 konnte im 100 g-Maßstab im Diffusionsflammenreaktor durchgeführt werden. In diesen wurden die für den Verbrennungsprozess notwendigen Gase, u. a. Methan und Sauerstoff, eingedüst und gezündet. Die Partikelgenerierung erfolgt unter Zugabe einer Lösung mit den Prekursor-materialien Titanetraaisopropoxid (TTIP) und Europiumnitrat. Zur Untersuchung der Photolumineszenz der Partikel wurde ein

Fluoreszenzspektrometer eingesetzt und das hergestellte Material mit einer Wellenlänge von 464 nm direkt angeregt. Die spektrale Lage der Maxima bzw. der Schulter im Emissionsspektrum lassen sich den interatomaren Übergängen des Europiums zuordnen, zudem zeigen Absorptionsmessungen an undotiertem TiO_2 , dass in dem dargestellten Wellenlängenbereich die Absorption des Titandioxids minimal ist.

Silizium-dotiertes SiO_2

Für die Herstellung eines Systems aus Siliziumdioxid mit eingebetteten Silizium-Quantenpunkten wird ein Mikrowellen-basierter Plasmareaktor verwendet. Bei der Verwendung von Quantenpunkten führt die Rekombination von photophysikalisch erzeugten Exzitonen in Abhängigkeit der Quantendot-Größe zu einer größenabhängigen Aussendung von Licht. Für Silizium ist bekannt, dass die Lumineszenz im roten und nah-infraroten Bereich des Spektrums besonders intensiv ist.

Si-Kristallite in einer SiO_2 -Matrix wurden durch Verwendung der Prekursoren Silan und Sauerstoff im Mikrowellen-Plasmareaktor hergestellt. Innerhalb des Plasmas zerfällt Silan in Siliziumatome und Wasserstoff und reagiert unter Anwesenheit von Sauerstoff zu Siliziumdioxid. Bei unterstöchiometrischem Gehalt an Sauerstoff segregiert Silizium. Die Untersuchungen hinsichtlich der Lumineszenz-Eigenschaften ergaben, dass eine Nachbehandlung des Materials erforderlich ist, um die gewünschte Lumineszenz einzustellen. Dazu wurden die Partikel thermisch unter synthetischer Luft bei Temperaturen oberhalb von 800 °C nachbehandelt. Die derart nachbehandelten Materialien wurden mittels Photolumineszenz(PL)-Untersuchungen charakterisiert.

Voruntersuchungen an Si-dotiertem SiO_2 haben gezeigt, dass ein höherer Sauerstoffpartialdruck während der Partikelerzeugung bei ansonsten identischen Bedingungen zu

kleineren Si-Quantendots führt, sodass eine Blauverschiebung des Lumineszenz-maximums beobachtet wird. Eine weitere Blauverschiebung kann durch thermische Nachbehandlung an Luft erreicht werden. Bild 4-64 zeigt zwei entsprechende Proben im Vergleich. Probe 4 wurde bei einem O_2/SiH_4 -Verhältniss von 2,8 und Probe 5 bei einem Verhältnis von 4 hergestellt. Durch thermische Nachbehandlung konnte das Emissionsmaximum auf eine Wellenlänge von 700 nm gesenkt werden (vgl.; Probe 5, 5 h, 950 °C). Bild 4-65 zeigt drei Spektren im Vergleich.

Deutlich ist die unterschiedliche Lage der Maxima erkennbar. Während sich für Temperaturen von 900 und 950 °C kein wesentlicher Wellenlängenunterschied erkennen lässt, zeigt das bei 800 °C nachbehandelte Material ein Maximum bei größeren Wellenlängen. Allgemein wird beobachtet, dass die Lumineszenzintensität mit steigender Temperatur während der thermischen Behandlung deutlich abnimmt.

Unter UV Licht (254 nm) ist die Lumineszenz auch für das menschliche Auge gut erkennbar (Bild 4-66).

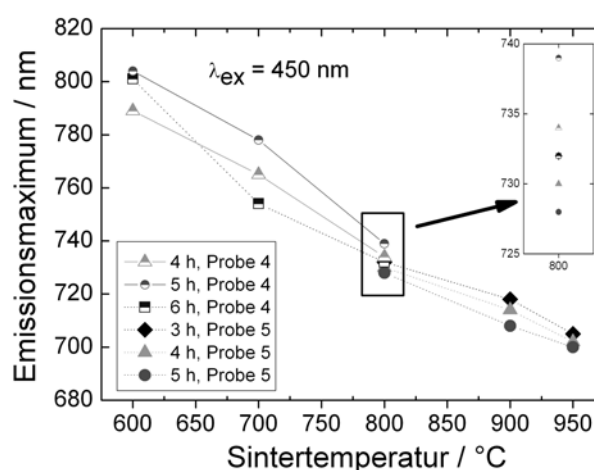


Bild 4-64: Lage der Emissionsmaxima zweier Si:SiO₂ Nanomaterialien, die jeweils bei unterschiedlichen Temperaturen und Zeiten thermisch nachbehandelt wurden. Probe 4: $\text{O}_2/\text{SiH}_4=2,8$ während des Herstellungsprozesses und Probe 5: $\text{O}_2/\text{SiH}_4=4$. Die Anregungswellenlänge beträgt 450 nm.

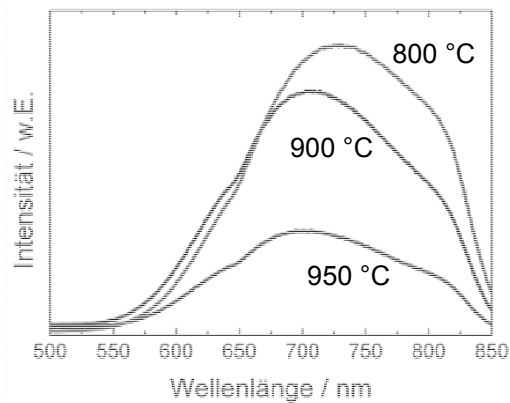


Bild 4-65: Ergebnisse der Photolumineszenz-Untersuchungen an thermisch nachbehandelten Si:SiO₂ aus einem Mikrowellen Plasmareaktor. Der Einfluss der Sinter Temperatur auf das PL-Signal der für 5 Stunden thermisch behandelten Probe 5 ist dargestellt. Die Anregungswellenlänge beträgt 450 nm.



Bild 4-66: Thermisch behandeltes Si:SiO₂ unter Tageslicht (links) und unter UV-Licht (rechts)

Das Vorhaben wird gefördert durch:



Ansprechpartner:

Dipl.-Phys. Tim Hülser
+49 (0)2065 418 302
huelser@iuta.de

4.6.3 Wandlung von Abwärme in elektrische Energie – Entwicklung und Herstellung eines thermoelektrischen Generators aus nanokristallinem Silizium

Im August 2010 startete das Projekt zur Herstellung eines thermoelektrischen Generators in Zusammenarbeit mit dem Bereich „Gasprozesstechnik & Energiewandlung“ des IUTA, der Arbeitsgruppe Nanostrukturtechnik (NST) der Universität Duisburg-Essen und der Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalt (SLV) in Duisburg.

Ziele des Forschungsvorhabens sind die Entwicklung, Herstellung, Charakterisierung und Test eines Thermogenerators auf Basis von nanokristallinem Silizium und damit ungiftigen Werkstoffen. Die gefertigten thermoelektrischen Elemente bestehen aus elektrisch und mechanisch verbundenen Quadern mit den Abmessungen von ca. $2,5 \times 2 \times 2 \text{ mm}^3$, die von NST durch Sparkplasma-Sinterung aus hochdotierten Silizium-Nanopartikeln des IUTA hergestellt wurden.

Bild 4-67 zeigt den hergestellten Generator, der in Zusammenarbeit mit allen beteiligten Forschungsstellen aufgebaut wurde. Das Projekt wurde im Mai 2012 mit dem Inno-Materia-Award (Bild 4-68) der deutschen Gesellschaft für Materialkunde und dem Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen ausgezeichnet.

Das erforderliche Ausgangsmaterial, die dotierten Siliziumpartikel, wurden in einem Heißwandreaktor im Technikumsmaßstab hergestellt. Dabei wurde im Jahr 2012 insbesondere ein Syntheseverfahren bei hohen Temperaturen (1000 °C) und geringen Drücken entwickelt, um Materialien mit besonders kleinen Kristalliten zu erzeugen. Physikalische Untersuchungen der NST konnten zeigen, dass derart hergestellte Materialien auf Grund ihrer strukturellen Eigenschaften für thermoelektrische Anwendungen besonders geeignet sind.

Um auch den Einfluss der Dotierstoffkonzentration auf die thermoelektrischen Eigenschaften untersuchen zu können, wurden Bordotierte Siliziumpulver mit nominellen Dotierkonzentrationen von 1,0, 1,5, 2,0 und 2,5 Atom-% hergestellt. Die Materialien wurden u. a. durch Messungen zur Bestimmung der spezifischen Oberfläche (BET) charakterisiert. Dabei zeigte sich, dass der Dotiergrad die spezifische Oberfläche nicht beeinflusst und die Materialien eine spezifische Oberfläche in Bereich von $\sim 16 \text{ m}^2/\text{g}$

besitzen. Durch thermoelektrische Charakterisierung beim Projektpartner NST konnte der erfolgreiche Einbau des Dotierstoffes Bor in unterschiedlichen Konzentrationen nachgewiesen werden.

Die durch Sparkplasma-Sinterung hergestellten Bausteine wurden mittels Impedanzspektroskopie bei unterschiedlichen Temperaturen charakterisiert. Zu diesem Zweck wurde eine neue Messsonde konstruiert, gefertigt und in einen Messplatz integriert, der die elektrische Charakterisierung einzelner nanostrukturierter Quader ermöglicht. Bild 4-69 zeigt den aufgebauten Messplatz und eine Vergrößerung der Messsonde mit eingebautem Quader. Erste Impedanzmessungen an sehr hoch dotierten, nanostrukturierten Materialien konnten belegen, dass sich die nanostrukturierten Quader sich wie ein entarteter Halbleiter mit geringem Innenwiderstand verhalten. Weitere Untersuchungen zur Bestimmung einzelner Ladungstransportprozesse sind für das Jahr 2013 geplant.

Das Forschungsvorhaben 364 ZN der Forschungsvereinigung IUTA wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Ansprechpartner:

Dipl.-Phys. Tim Hülser
+49 (0)2065 418 302
huelser@iuta.de

Dipl.-Ing. Mathias Spree
+49 (0)2065 418 301
spree@iuta.de

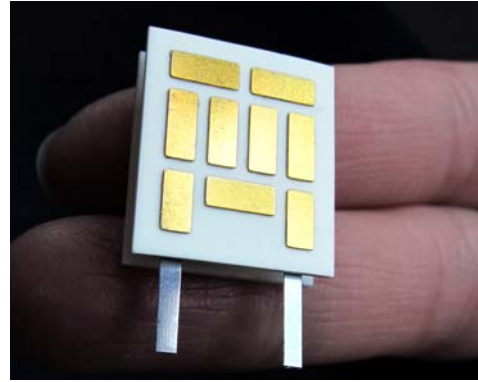


Bild 4-67: Thermoelektrischer Generator auf Basis von nanostrukturiertem Silizium. Die Herstellung erfolgte in Zusammenarbeit der Forschungsstellen IUTA, NST (Universität Duisburg-Essen) und Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalt (SLV) in Duisburg.



Bild 4-68: InnoMateria Award 2012



Bild 4-69: Impedanzmessplatz zur Charakterisierung von Silizium-basierten thermoelektrischen Generatoren. Vergrößerung: Neu konstruierte und gebaute Messzelle mit eingebautem nanostrukturiertem Siliziumquader.

4.6.4 Suspensionen hoher photokatalytischer Aktivität durch Eisen-dotierte TiO₂-Nanopartikel

Titandioxid (TiO₂) in Form von Anatas ist als guter Photokatalysator bekannt. Unter Bestrahlung mit UV-Licht entfaltet er seine volle photokatalytische Wirkung aber im Bereich des sichtbaren Lichtes sinkt seine katalytische Aktivität dramatisch ab. Die photokatalytische Aktivität des halbleitenden Materials in diesen Bereich durch gezielte Rotverschiebung zu verbessern ist ein Ziel des Vorhabens, ein anderes die Produktion in technischem Maßstab.

Die Herstellung von TiO₂-Partikeln in einem Verbrennungsprozess in der Gasphase hat gezeigt, dass die so hergestellten Partikel eine besonders hohe photokatalytische Aktivität besitzen, die noch gesteigert werden kann, wenn neben Anatas auch Spuren von Rutil vorliegen. Die photokatalytische Aktivität ist jedoch im Wesentlichen nur im UV-Bereich gegeben, eine Erweiterung auf den sichtbaren Bereich ist jedoch für viele Anwendungen, insbesondere für Oberflächenbeschichtungen in geschlossenen Räumen, erwünscht.

Die Erschließung des Materials auch für den sichtbaren Spektralbereich soll erreicht werden, indem bereits während der Herstellung die TiO₂-Nanopartikel mit Eisen dotiert werden. Im Labormaßstab wurden derartige Versuche schon von anderen Forschergruppen angestellt. Während sich reines TiO₂ auch über einen Sol-Gel-Prozess herstellen lässt, ist dies für gezielt dotiertes Material aus thermodynamischen Gründen vielfach nicht möglich. Eine geeignete Synthese erfordert einen kinetisch kontrollierten, schnellen Wachstumsprozess. Der erscheint über die uns zur Verfügung stehende Gasphasensynthese realisierbar.

Die anschließende Substrat-Beschichtungsmethode auf Basis der in ein Sol überführten Nanopartikel wird vom Projektpartner NADICO untersucht. Aufgrund zu erwartender

modifizierter Eigenschaften des neuen Materials (verändertes Zeta-Potenzial, erhöhte katalytische Aktivität) können die für Beschichtung mit reinen TiO₂-Materialien entwickelten Techniken nicht eingesetzt werden, das notwendige Bindungssystem Substrat- Katalysator muss entsprechend angepasst werden. Dabei wird als Verfahren die Entwicklung eines geeigneten Sol-Gel-Prozesses favorisiert, der eine für die spätere Verarbeitung besonders geeignete niederviskose Dispersion ermöglicht.

Eine Dotierung des reinen TiO₂-Materials mit Eisen bietet eine gute Möglichkeit, die photokatalytischen Eigenschaften des TiO₂ zu verbessern. In der Literatur wird vielfach auf die erhöhte photokatalytische Wirkung von Eisen-dotiertem TiO₂ (Fe:TiO₂) im Vergleich zu reinem TiO₂ im Bereich der Zersetzung organischer Materialien verwiesen. Zusätzlich Einfluss auf die (massebezogene) photokatalytische Aktivität nehmen Partikelgröße und spezifische Oberfläche sowie Porosität und Phasenzusammensetzung des Titandioxids.

Durch Teoh et al. konnte die Herstellbarkeit von Fe-dotierten TiO₂-Partikeln in Verbrennungsprozessen im Labormaßstab aufgezeigt werden. Durch gesteigerte Dotierstoff-Konzentrationen ließ sich die TiO₂-Bandlücke von 3,13 eV nach 2,20 eV verringern. Bisher liegen allerdings keine Verfahren vor, die es erlauben, die Materialien in einer Menge herzustellen, die für den industriellen Einsatz interessant wird.

Diese Lücke soll durch das hier dargestellte Forschungsvorhaben geschlossen werden. Erstes Projektziel ist die Erzeugung hochspezifischer Fe-dotierter TiO₂-Partikel mittels des Spraypyrolyse-Verfahrens in dem - u. a. im Tätigkeitsbericht 2011 beschriebenen - Flammreaktor des IUTA-Technikums.

Das Forschungsvorhaben KF2025427ZG2 wird im Rahmen des Programms „Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand“ - Förder-

modul Kooperationsprojekte - vom Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags gefördert.



Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Sophie Marie Schnurre
+49 (0)2065 418 302
schnurre@iuta.de

Dipl.-Ing. Mathias Spree
+49 (0)2065 418 301
spree@iuta.de

4.6.5 Synthese und Herstellung hochspezifischer Nano-Komposit- materialien aus pulverförmigen Ausgangsstoffen mithilfe der Gas- phasensynthese

Die Gasphasensynthese ist eine bekannte Methode zur Herstellung von Nanopartikeln. Als Ausgangsmaterial werden hier üblicherweise gasförmige oder auch flüssige Prekursoren verwendet, die in eine heiße Reaktionszone eingeleitet werden. Dabei werden flüssige Ausgangsmaterialien entweder erst in die Gasphase überführt oder über die Sprayflammgestützte Partikelerzeugung direkt zersetzt. Die Eigenschaften der so synthetisierten Nanopartikel sind abhängig von der Zusammensetzung des Ausgangsmaterials und den Prozessparametern. Allerdings wird die Bandbreite der herstellbaren Nanomaterialien durch die Verfügbarkeit dieser Ausgangsstoffe eingeschränkt. Gasförmige und flüssige Prekursoren sind oft sehr teuer oder enthalten vielfach umweltschädliche, giftige und stark korrosive Bestandteile. Diese Einschränkungen können umgangen werden, wenn es gelingt, pulverförmige Ausgangsstoffe - gegebenenfalls auch gemeinsam mit gasförmigen Ausgangsstoffen - in geeigneter

Weise direkt in den Synthesereaktor zu fördern und dort in der Gasphase zu prozessieren. Neben der Restrukturierung fester Ausgangsstoffe zu entsprechenden Nanopartikeln ist vor allem die Synthese von neuartigen Kompositen (beispielsweise Kern/Schale-Partikeln) ein äußerst gefragtes Feld.

Die Nutzung von Pulvern z. B. zur Oberflächenbeschichtung ist eine weit verbreitete Technologie. Allerdings kommt es selbst bei der Förderung von vergleichsweise großen Partikeln im Bereich von 1 - 100 µm zu Problemen durch die mechanischen und chemischen Eigenschaften des Pulvers z. B. durch Ansinterungen. Sollen nun Pulver im sub-µm Bereich gefördert werden, so ist durch das hohe Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnis und der damit verbundenen Reaktivität einzelner Materialien eine Verschärfung dieser Probleme zu erwarten. Dies bedeutet, dass vor allem nicht-oxidische Pulver zur Vermeidung von Oxidation unter inerten Bedingungen prozessiert werden müssen, und dass hohe Anforderungen an die Fördermedien und deren Massenfluss gestellt werden. Insbesondere der Massenfluss des Trägergases ist eine kritische Prozessgröße, da die Verweilzeit der Ausgangsstoffe in der Reaktionszone in der Regel nur wenige hundert Millisekunden beträgt und während dieser Zeit ein effizienter Wärmeübertrag gewährleistet werden muss. Der kontinuierliche Transport von partikulären Pulvern im sub-µm Bereich mit Hilfe geringer Gasströmungen und unter inerten Bedingungen stellt prozesstechnisch eine große Herausforderung dar. Um diesen Förderprozess zu realisieren sind einerseits detaillierte Kenntnisse der Fluidynamik des Materials notwendig andererseits aber auch Versuche unverzichtbar.

Für das Projekt soll der Heißwandreaktor (HWR) eingesetzt werden. Er ist bisher ausschließlich auf den Betrieb mit gasförmigen Prekursoren ausgelegt. Um dem Gasstrom nun pulverförmige Materialien im sub-µm-Bereich zuzuführen, muss ein geeignetes

Fördersystem entwickelt werden. Auch die Düsengeometrie für den Synthese-Reaktor muss neu berechnet und umgesetzt werden, damit das sub- μm -Pulver bei geringen Gasvolumenflüssen kontinuierlich gefördert und effizient in der Reaktionszone verteilt wird.

Wenn dies gelingt, kann die Synthese von Materialien durchgeführt werden, die in herkömmlichen Syntheseprozessen nicht herstellbar sind: Z. B. homogene Mischungen bzw. Legierungen, maximal durchmischte Phasen oder Kern/Schale-Partikel mit homogener Beschichtung. Vorstellbar ist beispielsweise die Herstellung von oxidischen / nicht-oxidischen Kompositmaterialien, ohne dass Sauerstoff am Syntheseprozess beteiligt ist, indem ein hochschmelzendes nanoskaliges Oxid, z. B. ZrO_2 , zusammen mit einem gasförmigen Prekursor, z. B. Tetramethylsilan $\text{Si}(\text{CH}_3)_4$, und inerten Trägergasen in den Reaktor zugegeben wird. Zu erwarten wäre dann die Bildung eines nanoskaligen ZrO_2/SiC -Komposits. Diese Materialkombination ist in herkömmlichen Syntheseverfahren nicht herstellbar, da die Synthese von Zirkonoxid Sauerstoff benötigt, der jedoch jedes siliziumhaltige Ausgangsmaterial zu SiO_x oxidieren würde.

Für erste Förderversuche wurden kommerziell verfügbare Pulver verwendet. Die Förderversuche zeigten, dass sich alle Pulver nach einigen Anpassungen mit den gewünschten Parametern fördern lassen. Die Förderrate soll durch optische Kurzzeitmessung ($< 10 \text{ ms}$) der Geschwindigkeit zusammen mit dem Wägewert eine zuverlässige Messung der Förderrate ermöglichen. Das Signal des optischen Sensors ist materialabhängig und muss jeweils kalibriert werden. Die Kombination von Reaktor, neuer Düse und Pulverförderer wurde sicherheitstechnisch im Rahmen einer PAAG-Analyse (Prognose, Auffinden der Ursache, Abschätzen der Auswirkungen, Gegenmaßnahmen) betrachtet. Als Ergebnis dieser Studie wird die Zuführung vom Pulverförderer zum Reaktor

zusätzlich gekapselt, um eine potenzielle Gefährdung durch Undichtigkeiten auszuschließen. Bild 4-70 zeigt die schematische Anordnung von Pulverförderer und Reaktor.

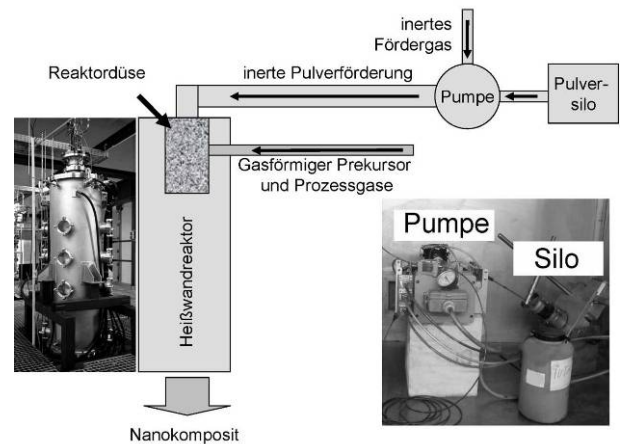


Bild 4-70: Schematische Anordnung von Pulverförderer und Reaktor

Das Forschungsvorhaben KF2025422MU1 wird im Rahmen des Programms „Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand“ - Fördermodul Kooperationsprojekte - vom Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags gefördert.



Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Sophie Marie Schnurre
+49 (0)2065 418 302
schnurre@iuta.de

Dipl.-Ing. Mathias Spree
+49 (0)2065 418 301
spree@iuta.de

4.7 Wasser-Prozess- & Aufbereitungstechnologie

4.7.1 Membranuntersuchungen

Im Rahmen einer Kooperation mit der Toray Membrane Europe AG führt IUTA seit Februar 2012 Untersuchungen an Membranwickelmodulen für die Meerwasseraufbereitung durch.

Die Untersuchungen sind darauf ausgerichtet, mechanische oder chemische Beschädigungen an Membranelementen festzustellen und zu lokalisieren, Verschmutzungen der Elemente wie Fouling und Scaling zu erkennen und zu charakterisieren um daraus Hinweise auf Reinigungsmaßnahmen oder Prozessoptimierungen abzuleiten. Dabei werden sowohl zerstörungsfreie als auch zerstörende Untersuchungsmethoden angewendet.

Leistungstests an Membranelementen

Mit Hilfe eines Leistungstests unter standardisierten Testbedingungen lassen sich gebrauchte Membranelemente auf mögliche Leistungsminderungen untersuchen. Als Beurteilungsparameter werden die Ausbeute an Permeat und der Salzzrückhalt herangezogen. Zu deren Bestimmung werden in den Versuchsanlagen die werkseitigen Testbedingungen für neue Elemente nachgestellt und die Messergebnisse mit den Herstellerangaben für den jeweiligen Membrantyp verglichen. Dieser Vergleich gibt Hinweise darauf, ob ein Element geschädigt wurde, und welcher Art die Beschädigung sein kann. Ein verminderter Salzzrückhalt deutet auf eine Undichtigkeit durch mechanische oder chemische Schädigung hin, wohingegen eine reduzierte Ausbeute eine Verblockung der Membran vermuten lässt.

In den Versuchsanlagen des IUTA können solche Tests sowohl mit Brackwasser wie auch Seewasser für Umkehrosmoseelemente oder Nanofiltrationselemente durchgeführt

werden. Die Größe der Elemente kann bei vier bis acht Zoll liegen.

Integritätstests

Liegt ein verminderter Salzzrückhalt vor, kann der Verdacht auf Undichtigkeit über Integritätstests überprüft werden. Dazu werden Druckhalte-, Vakuum- und Färbetests durchgeführt, die eine generelle Aussage erlauben. Für die Lokalisierung von Undichtigkeiten gibt es weitergehende Testmethoden z. B. ein Dichtigkeitstest unter Wasser. In Bild 4-71 ist ein Membranelement dargestellt, bei dem der Aufstieg von Blasen anzeigt, wo sich die Undichtigkeit befindet. Die Markierung der Austrittsstelle auf der Membran hilft bei der nachfolgenden Autopsie das entsprechende Membranblatt zu identifizieren.

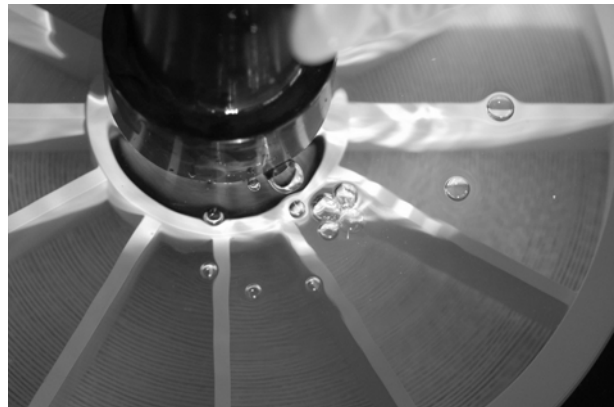


Bild 4-71: Lokalisierung einer Undichtigkeit an einem Membranelement

Membranautopsie

Für die Untersuchung von Belägen auf der Membran, die aus biologischem Material (sog. Fouling) oder anorganischem Material (Scaling) bestehen, wird eine Membranautopsie durchgeführt.

Die Fiberglashülle des Membranelements wird aufgeschnitten und entfernt und die Membran ausgerollt, siehe Bild 4-72. Die einzelnen Membranblätter werden visuell auf äußere Schädigungen und Auffälligkeiten in Farbe,

Geruch und Konsistenz des Belags hin untersucht. Proben des Belags werden im Labor analysiert. Im IUTA stehen zahlreiche Untersuchungsmethoden und Geräte zur vollständigen Charakterisierung der Beläge zur Verfügung, z. B. für Trockenmasse, Aschegehalt, oder Analysen mit ICP-OES, MS, Lichtmikroskopie, REM/EDX.

Weiterhin können mikroskopische Aufnahmen der Membranoberfläche Aufschluss über die Art und mögliche Ursache einer Schädigung geben.

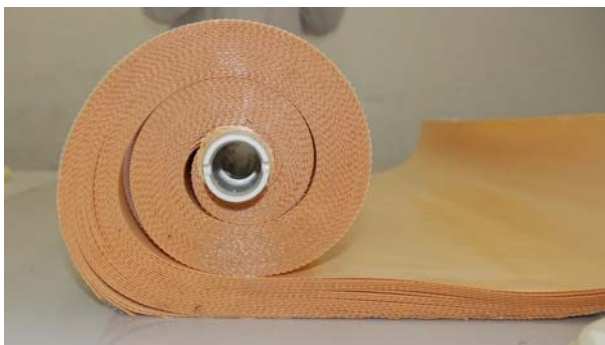


Bild 4-72: Ausgerolltes Membranelement

Membrancoupons tests

Systematische Untersuchungen an Membrancoupons geben Aufschluss über mögliche Belagbildungsmechanismen und die Effektivität von Reinigungsprozeduren.

Eine entsprechende Labortestanlage erlaubt analog zu den Versuchen in den Technikumsanlagen, Leistungstests bei Drücken von 3 bis 80 bar.

Kompatibilitätstests

Zusätzlich zu den Untersuchungen, welche die Charakterisierung der Membranelemente in den Vordergrund stellen, gibt es die Möglichkeit auch die Kompatibilität von Additiven, wie Reinigungsmittel, Antifoulants und Antiscalants gegenüber unterschiedlichen Membranmaterialien zu untersuchen. So wurde im IUTA bereits ein Langzeittest in einer Technikumsanlage unter standardisierten Versuchsbedingungen und über eine Dauer von 720 Stunden durchgeführt.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Franziska Blauth
+49 (0)2065 418 217
blauth@iuta.de

4.7.2 Meerwasser als Betriebsmedium einer Rauchgasentschwefelung

Die Besonderheit dieses, gemeinsam mit der Universität Duisburg-Essen und der Universität Dortmund durchgeführten Forschungsprojektes liegt darin, das bislang meist ungenutzt in das Meer abgeleitete Konzentrat aus Entsalzungsanlagen für die Entschwefelung des Abgases aus nahegelegenen, fossilbefeuerten Kraftwerken zu verwenden.

Die Verknüpfung von Anlagen zur Stromerzeugung mit Anlagen zur Trinkwassergewinnung aus Meerwasser führt zu einer Steigerung des Wirkungsgrades des Gesamtprozesses. Die Substitution des Meerwassers durch Konzentrat führt zu einer erheblichen Minderung der Zu- und Abwasserströme. Zusätzlich kann die Wirksamkeit des Oxidationsprozesses durch den erhöhten Salzgehalt und die Anreicherung von katalytisch wirksamen Spurenstoffen im Waschwasser gesteigert werden.

Der entscheidende Prozess für die Sicherstellung der ökologischen Verträglichkeit des entstehenden Abwassers vor der Rückführung ins Meer besteht in der Nachoxidation des Waschwassers, zum Beispiel in einem Oxidationsbecken.

Dazu führt IUTA Technikumsversuche mit unterschiedlichen Konzentratzusammensetzungen durch. Die Bauform des Oxidationsbeckens wurde nach verfahrenstechnischen und strömungstechnischen Gesichtspunkten festgelegt und an die örtlichen Gegebenheiten, mit der Ankoppelung an einen vorhandenen Wäscher, angepasst. In Bild 4-73 ist die Prinzipskizze des Oxidationsbeckens dargestellt.

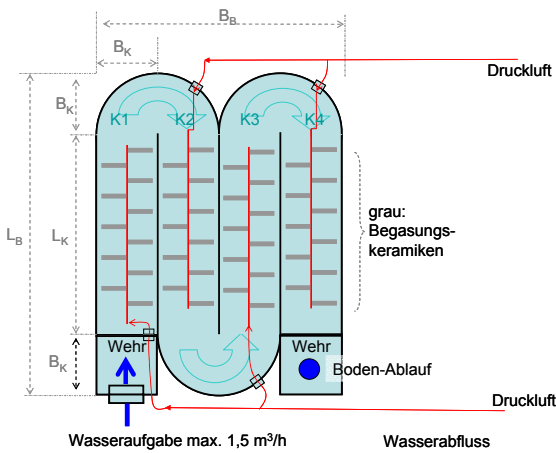


Bild 4-73: Prinzipskizze des Oxidationsbeckens

Das Oxidationsbecken ist als mehrfach gewundener Kanal mit einem an großtechnische Becken angelehnten Verhältnis von Höhe zu Breite von 1:2 ausgeführt. Es wurden Experimente zur Bestimmung des Sauerstoffeintrags mit unterschiedlichen keramischen Ausströmern durchgeführt. Die Auswahl fiel auf zylindrische Modelle, die variabel im Becken angeordnet werden können. Das ermöglicht die flexible Begasung einzelner Abschnitte im Strömungskanal. Durch eine im Becken installierte, transparente PET-Wand kann das Blasenbild mit einer Hochgeschwindigkeitskamera fortlaufend aufgezeichnet und damit die Blasengrößenverteilung bei unterschiedlichen Begasungsraten bestimmt werden. Bild 4-74 zeigt ein Blasenbild eines solchen Keramikröhrchens.

Aspekte des Arbeitsschutzes verlangen eine zusätzliche Abdeckung während der durchgeführten Versuche.

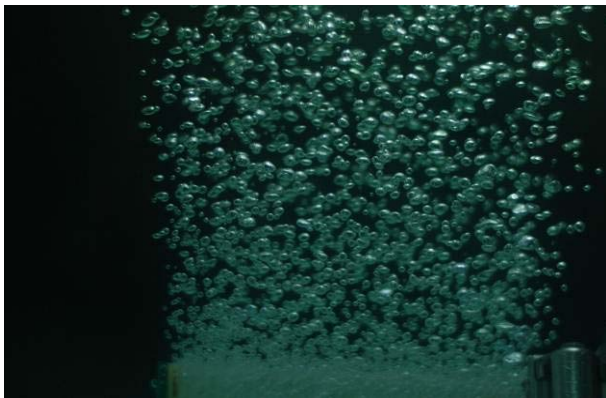


Bild 4-74: Blasenbild eines Keramikausströmers in Leitungswasser

Die Auswahl der zu untersuchenden Konzentratzusammensetzungen erfolgt an Hand einer umfassenden Recherche über die Qualitäten der Konzentrate von in Betrieb befindlichen Anlagen. Die Zusammensetzung des in Entsalzungsanlagen aufkonzentrierten Meerwassers ist abhängig einerseits vom jeweiligen Meerwasser andererseits von der verwendeten Entsalzungstechnologie. Weitere Einflüsse resultieren aus den beim Entsalzungsprozess zugeführten Additiven, die sich im Konzentrat anreichern können. Diese standortabhängigen Faktoren werden in einer Datenbank zusammengefasst. Sie können für markstrategische Entscheidungen, für die Auswahl geeigneter Anlagenstandorte, die Nutzung vorhandener Kapazitäten und die Klärung von Bau- und Anlagentypen herangezogen werden.

Die thermodynamischen Eigenschaften der zu untersuchenden Wässer, deren Gleichgewichtslage und die Zusammenstellung der Reaktionsmechanismen werden am Lehrstuhl für Thermische Verfahrenstechnik der Uni Duisburg ermittelt und zusammen mit den Versuchsergebnissen in die von der Uni Dortmund an der Fakultät Bio- und Chemieingenieurwesen, AG Strömungsmechanik entwickelten CFD-Modelle eingebunden.

Das Forschungsvorhaben 17118 N der Forschungsvereinigung IUTA wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Franziska Blauth
+49 (0)2065 418 217
blauth@iuta.de

4.8 Recycling & Umweltgerechte Entsorgung

4.8.1 Begutachtung von Kühlgeräteentsorgungsanlagen

Kühlgeräteentsorgungsanlagen arbeiten in der Regel nach einem identischen Verfahren: Die sogenannte Stufe 1 (Bild 4-75) dient in erster Linie der Trockenlegung des Kältekreislaufes, d.h. das kältemittelhaltige (FCKW und/oder KW) Kompressorenöl wird abgesaugt und diese Emulsion anschließend entgast und getrennt. Das rückgewonnene Kältemittel und das Öl werden der Entsorgung zugeführt. In der eingehausten, abluffkontrollierten Stufe 2 (Bild 4-76) wird der Korpus zerkleinert, die enthaltenen Metalle, der Kunststoff und der treibmittelhaltige (FCKW oder Cyclopentan) Isolations-schaum (PUR Polyurethan) werden getrennt. Das PUR wird entgast und das enthaltene Treibmittel aufgefangen. Die Metallfraktionen sind bekanntermaßen wertvoll, aber auch die PUR-Fraktion ist unter Berücksichtigung bestimmter Kriterien verwertbar. Einige Entsorgungsbetriebe Anlagen besitzen beide Behandlungs-Stufen, andere wiederum behandeln die Geräte nur in der Stufe 1.



Bild 4-75: Trockenlegung des Kältekreislaufs in Stufe 1



Bild 4-76: Anlage zur weiteren Behandlung der Kühlschränke in Stufe 2

Der einwandfreie Betrieb dieser Anlagen ist in regelmäßigen Abständen zu überprüfen. Das komplexe Verfahren dieser Entsorgungsdienstleistung besteht aus differenzierten Verfahrensschritten, die dementsprechend unterschiedliche Fehlerquellen beinhalten können. Diese können sich zum einen durch fehlerhaftes Handling, sowie durch technische Probleme und Mängel ergeben. IUTA führt, als derzeit einziges behördlich zugelassenes Unternehmen im Sinne der TA Luft, in Deutschland gutachterliche Tätigkeiten für die Kältegeräteentsorgungsindustrie durch. Der Ablauf und der Umfang der Prüfung ergibt sich aus der TA Luft vom 24.07.2002 Ziffer 5.4.8.10.3/ 11.3 Abschnitte f und g sowie unmittelbar aus der Vollzugshilfe zur TA Luft 5.4.8.10.3/11.3 der Bund-Länder-AG "Immissionsschutz" in der verabschiedeten Fassung vom 25. März 2009.

Darüber hinaus führt IUTA auch ganzheitliche Begutachtungen und Beurteilungen durch, deren Kriterien sich aus Anforderungsprofilen ergeben, die die Auftraggeber dieser Entsorgungsdienstleistung, an die Betreiber der Anlagen stellen.

Aufbauend auf der jahrelangen Erfahrung zu diesem Thema und der umfassenden Labor- und Technikumausstattung kann IUTA auf spezielle Fragestellungen im Rahmen der

Untersuchung eingehen. Dazu zählt beispielsweise die Durchführung von Analysen zur Bestimmung von Resttreibmittelgehalten (R 11, Cyclopentan) in den Austragsfraktionen der Stufe 2, wie PUR und Kondensat. Für Messungen innerhalb der Anlagen kommen mobile, quantitativ bestimmende FCKW- und Pentan-Messgeräte sowie geeignete Lecksuchgeräte zum Einsatz.

IUTA bietet mit dieser Dienstleistung eine wertvolle Ergänzung für die betriebsinterne Qualitätskontrolle der Entsorgungsunternehmen an. Eine solche technisch orientierte Begutachtung verfolgt den ganzheitlichen Ansatz, bei dem Fehlerquellen in der Anlagentechnik und -Führung sowie betriebstechnischen Besonderheiten aufgezeigt werden.

Die im vergangenen Jahr durchgeführten Prüfungen brachte den Betreibern der Anlagen wichtige Hinweise für eine effizientere, sorgfältigere und somit nachhaltige Arbeitsweise und diente auch IUTA zur stetigen Verbesserung seiner Dienstleistung.

Die neuen Erkenntnisse fließen ein in gemeinsame Projekte mit Anlagenbauern und es entstehen neue Ansätze für die wissenschaftliche Begleitung bei Neuinstallationen.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Jochen Schiemann
+49 (0)2065 418 259
j.schiemann@iuta.de

4.8.2 Gewinnung und Recycling von Indium aus gebrauchten LCD-Panels

Gegenstand des im Jahr 2011 begonnenen Vorhabens ist die Entwicklung einer Aufschluss- und Separationslinie für LC-Displays mit dem Ziel, eine vermarktbare, mit Indium angereicherte Fraktion zu gewinnen. Wegen der geringen Gehalte an strategischem

Material ist dieser Schritt für die weitere Aufarbeitung aus verfahrenstechnischen und wirtschaftlichen Gründen wesentlich.

Die LCD-Technologie wird insbesondere in der aktuellen Generation von Computermonitoren und Fernsehgeräten verwendet. LC-Displays findet man in einer Vielzahl weiterer Geräte wie z. B. Laptops, Netbooks und Handys. Derzeit können alle Gerätebestandteile bis auf die anfallenden Displays in bereits etablierte Recyclingwege eingebracht und entsprechend verwertet werden. Nur für die Displays existiert kein adäquater Verwertungsweg, der auf die Rückgewinnung von Indium ausgerichtet wäre.

Für erste Versuche wurden die benötigten Altgeräte im Zerlegebetrieb des IUTA aus dem aktuellen Elektroschrottaufkommen entnommen und zerlegt. Die Displays wurden gesichtet, klassiert und charakterisiert. Eine Übersicht über die erzeugten Displayfraktionen und das Mengenaufkommen gibt Tabelle 4.5. Deren durchschnittliche Indiumfracht wurde analytisch bestimmt und damit das Potenzial aufgezeigt, welches das derzeitige Elektroschrottaufkommen von LCD-Displays bietet.

Tabelle 4.5: Übersicht der erzeugten Displayfraktionen

Bildschirm- diagonale [Zoll]	Bildschirm- diagonale [cm]	Summe Gewicht [kg]	Aufkommen [%]
< 15	< 38	777	45,04
15 - 21	38 - 53	733	42,49
21 - 32	53 - 81	29	1,68
32 - 40	81 - 101	145	8,41
> 40	> 101	41	2,38

Das Indium ist nur in der sehr dünnen, aktiven Schicht der Displays enthalten. Um diese Schicht abzutragen, wurden verschiedene mechanische und abrasive Verfahren an geshredderten und in Front- und Rückelektrode getrennten Displays getestet. Es wurde die Wirkung von Ultraschall bei direkter und indirekter Beschallung auf das Ablösen der Indiumzinnoxid (ITO) Schicht

untersucht und es wurden Versuche mit verschiedenen Schleifmitteln zur Entfernung der ITO Schicht durchgeführt. Dabei konnte unter anderem nachgewiesen werden, dass die Frontelektrode im Durchschnitt einen dreimal höheren Indiumgehalt aufweist als die Rückelektrode. Die Bild 4-77 zeigt einen Abschleifversuch mit einem Schleifvlies.



Bild 4-77: Abschleifversuch mit einem Schleifvlies

Die Versuche werden fortgesetzt mit dem Ziel einer möglichst hohen Indiumausbeute und dem Blick auf die Automatisierung des Verfahrens. In Kooperation mit Untha Recyclingtechnik GmbH soll ein industrieller Prototyp entwickelt, gefertigt und erprobt werden.

Das Forschungsvorhaben wurde im Rahmen des Programms KMU-innovativ: Ressourcen- und Energieeffizienz unter der Kennziffer FZK 033R067A gefördert.



Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Dirk Strauß
+49 (0)2065 418 158
strauss@iuta.de

Hans-Jürgen Prause
+49 (0)2065 418-156
prause@iuta.de

4.8.3 Hintergrundbeleuchtung von LCD-Geräten - Gekapselte Zerkleinerungsapparatur für quecksilberhaltige Röhren

Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung einer gekapselten Zerkleinerungsapparatur für die quecksilberhaltige Hintergrundbeleuchtung von LCD-Geräten. Die Konstruktion soll sicher stellen, dass sie in Entsorgungsbetrieben eingesetzt werden kann. Der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) für den Umgang mit Quecksilber liegt in Deutschland bei $0,02 \text{ mg/m}^3$. Die Bruchfraktion ist so zu konditionieren, dass sie risikofrei gelagert und transportiert werden kann und die spätere Quecksilberrückgewinnung nicht behindert. Diese neue Apparatur wird den Einsatzbereich der in den letzten Jahren, gemeinsam mit der URT GmbH, entwickelten Sicherheitswerkbank für die sichere Demontage von Flachbildschirmen erweitern.

Der Einsatz toxischer Materialien in Elektro- und Elektronikbauteilen ist aufgrund spezifischer Anforderungen oft nicht vermeidbar. Bei der Entsorgung und Verwertung der Altgeräte stellt dies ein Problem dar. Die Identifikation und Separierung der Schadstoffe ist für die Behandlung von Altgeräten und Verwertung einzelnen Fraktionen von großer Bedeutung. So sind sowohl im derzeitigen Rücklauf sowie in den in Gebrauch befindlichen LCD-Geräten überwiegend Kaltkathodenlampen (CCFL) als Hintergrundbeleuchtung verbaut, und sie enthalten das hochtoxische Quecksilber. Es handelt sich hierbei um gasdichte, dünne, aber leicht zerbrechliche Glaskapillaren mit einem Durchmesser von 2 mm bis 4 mm. Laut Herstellerangaben sind in den einzelnen Röhren 3 mg bis 5 mg metallisches Quecksilber enthalten. Bis vor kurzem ging man davon aus, dass bei Bruch ein Großteil davon gasförmig freigesetzt wird. IUTA eigene Messungen zeigten übereinstimmend mit Untersuchungen aus der Schweiz, dass ein überwiegender Teil des Quecksilbers partikel-

gebunden an der Leuchtschicht haftet und von dort erst zeitversetzt abgegeben wird. Deshalb ist neben der Kontrolle gasförmiger Emissionen auch äußerst wichtig, Staubemissionen bei der Behandlung der CCFL zu vermeiden.

Die Anzahl der eingesetzten Hintergrund-Beleuchtungsröhren hängt in erster Linie von der Gerätekategorie und von deren Bildschirmgröße ab. Bei einem LCD-Fernsehgerät mit einer Bildschirmdiagonalen von 32“ kommen bis zu 20 solcher Röhren vor. Es können somit Quecksilbermengen von 60 mg bis 100 mg in einem einzigen Fernsehgerät enthalten sein. Eine Verwertungsmöglichkeit für die bei der manuellen Demontage anfallenden Kaltkathodenlampen ist noch nicht bekannt.

Zur kontinuierlichen Messung von elementarem Quecksilber verfügt das IUTA über mehrere Hg-Monitore. Die Messgeräte sind geeignet zur Überwachung und Messung in Luft und anderen Gasen. Des Weiteren können sie zur AGW-Wert-Überwachung am Arbeitsplatz, über kontaminierten Standorten und beim Recycling quecksilberhaltiger Stoffe verwendet werden. Das Messprinzip beruht auf der Kaltdampf-Atom-Absorptions-Spektrophotometrie (AAS).

Im Rahmen des Projekts wurde ein Versuchsaufbau realisiert mit dem die Quecksilberemissionen beim Bruch einzelner CCFL aus verschiedenen Gerätetypen gemessen und verglichen werden konnten. In Bild 4-78 sind exemplarisch die Konzentrationsverläufe beim Bruch einzelner CCFL aus verschiedenen LCD-Geräten dargestellt. Bei den Bruchversuchen wurde der AGW deutlich überschritten.

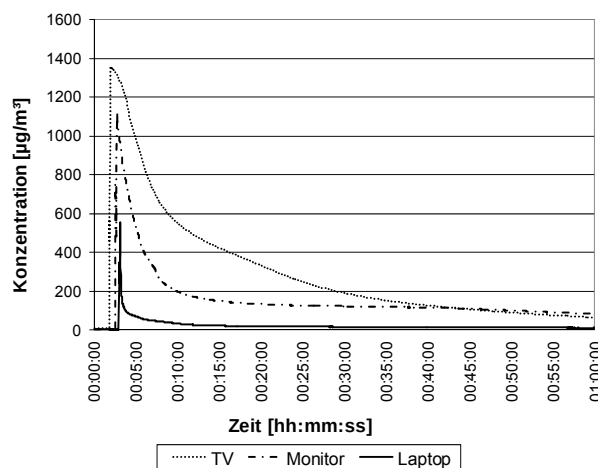


Bild 4-78: Quecksilberemissionen beim Bruch unterschiedlicher CCFL

Die Zerkleinerungsapparatur wird gemeinsam mit dem Projektpartner Untha Recyclingtechnik GmbH entwickelt und soll Anfang 2013 im IUTA installiert werden.



Untha Recyclingtechnik GmbH
Am Hammersteig 5a
97753 Karlstadt



Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Dirk Strauß
+49 (0)2065 418 158
strauss@iuta.de

Hans-Jürgen Prause
+49 (0)2065 418-156
prause@iuta.de

4.8.4 Aktivkohleanlage für Parameterstudien bei konkurrierender Adsorption für Prozessgase der Chemie-, Pharmazie-, Recycling- und Beschichtungsindustrie

Für die Auslegung und Dimensionierung von adsorptiv arbeitenden Abluftreinigungsanlagen für die Chemie-, Pharmazie-, Recycling- und Beschichtungsindustrie, welche in der Regel die abgeschiedenen Lösungsmittel flüssig zurückgewinnen, um sie zu verwerten oder gezielt zu entsorgen, sind zuverlässige experimentelle Daten unerlässlich. Das ist insbesondere dann der Fall, wenn die Gase unterschiedliches Adsorptionsverhalten aufweisen und sich gegenseitig beeinflussen.

In Kooperation mit der HERCO Kühltchnik GmbH wurde eine universell einsetzbare Testadsorberanlage (TAA) entwickelt, gefertigt und in Betrieb genommen. Die Anlage besteht aus zwei Adsorbern für den Wechselbetrieb. Die Vorgaben der ATEX-Leitlinien werden eingehalten. Jeder Adsorber ist unterteilt in 4 übereinanderliegende Schütttschichten mit Probenahmestellen für Feststoff und Gas. Die Desorption erfolgt über Wasserdampf, die Kondensationsstufe wird über ein Kälteaggregat betrieben. Bild 4-79 zeigt die vordere Seitenansicht der TAA. Links sind die beiden senkrecht angeordneten Adsorberbehälter zu sehen. Auf der rechten Seite sind die Komponenten der Desorptionseinheit und das Aggregat zur Prozessgaskühlung zu sehen. Um reproduzierbare Eingangsparameter sicherzustellen, wird das Prozessgas durch eine Aufbereitung, bestehend aus hintereinander geschaltetem Erhitzen und Kühlen, auf einen stationären Sättigungszustand gebracht. Die Zusammensetzung des Prozessgases wird über einen Multigasmonitor aufgenommen, der fünf organische Gas-komponenten erfassen kann.



Bild 4-79: Vordere Seitenansicht der Testadsorberanlage

Es wurden sowohl Versuche mit einzelnen Lösungsmitteln als auch mit Stoffgemischen durchgeführt. Dabei wurden Durchbruchskurven einzelner Lösungsmittel aufgenommen und mit denen von Mehrstoffgemischen verglichen. Daten zu den dabei auftretenden Verdrängungseffekten, wie konkurrierende Adsorption und Chromatographieeffekte, wurden empirisch ermittelt. Für Interessenten steht die Anlage für Versuche zur optimierten, problemangepassten Auslegung und Dimensionierung von Abluftreinigungsanlagen sowie Anlagen zur Rückgewinnung von Lösungsmitteln zur Verfügung.

Das Forschungsvorhaben KF2025406RH9 wird im Rahmen des Programms „Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand“ - Fördermodul Kooperationsprojekte - vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags gefördert.



Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Jochen Schiemann
+49 (0)2065 418 259
j.schiemann@iuta.de

4.9 Messstelle

4.9.1 Leistungsspektrum der Messstelle

Das Leistungsspektrum der Messstelle umfasst die Probenahme und chemisch-physikalische Untersuchung nach bzw. in Anlehnung an technische Richtlinien, z. B. VDI-Richtlinien, DIN EN-Normen oder BIA-Arbeitsmappen.

Nachfolgende Auflistungen stellen ausgewählte Leistungen der Emissions-, Immissions- oder Arbeitsplatzmessung sowie der angeschlossenen chemisch-physikalischen Analytik dar.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Mathias Beyer
+49 (0)2065 418 272
beyer@iuta.de

Emissions-, Immissions-, Arbeitsplatz- und Innenraumluftmessungen	
Emissionsmessungen	
Diskontinuierliche Messverfahren	
Staub Massenstrom	Probenahme mit Filterkopfgerät nach VDI 2066 Blatt 1, 5, 8, 10 und DIN EN 13284-1
Fraktionierte Staubmessung PM ₁₀ , PM ₄ , PM _{2.5}	Probenahme mit 8-stufigen Kaskadenimpaktor nach VDI 2066 Blatt 5 Probenahme mit Johnas-Impaktorkopf nach VDI 2066 Blatt 10
Online Partikelgrößenverteilung Partikelanzahlkonzentration	Messung der Partikelgrößenverteilung mittels Streulichtverfahren welas®/PCS; zur Verdünnung des Abgases bei hoher Partikelanzahlkonzentration kann ein Verdünnungssystem vorgeschaltet werden
Freier Tropfengehalt nach Hochofenwäscheranlagen	Spezialsonde zur zeitgleichen Ermittlung des Tropfengehaltes und der Abgasfeuchte sowie der Abgasgeschwindigkeit im Gichtgas bei Überdruck bis 1,5 bar; isokinetische und isotherme Probenahme, Analytik erfolgt gravimetrisch u. / o. eine Chloridbilanz
Schwefelsäureaerosole, Bestimmung des Schwefelsäure- taupunktes	Isokinetische isotherme Probenahme mit einer Spezialsonde, Abscheidung der Schwefelsäureaerosole auf einem zweistufigen Spezialfilter oder in einer beheizten Glaswendel, ionenchromatographische oder nasschemische Endbestimmung
Anorganische Komponenten	Ammoniak (NH ₃), Bromwasserstoff (HBr), Chlor (Cl ₂), Chlorcyan (ClCN), Chlorwasserstoff (HCl), Cyanwasserstoff (HCN), Fluorwasserstoff (HF), Schwefeloxide (SO ₂ und SO ₃), Schwefelwasserstoff (H ₂ S), Stickstoffoxide (NO und NO ₂), staubförmige anorganische Stoffe gemäß Punkt 5.2.2 der TA Luft 2002: Quecksilber (Separation Hg(0) u. Hg ²⁺), Thallium, Blei, Cobalt, Nickel, Selen, Tellur, Antimon, Chrom, leichtlösliche Cyanide, leichtlösliche Fluoride, Kupfer, Mangan, Vanadium, Zinn und ihre Verbindungen, krebserzeugende Stoffe nach 5.2.7.1.1 der TA Luft 2002: Arsen, Cadmium und ihre Verbindungen, wasserlösliche Cobaltverbindungen, Chrom(VI)-Verbindungen sowie weitere gas- oder staubförmige Metalle: u. a. Aluminium, Magnesium, Molybdän und Zink etc.
Organische Komponenten	Gesamtkohlenwasserstoffe (C _{ges.}) Aromaten (Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol - BTXE) Chlorbenzole und -phenole Dibenzo(p)dioxine und -furane (PCDD/F und PBrDD/F) Formaldehyd (und andere Aldehyde) Spezielle Kohlenwasserstoffe (z. B. Alkohole, Carbonsäuren) Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW) Polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) Polycyclische Biphenyle (PCB) Tetrachlorethen etc.

Kontinuierliche Messverfahren	
Kohlendioxid (CO ₂), Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffe (Gesamt - C), Ozon (O ₃ , nur Immissionen), Sauerstoff (O ₂), Schwefeldioxid (SO ₂) und Stickstoffoxide (NO und NO ₂) etc.	
Vorhandene Messtechnik für die o. g. Parameter:	
6 kont. Gasanalysatoren der Fa. Hartmann + Braun	
6 kont. Gasanalysatoren der Fa. Fisher-Rosemount	
5 FID (Bernath Atomic, Fisher- Rosemount)	
5 kont. Gasanalysatoren der Fa. TESTO	
5 Messgasaufbereitungen (TESTO, Gröger+Obst, M&C)	
10 stand-alone Datenlogger und elektronische Linienschreiber mit Visualisierung	
PC/Laptop Datenerfassungssysteme über NI/LabView	
Abgasparameter	Volumenstrombestimmung nach VDI 2066 Blatt 1, DIN EN 15259 u. DIN EN 13284-1 Abgasfeuchte (Kondensationsmethode und Adsorption an Kieselgel oder Calciumchlorid, 2- Thermometer-Methode, kapazitive Sensoren) Statischer Druck (Differenzdruckmessgerät) Abgastemperatur (NiCr/Ni - Thermoelement)
Abgas / Bodenluft	Probenahme organischer Gasinhaltsstoffe zur Konzentrationsbestimmung (Gasmaus/Gassack, alternativ Adsorptionsröhrchen (Aktivkohle, Silikagel etc.))
Immissionsmessungen	
Feinstaub PM _x (diskontinuierlich), Optional: Untersuchung auf Staubinhaltsstoffe	Referenzverfahren/Probenahme mit Kleinfiltergerät Derenda (LVS) nach DIN EN 12341; diverse Messköpfe für PM ₁₀ , PM _{2,5} und PM ₁ . Die Kleinfiltergeräte sind mit und ohne automatischen Probenwechsler ausgestattet
Vorhandene Messtechnik	3 DERENDA GS050-3D 1 DERENDA LVS 3 1 DERENDA LVS 3.1 7 DERENDA LVS 3.1-15 (mit Filterwechsler) Dazugehörige Filterköpfe für PM ₁₀ , PM _{2,5} und PM ₁
Feinstaub PM _x (diskontinuierlich), Optional: Untersuchung auf Staubinhaltsstoffe	Probenahme mit Digitel (HVS) nach DIN EN 12341, EN 14907 und VDI 2463/11; diverse Messköpfe für PM ₁₀ , PM _{2,5} und PM ₁ . Die High Volume Sampler sind mit automatischem Probenwechsler und zum Teil mit Probenkühlern ausgestattet
Vorhandene Messtechnik	1 DIGITEL DH 80 A 1 DIGITEL DA 80 HTD 4 DIGITEL DHA 80 Dazugehörige Filterköpfe für PM ₁₀ , PM _{2,5} und PM ₁
Feinstaub PM _x (quasi kontinuierlich)	Kontinuierliche Bestimmung des Feinstaubes mittels TEOM; Messung von PM ₁₀ , PM _{2,5} und PM ₁
Vorhandene Messtechnik	11 TEOM-Geräte der Fa. Rupprecht&Patashnick 1 FDMS TEOM Sharp cut cyclone für PM _{2,5} und PM ₁
Anorganische Gase	Kontinuierliche Bestimmung der Konzentrationen an Ozon, NO, NO ₂ , NO _x nach DIN EN 14211, VDI 2453/2 (NO _x) bzw. DIN EN 14625 und ISO 13964 (Ozon)
Vorhandene Messtechnik	2 NOx-Analysatoren der Fa. MLU 7 NOx-Analysatoren der Fa. ANSYCO, 2 CO-Analysatoren der Fa. ANSYCO 2 NOx-Analysatoren der Fa. ECO PHYSICS 2 O ₃ -Analysatoren der Fa. ANSYCO 4 GPT-Module der Fa. Breitfuß 1 tragbares GPT-Modul der Fa. Breitfuß

Immissionsmessungen (Fortsetzung)	
Anorganische Gase	Diskontinuierliche Probenahmen nach VDI 2468/1, 2453/1 und 2453/2 zur Bestimmung von Ozon, NO und NO ₂
Organische Gase	Diskontinuierliche Probenahmen und Anreicherung auf Sorptionsmittel nach DIN EN 12341, DIN EN 14662, VDI 3482 und VDI 2465 zur Bestimmung von BTXE etc.
Staubinhaltsstoffe	EC/OC, alle relevanten Anionen u. Kationen, (Halb-)Schwermetalle und organische Verbindungen (siehe Analytik)
Meteorologie	1 Wetterstation Campbell Scientific: - Windgeschwindigkeit 0...75 [m/s] - Windrichtung 0...360 [°] - Regen [mm] - Luftfeuchte 0...100 [%rF] - Lufttemperatur -40...+56 [°C] - Luftdruck 600...1060 [hPa] - Sonnenstrahlung 350...1100 nm [kW/m², MJ/m²] 2 Wetterstationen Vaisala WXT510: - Windgeschwindigkeit 0...60 [m/s] - Windrichtung 0...360 [°] - Regen [mm] - Luftfeuchte 0...100 [%rF] - Lufttemperatur -52...+60 [°C] - Luftdruck 600...1100 [hPa]
Für Immissionsmessungen stehen z. Zt. 8 klimatisierte Messcontainer in verschiedenen Größen (von ca. 2x1 qm bis 5x2,5 qm Grundfläche) zur Verfügung, die individuell je nach Messaufgabe ausgestattet werden können. Für kleinere Messkampagnen werden mobile ebenfalls klimatisierte Container bzw. Rollcontainer eingesetzt.	
Arbeitsplatzmessungen nach TRGS 402 / 403	
Gesamtstaub (E-Staub)	Stationäre und personengetragene Probenahmen zur Ermittlung des Gesamtstaubgehaltes in der Luft am Arbeitsplatz
Feinstaub (A-Staub)	Stationäre und personengetragene Probenahmen zur Ermittlung des Feinstaubgehaltes in der Luft am Arbeitsplatz
Faserförmige Stäube	Stationäre Probenahme zur Ermittlung des Gehaltes an faserförmigen Stäuben (anorganische Fasern)
Organische Komponenten	Probenahme zur Ermittlung des Gehaltes an organischen Komponenten (PAK, PCDD/F, PCB, etc.)
Geräteausstattung Analytik	
REM/EDX	Rasterelektronenmikroskop (REM) mit angeschlossener Röntgenanalytik (EDX)
	REM
	Hersteller/Typ: JEOL / JSM 7500-F Detektoren: 2 SE, 1 BSE, 1 STEM, 1 EDX Auflösung: 1 nm bei 15 kV Anregung: 0,1 kV - 30 kV
Coulter Counter	Hersteller / Typ: Beckmann / LS 230 Module: Fluid Small Volume, Fluid Hazardous Messbarer Partikelbereich: 0,04 µm – 2000 µm Anzahl Größenkanäle: 116 Einsetzbare Flüssigkeiten: Wasser, Alkohole, Lösemittel, Öle
ICP-MS	Induktiv gekoppeltes Plasma mit Massenspektrometer Hersteller / Typ: Thermo Scientific / XSeries 2
ICP-OES	Induktiv gekoppeltes Plasma mit optischem Emissionsspektrometer Hersteller / Typ: Thermo Scientific / iCAP-6500

Geräteausstattung Analytik (Fortsetzung)	
Photometer	Photometer Hersteller / Typ: Thermo Scientific / Evolution 300 UV-VIS
AAS	Atomabsorptionsspektrometer Parameter: Quecksilber Hersteller / Typ: Thermo Scientific / Cetac / M-6100
HPLC	Hochleistungsflüssigkeitschromatografie HPLC System mit AS 3000; P 4000, SCM 1000 für Kopplung an ICP-MS
HPLC	Hochleistungsflüssigkeitschromatografie Hersteller / Typ: Agilent 1100/1200 mit verschiedenen Detektoren
IC	Ionenchromatografie Hersteller / Typ: Metrohm 761 Compact IC mit verschiedenen Detektoren
TOC	Shimadzu Hersteller / Typ: TOC-Vcpn
GC-FID (1)	Gaschromatograph mit Flammenionisationsdetektor SSL und PTV Hersteller / Typ: Thermo Trace GC Ultra mit PTV Injektor
GC-FID (2)	Gaschromatograph mit Flammenionisationsdetektor SSL und PTV Hersteller / Typ: Thermo Trace GC Ultra mit PTV Injektor
GC-FID/MS	Gaschromatograph mit Massenspektrometer SSL und PTV Thermo ISQ GC/MS System mit PTV Injektor
Mikrowellenaufschluss	Anwendung: zum Aufschluss von Flüssigkeiten bzw. Feststoffen Hersteller / Typ: CEM / Mars Express
Ruß/Kohlenstoff	Bestimmung des elementaren (EC), organischen (OC) und gesamten organischen Kohlenstoffes (TOC) mittels IR-Verfahren
Metalle	Bestimmung von Metallen in unterschiedlichen Matrices mittels AAS bzw. ICP-MS-OES
Ionen	Bestimmung von Anionen und Kationen mittels Ionenchromatografie (Cl ⁻ , F ⁻ , SO ₃ ²⁻ , SO ₄ ²⁻ etc.)
Organische Komponenten	Bestimmung organischer Komponenten (BTXE, Kohlenwasserstoffe H53, PAK, PCB, etc.) mittels GC/FID / MS
Asbest	Asbestuntersuchung mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) und Röntgenemissionsanalytik (EDX) in Materialproben und Raumluftproben
Korngrößenverteilung	Bestimmung der Korngrößenverteilung mittels Streulichtverfahren Coulter LS230 und REM/EDX
GC-MS Thermodesorber	Perkin Elmer ATD 150 mit GC-System Clarus GC-MS 600



Bild 4-80: Arbeitsalltag: Außeneinsatz von Mitarbeitern der Messstelle

4.10 Forschungsanalytik

4.10.1 Entwicklung einer flexiblen energieeffizienten Kühleinheit für Gaschromatografie-Systeme

Bislang werden GC-Öfen mit den flüssigen Kühlmitteln CO_2 bzw. Stickstoff (N_2) gekühlt, wenn Temperaturen unterhalb der Raumtemperatur für die Trennung erforderlich sind. Neben den Sicherheitsaspekten beim Verwenden von Gasflaschen im Labor liegt hier ein wesentlicher Nachteil in der Tatsache, dass für diese Kühlung große Mengen der flüssigen Gase benötigt werden und die Gasflaschen oft getauscht werden müssen. Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen eines aktuellen Kooperationsprojektes zwischen dem Unternehmen SIM Scientific Instruments Manufacturer (SIM) und dem Institut für Energie- und Umwelttechnik (IUTA) eine wartungsfreie Ofenkühlung entwickelt (ICE-DOOR), die in GC-Öfen unterschiedlicher Hersteller eingebaut werden kann. Die Zielvorgabe bestand darin, vollständig auf die flüssigen Medien CO_2 und N_2 zu verzichten und eine einfache Installation in den GC-Ofen - unabhängig vom Hersteller - zu ermöglichen.

Um den ersten Teil der Zielvorgabe zu erfüllen, wird ein Kompressions-Kälteaggregat mit einem als Kühlkörper ausgeführten Verdampfer eingesetzt. Der entsprechende

Kühlkörper wird stets an der Türinnenseite des GC platziert. Dafür müssen nur geringfügige Modifikationen an der GC-Tür vorgenommen werden. Durch den einfachen Austausch der Ofentür ist auch eine problemlose Umrüstung vorhandener GC-Systeme möglich. Um eine Vorhersage über die notwendige Leistung des Kühlkörpers zu treffen, wurde im Rahmen dieses Entwicklungsvorhabens eine CFD-Software verwendet. Mithilfe dieses Tools konnten die Strömungs- und Temperaturverläufe während des Abkühlvorgangs innerhalb verschiedener Gaschromatografen unter den vorgegebenen Randbedingungen berechnet werden. Es wurden 3D-Modelle der betrachteten Gaschromatografen erstellt und verschiedene Wärmeübertragerpositionen und Betriebsarten hinsichtlich der erreichbaren Abkühlraten untersucht. Bei den Simulationsrechnungen wurde der Ventilator des GC als Drucksinke abgebildet. Die Wärmespeicherung der Metallteile und der Isolierung wurde in der Energiebilanz berücksichtigt. Die Implementierung des Wärmeübertragers erfolgte über ein „Heat-Exchanger-Modell“, das den Druckverlust und Wärmeübergang im Wärmeübertrager auf Grundlage empirischer Ansätze beschreibt. Bild 4-81 zeigt exemplarische Ergebnisse.

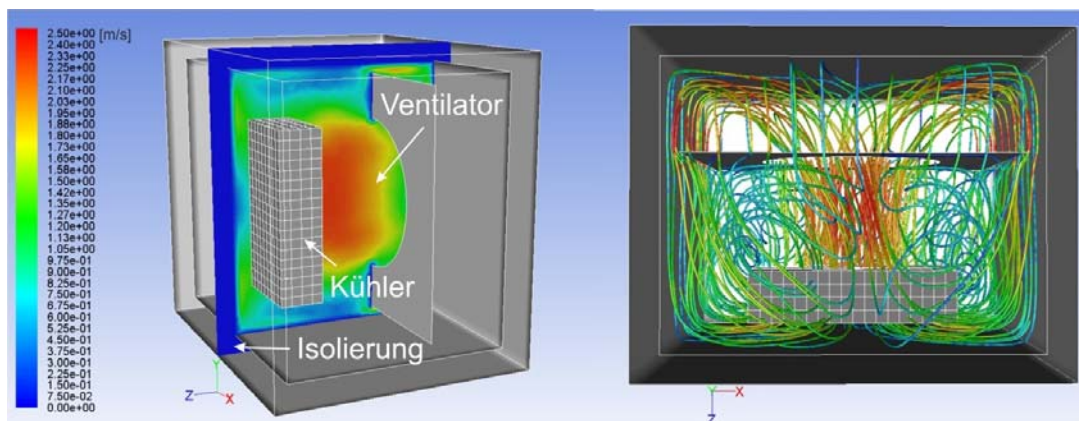


Bild 4-81: CFD-Modell des Agilent 7890A GC inklusive Kühler (links: isometrische Ansicht, rechts: Ansicht von oben)

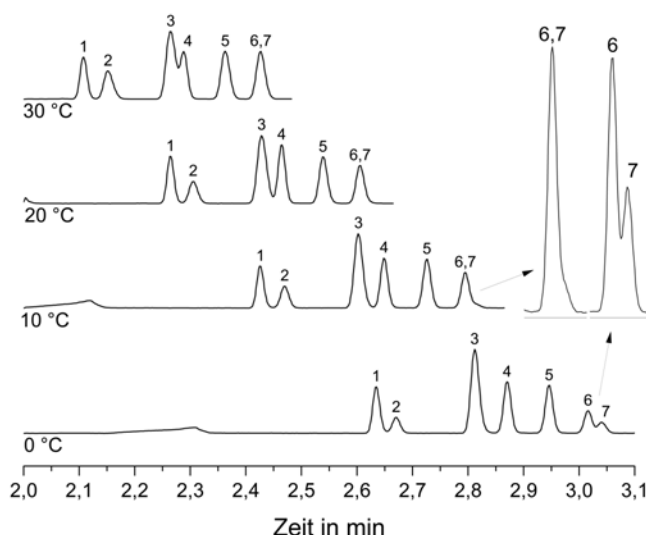


Bild 4-82: Trennung eines VOC-Mix bei Variation der Starttemperatur. Shimadzu GC 2010 mit SIM-Ofenkühlung. Stationäre Phase: Restek Rxi-624Sil MS (30 m, 0,25 mm, 1,4 μm); Mobile Phase: Helium; Fluss: 40 cm s^{-1} ; Detektion: scan m/z 35 – 400. Temperaturgradient: 40 $^{\circ}\text{C min}^{-1}$; Analyten: (1) Ethanol, (2) Diethylether, (3) Aceton, (4) 2-Propanol, (5) Methylacetat, (6) Dichlormethan, (7) Trimethylmethoxysilan

Ein Schwerpunkt der Arbeiten bei IUTA bestand in der Verknüpfung chromatografischer Simulations-Software zur Methodenentwicklung mit den erweiterten Funktionalitäten der neu entwickelten ICE-DOOR. Neben Robustheits- und Systemtests wurde an einem VOC-Standard eine Optimierung der chromatografischen Trennung vorgenommen. Bei einer Starttemperatur von 30 $^{\circ}\text{C}$ wurde, insbesondere im vorderen Bereich des Chromatogramms, keine zufriedenstellende Auflösung erhalten. Daher wurde die Starttemperatur stufenweise von 30 $^{\circ}\text{C}$ auf 0 $^{\circ}\text{C}$ gesenkt. Wie anhand der Darstellungen in Bild 4-82 zu erkennen ist, erfolgt eine Basislinientrennung erst bei einer Starttemperatur von 0 $^{\circ}\text{C}$.

Die Ergebnisse des Projektes zeigen, dass eine Kühlung des GC-Ofens mit der SIM-Ofenkühlung reproduzierbare Ergebnisse liefert und keinen Wartungsaufwand erfordert. Bis jetzt wurde die Integration in Agilent- und Shimadzu-GC-Systeme realisiert, weitere werden folgen.

Die Anwendungsbereiche dieser Kühloption sind vielfältig. Selbst Methoden mit einer Starttemperatur von 30 $^{\circ}\text{C}$ können unabhängig von der Raumtemperatur zuverlässig angewendet werden. Außerdem

ist es nun sogar möglich, GC-Trennungen mit einer Starttemperatur unterhalb der Raumtemperatur bis hin zu 0 $^{\circ}\text{C}$ durchzuführen, ohne auf den Einsatz von flüssigen Medien wie Flüssigstickstoff oder Flüssig- CO_2 zurückgreifen zu müssen. In verschiedenen Untersuchungen konnte die Starttemperatur des GC bereits bis auf -16 $^{\circ}\text{C}$ gesenkt werden.

Das Forschungsvorhaben KF2025418GM1 wird im Rahmen des Programms „Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand“ - Fördermodul Kooperationsprojekte - vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags gefördert.



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Thorsten Teutenberg
+49 (0)2065 418 179
teutenberg@iuta.de

Dipl.-Ing. Till van der Zwaag
+49 (0)2065 418 131
vanderzwaag@iuta.de

4.10.2 Entwicklung eines Flammenionisationsdetektors für die Flüssigchromatografie

Das Ziel des Forschungsvorhabens besteht in der Evaluierung der Kopplung der Flüssigkeitschromatografie mit einem Flammenionisationsdetektor (HPLC-FID-Kopplung). Das Forschungsvorhaben soll die Frage beantworten, ob der Einsatz eines FID in Kombination mit der HPLC die umfassende bzw. universelle Detektion aller in einer Synthesemischung enthaltenen kohlenstoffhaltigen Verbindungen erlaubt. Durch die Verfügbarkeit einer entsprechenden Technologie profitieren insbesondere kleine und mittlere Unternehmen aus allen Bereichen der Life Sciences (Medizin, Biotechnologie und Pharma). Dies bezieht sich insbesondere auf die zeit- und kostenintensiven Prozeduren innerhalb der Arzneimittelentwicklung (Drug Discovery), da u. a. Informationen schneller verfügbar sind, ob eine weitergehende Aufreinigung der Synthesemischung notwendig ist oder die vorliegende Reinheit eines potenziell geeigneten Wirkstoffes die Kriterien für das Durchlaufen weiterer Phasen erfüllt. Das Projekt wird unter Federführung von IUTA in Kooperation mit dem Lehrstuhl für analytische Chemie (IAC) der Universität Duisburg-Essen durchgeführt.

Zu Beginn des Projektes wurden Leitsubstanzen nach ihrem „Hydrophobizitätsindex“ ausgewählt, der im Optimalfall bei Verwendung einer rein wässrigen mobilen Phase eine Korrelation zwischen einer tabellierten Größe und dem Retentionsfaktor erlaubt. Eine solche tabellierte Größe kann z. B. der Octanol-Wasser-Verteilungskoeffizient sein, der die Verteilung des Analyten zwischen den nicht mischbaren Phasen Octanol und Wasser angibt. Um eine solche Korrelation zu erstellen, müssen zuverlässige Daten vorliegen. Die Einschränkung in der Nutzung von Wasser als mobiler Phase ist notwendig, da der FID prinzipiell alle Verbindungen detektiert, die Kohlenstoff enthalten. Somit verbietet sich

jeglicher Zusatz eines organischen Modifiers in der mobilen Phase. Mit zunehmender Hydrophobizität des Analyten steigen bei Raumtemperatur die notwendigen Laufzeiten stark an. Für höhere Temperaturen sind die Retentionsfaktoren einer Vielzahl von Substanzen experimentell nicht zugänglich. Vor diesem Hintergrund wurden verschiedene kommerzielle als auch nicht kommerzielle Retentionsmodelle untersucht, um den Fehler in der Bestimmung der Retentionsfaktoren unter rein wässrigen Bedingungen einzugrenzen. Dabei zeigte sich, dass die im akademischen Umfeld entwickelten Berechnungstools besser geeignet sind als kommerziell verfügbare Softwarepakete. Im weiteren Verlauf wurden berechnete als auch experimentell ermittelte Retentionsdaten genutzt, um diese gegen den Octanol/Wasser-Verteilungskoeffizienten zu korrelieren.

Parallel hierzu wurde am Lehrstuhl für analytische Chemie das Konzept eines speziellen Interfaces voran getrieben. Ein Ansatz besteht in der Miniaturisierung von Interface und Trenneinheit, mit der der Wassereintrag in den Detektor sehr klein gehalten wird. Vielversprechend ist ein miniaturisiertes Jet-Interface, bei dem die gesamte mobile Phase der FID-Flamme zugeführt wird. Durch die vollständige Überführung wird erwartet, dass mittel- und schwerflüchtige Analyten lineare Response-Funktionen aufweisen. In Kombination mit der Nano-HPLC kann der Wassereintrag mit Flussraten im Bereich zwischen 100 und 1000 nL min⁻¹ gegenüber klassischen HPLC-Verfahren drastisch reduziert werden.

Das Forschungsvorhaben 17113 N der Forschungsvereinigung Umwelttechnik wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Thorsten Teutenberg
+49 (0)2065 418 179
teutenberg@iuta.de

Dr. rer. nat. Steffen Wiese
+49 (0)2065 418 165
wiese@iuta.de

4.10.3 Entwicklung eines Chromatografie-Chips

Das Ziel des Forschungsvorhabens besteht in der Entwicklung und Evaluierung eines „mikrofluidischen Chips“ für die Flüssigkeitschromatografie, der die direkte Ankopplung an ein beliebiges Massenspektrometer (MS) erlaubt und eine Druckstabilität bis maximal 1000 bar aufweist. Der Chromatografie-Chip soll zusätzlich über eine Temperierung verfügen, so dass Temperaturgradienten mit einer Heizrate von 30 °C min^{-1} generiert werden können. Die Temperatur soll in einem Bereich zwischen 30 und 200 °C einstellbar sein. Dieser Chip wird als offene Plattform entwickelt, so dass allen interessierten kmU der direkte Zugang zu dieser Technologie offen steht. Das Projekt wird unter Federführung von IUTA in Kooperation mit dem Lehrstuhl für instrumentelle analytische Chemie (IAC) der Universität Leipzig sowie dem Institut für Mikrotechnik Mainz (IMM) durchgeführt.

Diese Entwicklungsarbeiten erfordern eine enge Verzahnung von Experiment und Simulation: Aus einer Mehrphasen-Strömungssimulation mit FLUENT werden Aussagen über die mikrofluidischen Strömungsverhältnisse in den Chip-Strukturen abgeleitet. Dies wurde zunächst an einem Kapillar-HPLC-System der Firma Eksigent durchgeführt, in dem ein Versuchsaufbau aus einem Injektor, einer Transfer-Kapillaren und einem Detektor realisiert wurde. Auf Grundlage der bislang er-

zielten Ergebnisse lassen sich Rückschlüsse auf die Diffusionsprozesse in den Kapillaren in Abhängigkeit des Injektionspfropfens, der Flussrate, der Temperatur sowie der Länge und des Innendurchmessers der Bauteile ziehen. Insgesamt sind die Abweichungen zwischen den experimentellen und simulierten Daten sehr gering. Dies bedeutet, dass FLUENT als Tool zur Vorhersage von strömungsmechanischen Prozessen im μm -Maßstab sehr gut geeignet ist. In einem nächsten Schritt sollen mit Partikeln befüllte Trennkanäle untersucht werden. Diese werden als poröse Medien abgebildet und Massenaustauschphänomene zunächst nicht berücksichtigt, um eine möglichst einfache numerische Lösung zu finden.

Parallel zu den eher theoretischen Betrachtungen erfolgte der Aufbau der Chip-MS-Kopplung. Die im Rahmen des Projektes verwendeten Glaschips haben eine Emitterspitze, die direkt mit dem Glaskörper verbunden ist. Auf diese Weise können nahezu totvolumenfreie Kopplungen zwischen Chip und Massenspektrometer realisiert werden, wie es anhand der in Bild 4-83 dargestellten Kopplung eines Glaschips mit einer Einlassquelle des Flugzeitmassenspektrometers gezeigt ist. Auch erste Versuche zur Problemlösung über die Generierung eines Elektrosprays verliefen erfolgreich und werden weiter verfolgt.

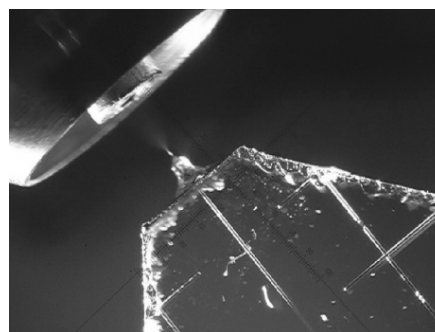


Bild 4-83: Direkte Kopplung eines Glaschips mit integrierter Emitterspitze (unten) mit der Einlassquelle eines Flugzeitmassenspektrometers (oben)

Ein Schwerpunkt der am Lehrstuhl für analytische Chemie in Leipzig durchgeführten Arbeiten bestand darüber hinaus in der

Packung der Trennkanäle mit partikulären stationären Phasen. Das Packen von Partikeln gegen eine im Chip implementierte Hinderungsstruktur konnte erfolgreich umgesetzt werden, wobei Packungslängen von mehreren Zentimetern erreicht wurden. Bislang ist es möglich, den Trennkanal mit Partikeln bis 3 μm zu füllen. Das Packen des Trennkanals mit sogenannten sub-2 μm Partikeln stellt derzeit noch eine Herausforderung dar, obwohl durch solche Partikel die Trenneffizienz erheblich verbessert werden könnte. Die Druckbelastung des Interfaces wurde bis zu einem Maximalwert von 100 bar erfolgreich getestet.

Ein Schwerpunkt der Arbeiten am Institut für Mikrotechnik Mainz bestand in der Entwicklung totvolumenarmer und hochdruckfester Chip-Interfaces zur off-Chip Injektion. Basierend auf den Erkenntnissen des bestehenden Chip Interfaces wurden geeignete Materialalternativen identifiziert und getestet. Die Geometrie des Interfaces wurde durch Festigkeitssimulationen angepasst, um Spannungsspitzen im Material zu vermeiden. Durch Anpassung der Interface Geometrie konnte die Detektionssensitivität gesteigert werden, da zur Evaluation der Packungsqualität im Trennkanal die on-chip Fluoreszenzdetektion genutzt wird. Darüber hinaus wird ein Heizkonzept untersucht, das entweder ein lokales Beheizen des Trennkanals oder eine komplette Beheizung des gesamten Chips ermöglicht.

Das Forschungsvorhaben 392 ZBG der Forschungsvereinigung DECHEMA wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Thorsten Teutenberg
+49 (0)2065 418 179
teutenberg@iuta.de

Dr. rer. nat. Steffen Wiese
+49 (0)2065 418 165
wiese@iuta.de

Dipl.-Ing. Till van der Zwaag
+49 (0)2065 418 131
vanderzwaag@iuta.de

4.10.4 Entwicklung eines Raman-Detektors für flüssigkeitschromatografische Anwendungen

In vielen Bereichen der Lebenswissenschaften (Life Sciences), und hier insbesondere im Bereich der pharmazeutischen Analytik, ist die Charakterisierung, Identifizierung und Quantifizierung von Leitsubstanzen und deren Metabolite eine der Herausforderungen für die zukünftigen Forschungsaktivitäten sowie die Routineanalytik. Hierbei müssen immer komplexere Substanzgemische, die häufig Hunderte von Einzelkomponenten enthalten, analysiert werden. Dies stellt extreme Anforderungen an die chromatografischen Trennverfahren und an die entsprechenden Detektionstechniken.

Die pharmazeutische Analytik verfolgt daher das Ziel, so genannte Multidetektions-Systeme zu verwenden, wobei auf die Kompatibilität zwischen den einzelnen Detektionssystemen geachtet werden muss. Die Integration eines strukturaufklärenden Raman-Detektors in bestehende Multidetektions-Systeme für flüssigkeitschromatografische Anwendungen kann deshalb als ideale Ergänzung zu den bereits etablierten Detektionstechniken betrachtet werden. Die Raman-Spektroskopie kann z. B. ein Massenspektrometer ersetzen, wenn wenige Zielanalyten quantifiziert werden müssen und die zu erfassenden Komponenten nicht schon durch ihr UV-Spektrum identifiziert werden können. Die Raman-Spektroskopie kann jedoch auch

in Kombination mit der Massenspektrometrie eingesetzt werden, wenn die Struktur unbekannter Metabolite aufgeklärt werden muss.

Das Projekt wird in Kooperation zwischen der an der Heinrich Heine Universität angesiedelten Arbeitsgruppe für Flüssigphasen-Laserspektroskopie und dem IUTA durchgeführt.

Derzeit steht nur die geringe Nachweisstärke der Raman-Spektroskopie einer Nutzung in Verbindung mit der klassischen HPLC-UV-Kopplung entgegen. Mit einer Verbesserung der Nachweisstärke eines aktuell entwickelten Raman-Detektors (IGF-Vorhaben-Nr. 16120 N) um den Faktor 10^4 wären Konzentrationen von 100 ng L^{-1} messbar. Dies entspricht der Leistungsfähigkeit der UV-Detektion.

Die Verbesserung der Nachweisstärke wird in diesem Projekt durch Ausnutzung des SERS-Effektes (SERS: Surface Enhanced Raman Scattering) erreicht. Für Moleküle, die an Metalloberflächen adsorbiert sind, kann eine deutliche Verstärkung der Raman-Signale beobachtet werden. Besonders gut lässt sich der SERS-Effekt z. B. durch den Zusatz von Metallkolloiden erzeugen, bei denen die Partikelgrößen zwischen 20 und 80 nm eingestellt sind. Dazu werden meist Kolloide aus Silber, Gold oder Kupfer verwendet. Im besten Falle lassen sich mit SERS Verstärkungen von 10^{10} bis 10^{11} erreichen.

Für die Nutzung des SERS-Effektes wurde der bestehende Raman-Detektor um eine Spritzenpumpe zur Zugabe von Metallkolloid-Lösungen erweitert. Darüber hinaus wurde die Laserlicht-Einkopplung des Flüssigkern-Lichtwellenleiters (Teflon-AF-Kapillare) weiter optimiert. Der genannte Versuchsaufbau kann der in Bild 4-84 dargestellten Prinzipskizze entnommen werden. Weiterhin wurden kommerziell erhältliche Metallkolloidlösungen auf ihre Stabilität mittels dynamischer Lichtstreuung untersucht. Für den arzneilichen Wirkstoff Prednisolon ergab sich nach einer mehrstündigen Inkubation mit der Kolloid-

lösung einer Ag/Au-Legierung eine Verstärkung des Raman-Signals um den Faktor 10^2 , was dem durch das chemische Modell genannten Verstärkungsfaktor entspricht.

Zwei weitere analytische Techniken wurden von IUTA evaluiert. Mit Hilfe der Online-Festphasenextraktion (Online-SPE, Solid Phase Extraction) soll eine Anreicherung von Zielanalyten, die im niedrigen Konzentrationsbereich vorliegen, erfolgen.

Anhand von ca. 50 potenziellen Wirkstoffen wurde die Anreicherung aus der wässrigen Phase auf unterschiedlichen Sorbentien untersucht. Ziel ist es, eine möglichst selektive Anreicherung bei gleichzeitiger Entfernung störender Matrixbestandteile zu gewährleisten. Der dritte Baustein umfasst die chromatografische Methodenentwicklung. Der bisherige Aufbau des Raman-Detektors wurde auf die Verwendung rein wässriger mobiler Phasen ausgelegt, da Wasser nur schwache Raman-Signale aufweist und die Detektion der Zielanalyten nicht gestört wird. Allerdings liegen bislang keine Informationen vor, ob organische Lösungsmittel wie z. B. Methanol oder Acetonitril verwendet werden können und inwieweit eine Verstärkung charakteristischer Lösemittelbanden durch den SERS-Effekt erfolgt. Vor diesem Hintergrund werden chromatografische Methoden entwickelt, die auf der simultanen Lösemittel- und Temperaturgradienten-Elution basieren.

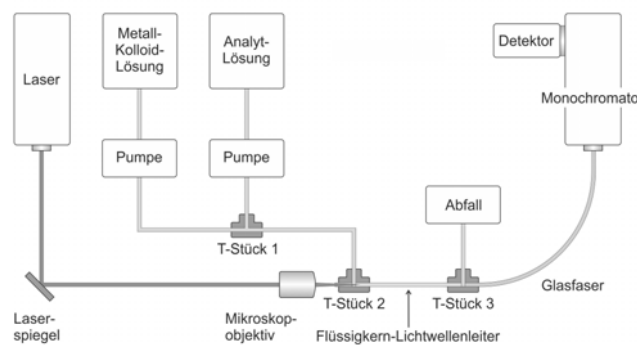


Bild 4-84: Prinzipskizze des On-line SERS Raman-Detektors

Das Forschungsvorhaben 17497 N der Forschungsvereinigung FAH wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Thorsten Teutenberg
+49 (0)2065 418 179
teutenberg@iuta.de

Dr. rer. nat. Steffen Wiese
+49 (0)2065 418 165
wiese@iuta.de

4.10.5 Entwicklung eines Reaktions-Chips

Die Entwicklung eines sogenannten „Reaktions-Chips“ ist Gegenstand eines Projektes, das unter Federführung von IUTA mit dem Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft an der TU München sowie dem Lehrstuhl für analytische Chemie (IAC) an der Universität Leipzig durchgeführt wird.

Ausgangspunkt sind die Ergebnisse des abgeschlossenen IGF-Forschungsvorhabens „Entwicklung direkt gekoppelter massenspektrometrischer Verfahren zur schnellen Erfassung der biologischen Aktivität von Hausstaub“. Die in diesem Projekt entwickelte Analysestrategie und die daraus resultierende Plattform zur Untersuchung von enzymatischen Aktivitäten bzw. deren Regulation soll auf einem sogenannten Reaktions-Chip realisiert werden. Die wissenschaftlich-technische Herausforderung des analytischen Verfahrens liegt dabei in der Umsetzung einer direkt gekoppelten chromatografischen Trennung mit einem enzymatisch-regulatorischen Assay und massenspektrometrischer Detektion zur Identifizierung von funktionellen

Eigenschaften komplexer Vielkomponentengemische unterschiedlichen Ursprungs. Ein solches Vielkomponentengemisch kann, wie im zitierten Vorhaben, beispielsweise ein Hausstaubextrakt sein oder aber ein Pflanzenextrakt, ein Extrakt partikelgebundener Stoffe oder Extrakte aus anderen Quellen.

Das Forschungsvorhaben 450 ZN der Forschungsvereinigung DECHEMA wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Thorsten Teutenberg
+49 (0)2065 418 179
teutenberg@iuta.de

Dr. rer. nat. Steffen Wiese
+49 (0)2065 418 165
wiese@iuta.de

4.11 Industrielle Gemeinschaftsforschung - Forschungsvereinigung „Energie- und Umwelttechnik“ IUTA e. V.

Aufgaben, Zweck

IUTA zählt heute zu den größeren Forschungsvereinigungen innerhalb des industriegetragenen Innovationsnetzwerks der AiF und vertritt als Forschungsvereinigung „Umwelttechnik“ innerhalb der Mitglieder der AiF den Bereich Energie- und Umwelttechnik. Ziel ist es, gemeinsam mit Partnern im Bereich der Forschung sowie aus der Industrie, insbesondere KMU, mit Hilfe von öffentlich geförderten IGF-Vorhaben die Grundlagen zu schaffen, um wissenschaftliche Erkenntnisse in neue oder verbesserte Verfahren oder Produkte zu überführen.

Diese vorwettbewerbliche Forschung sichert den Unternehmen aufgrund der diskriminierungsfreien Veröffentlichungspflicht der F&E-Ergebnisse viele Freiheiten bei der Entwicklung eigenständiger Produkte, ohne dass diese durch IP-Rechte Dritter blockiert werden.

Gerade die im Querschnittsbereich „Energie- und Umwelttechnik“ angesiedelten F&E-Vorhaben erfordern die Verzahnung bzw. Vernetzung unterschiedlicher wissenschaftlicher Disziplinen, angefangen von den Naturwissenschaften, den Ingenieurwissenschaften bis hin zu den Wirtschaftswissenschaften. Sie erfordern zugleich auch eine konsequente interindustrielle Kooperation. Beide Aspekte werden durch die Organisation von Verbundvorhaben gefördert, die entsprechend spezifisches Know-how zusammenführen. Tabelle 4.6 zeigt die Vernetzung der industriellen Gemeinschaftsforschung von IUTA mit anderen Verbänden, Stiftungen sowie weiteren Multiplikatoren.

Arbeitsweise des Bereichs und Aufgaben der Forschungsvereinigung

In einem mehrstufigen Verfahren ist eine qualitativ hochwertige Betreuung der abgewickelten Forschungsvorhaben sichergestellt.

Evaluation von Forschungsanträgen – Wissenschaftlicher Beirat

Ein wichtiges Bindeglied zwischen den vier Partnern IUTA e. V., der mit Energietechnik und technischem Umweltschutz befassten gewerblichen Wirtschaft, der AiF und der Energie- und Umweltforschung ist der Wissenschaftliche Beirat als Organ des IUTA e. V. Die rd. 60 Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats setzen sich paritätisch aus Vertretern der gewerblichen Unternehmen und der Wissenschaft zusammen.

Dem Wissenschaftlichen Beirat des IUTA obliegt die Evaluation bzw. die Begutachtung der dem IUTA zur Förderung durch das BMWi vorgelegten IGF-Vorhaben im Hinblick auf den möglichen wirtschaftlichen Nutzen für die Unternehmen der Branche und des Technologiefeldes. Für jeden eingereichten Antrag werden zunächst fünf bis sechs schriftliche Gutachten eingeholt. Die Evaluation erfolgt an Hand des zwischen dem BMWi und der AiF abgestimmten Kriterienkatalogs, der auch in erweiterter Form bei den Gutachtern des IUTA zur Anwendung kommt. Nächster Schritt im Begutachtungsprozess ist ein mündlicher Vortrag und eine offene Disputation des Vorhabens im Rahmen der Sitzungen des Wissenschaftlichen Beirats. Pro Sitzungstag werden maximal 20 Anträge evaluiert. Ein Antrag besteht aus einer Kurz- und Langfassung sowie einem Finanzierungsplan. Auf Grund der Empfehlung des Wissenschaftlichen Beirats werden jedem Antragsteller, dem eine hohe Chance auf Förderung seines Vorhabens attestiert wird, Hinweise zur Er-

gänzung und Überarbeitung des vorgelegten Antrags gegeben. Zur Begleitung der Überarbeitungen übernehmen Mitglieder des Beirats eine aktive Patenfunktion.

Im Rahmen des Programms Zukunftstechnologien „ZUTECH“ übernimmt die Forschungsvereinigung IUTA die Aufgabe eines Netzbildners, da bei dieser IGF-Fördervariante mehrere Forschungsstellen und auch Forschungsvereinigungen der AiF einzubeziehen und zu koordinieren sind.

Die durchschnittliche Erfolgsquote der Forschungsvereinigung „Umwelttechnik“ bezüglich des Ergebnisses zwischen vorgelegten und geförderten Anträgen liegt zwischen 40 und 60 %.

Projektbegleitung - Projektbegleitende Ausschüsse

Jedes Projekt wird von einem Projektbegleitenden Ausschuss begleitet, der während der Projektlaufzeit i. d. R. zweimal pro Jahr tagt. Den Mitgliedern der projektbegleitenden Ausschüsse (PA) obliegt nicht nur eine inhaltliche Begleitung der einzelnen Forschungsvorhaben, sondern auch eine Steuerungsfunktion, hinsichtlich der Praxisrelevanz der angestrebten F&E-Ergebnisse. So wirkten allein in den Jahren 2007 bis 2012 insgesamt mehrere hundert vorwiegend klein- und mittelständische Unternehmen aus allen Bundesländern in den Ausschüssen mit.

Bis Ende 2012 hat der IUTA e. V. als AiF-Mitgliedsvereinigung über 140 Forschungsvorhaben der IGF erfolgreich abgeschlossen, darunter 25 ZUTECH-Vorhaben. Aktuell engagiert sich IUTA auch in einem AiF-DFG Cluster, das in Kooperation mit 4 kooperierenden Mitgliedsvereinigungen durchgeführt wird.

Ergebnistransfer

IUTA garantiert, dass die Ergebnisse der IGF als „öffentliches Gut“ allen Interessierten frei zugänglich sind und stellt jeden Abschlussbericht unmittelbar nach Fertigstellung und

Freigabe als freien Download auf der Homepage des IUTA ins Internet. Darüberhinaus stellt IUTA der TIB-Hannover alle Abschlussberichte der IGF-Vorhaben zur Einstellung in ihre frei zugängliche Bibliothek zur Verfügung.

IUTA organisiert über die Projektbegleitenden Ausschüsse hinaus auch Anwenderforen, die für das interessierte Fachpublikum offen stehen. Beispielsweise veranstaltet IUTA zusammen mit 9 weiteren Forschungsvereinigungen das AiF-Anwenderforum „AiF-Brennstoffzellenallianz“. Darüber hinaus ist IUTA ideeller Mitträger der VDI-Tagung „Emissionsminderung“.

Zusätzlich unterstützt IUTA Unternehmen im Rahmen von Best-Practice Seminaren, um über die Forschungsförderung der AiF „von der vorwettbewerblichen F&E-Förderung im Rahmen der industriellen Gemeinschaftsforschung bis hin zur bilateralen Förderung von Kooperationsprojekten im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) zu informieren und hierfür zu werben.

Mitglied der



Neben den genannten Tätigkeiten gehört zu den Aufgaben des Bereichs Industrielle Gemeinschaftsforschung auch die Repräsentation des IUTA innerhalb und außerhalb der Dachorganisation AiF.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Tabelle 4.6: Netzwerk des IUTA e. V. mit Verbänden, Stiftungen, etc. sowie Multiplikatoren aus Verbänden über Vertretung im Wissenschaftlichen Beirat

AAV http://www.aav-nrw.de/	Abfallentsorgungs- und Altlastenaufbereitungsverband NRW 120 Unternehmen (100 KMU)
bdsv http://www.bdsv.de/	Bundesvereinigung deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e. V. 600 vorrangig mittelständische Unternehmen
bvse http://www.bvse.de/	Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e. V. 650 vorrangig mittelständische Unternehmen
DBU www.dbu.de/	DBU - Deutsche Bundesstiftung Umwelt
DGAW www.dgaw.de/	Deutsche Gesellschaft für Abfallwirtschaft e. V. 314 mittelständische Unternehmen
DGMT www.dgmt.org	Deutsche Gesellschaft für Membrantechnik (DGMT) mit 50 überwiegend mittelständischen Unternehmen
DRRI www.reinraum-institut.org	Deutsches Reinraum-Institut e. V. 9 Unternehmen
Förderverein IUTA e. V. www.fveu.de/	Förderverein des Instituts für Energie- und Umwelttechnik e. V. 13 Unternehmen (8 KMU)
Förderverein des UMSICHT www.umsicht-foerderverein.de/	Verein zur Förderung der Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik e. V. 12 Unternehmen (10 KMU)
Förderverein des ZBT www.zbt-duisburg.de	Verein zur Förderung des Zentrums für Brennstoffzellentechnik (ZBT) e. V. 26 Unternehmen
Green Chiller www.greenchiller.de	Verband für Sorptionskälte e. V. 9 Unternehmen
Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff NRW www.brennstoffzelle.nrw.de	Landesinitiative Zukunftsenergien NRW ca. 250 Unternehmen und Forschungseinrichtungen aus allen Bundesländern und dem europäischen Ausland
Netzwerk Zenit www.netzwerk.zenit.de	Netzwerk ZENIT e. V. Zentrum für Innovation und Technik in NRW über 200 überwiegend mittelständische Unternehmen
QVKE www.qvke.de	Qualitätsgemeinschaft zur Verwertung von Kühlgeräten und Elektro-/Elektronikgeräten e. V. 39 Unternehmen und Verbände
VIK www.vik.de	Verband der industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e. V. 350 Unternehmen, überwiegend mittelständische Unternehmen
VGB www.vbg.org	Verband der Großkraftwerksbetreiber (VGB PowerTech e. V.)

5 Anhang

5.1 Vorträge 2012

Asbach, C., Kaminski, H., Fissan, H., Kuhlbusch, T.A.J., Azong-Wara, N., Horn, H.G.:
Entwicklung und Überprüfung eines tragbaren Messgerätes zur Bestimmung der Exposition gegenüber Nanopartikeln
 Jahrestreffen der Fachgruppe Partikelmess-technik, Bad Dürkheim, 28.02.2012

Asbach, C.:
Bringing new measurement instruments and principles into practice in workplaces - what is required?

Annual Forum on Nanosafety, Copenhagen, Dänemark, 25.04.2012

Asbach, C., Kaminski, H., Fissan, H., Kuhlbusch, T.A.J., Azong-Wara, N., Broßell, D., Horn, H.-G.:
Innovative aspects of a portable instrument nanoparticle exposure assessment
 Annual Forum on Nanosafety, Copenhagen, Dänemark, 26.04.2012

Asbach, C., Kuhlbusch, T.A.J., Kaminski, H., Stahlmecke, B., Plitzko, S., Götz, U., Voetz, M., Kiesling, H.-J., Dahmann, D.:
A tiered approach for the assessment of exposure to airborne engineered nanomaterials
 OECD WPMN, Paris, Frankreich, 27.-28.06.2012

Asbach, C., Kaminski, H., Fissan, H., Kuhlbusch, T.A.J., Azong-Wara, N., Broßell, D., Caldow, R., Scheckman, J., Horn, H.-G.:
A novel portable instrument for exposure analysis in nanotechnology workplaces
 European Aerosol Conference 2012, Granada, Spanien, 02.-07.09.2012

Asbach, C., Dahmann, D., Voetz, M., Stahlmecke, B., Kaminski, H., Götz, U., Engel, S., Kuhlbusch, T.A.J., Plitzko, S.:
Assessment of Exposure to Airborne Nanoparticles in Workplaces by a Tiered Approach
 SENN2012, Helsinki, Finnland, 28.-31.10.2012

Asbach, C.:
Tiered approach for assessing risks at workplaces
 NanoValid workshop on safe handling of nanomaterials at workplaces, Berlin, 27.11.2012

Bathen, D.:
Quo vadis adsorption technology? - An overview about future trends
 University of Cambridge, Department of Chemical Engineering, Cambridge (UK), 22.02.2012

Bathen, D.:
Nachhaltige Technologien – Neue Produkte und Prozesse durch Überwindung von Grenzen
 Innovationstag der IHK NRW, Düsseldorf, 14.11.2012

Belis, C.A., Karagulian, F., Larsen, B.R., Amato, F., Favez, O., El Haddad, I., Harrison, R.M., Prevot, A., Quass, U., Vecchi, R., Viana, M., Paatero, P., Hopke, P.K.:
Towards a European Common Protocol for Receptor Modelling
 European Aerosol Conference 2012, Granada, Spanien, 02.-07.09.2012

Belouschek, A. S., Börgers, A., Türk, J.:
Arzneimittel in Krankenhausabwässern – wie gehen wir damit um
 8. Krankenhaus-Umwelttag, Köln, 25.09.2012

Bittig, M., Pieper, B.:
Verbleib des Quecksilbers in Rauchgasreinigungsanlagen mit Wäsche – Grundlagen, Verfahrensoptionen, Klärungsbedarf
 VDI Wissensforum „Messung und Minderung von Quecksilberemissionen“, Düsseldorf, 18. – 19. April 2012

Bittig, M., Pieper, B.:
Verbleib des Quecksilbers in Rauchgasreinigungsanlagen mit Wäsche – Grundlagen, Verfahrensoptionen, Klärungsbedarf
 VDI Wissensforum „Messung und Minderung von Quecksilberemissionen“, Heidelberg, 26. – 27. September 2012

Bittig, M., Lindermann, J., Haep, S.:

Optimierung eines Kondensations-Nass-elektrofilters für Feinstaub und Aerosol-Abscheidung

4. Filtrationstag des IUTA, Duisburg, 08.11.2012

Broßell, D., Plitzko, S., Linsel, G., Azong-Wara, N., Asbach, C., Fissan, H., Schmidt-Ott, A.:

Analysis of the Dosimetric Properties of a Novel Thermo Precipitator for Cell Exposure to Nanoparticles at Air-Liquid Interface

European Aerosol Conference 2012, Granada, Spanien, 02.-07.09.2012

Buha, J., Fissan, H., Wang, J.:

Filtration Measurements for Silver Nanoparticle Agglomerates

11. World Filtration Congress, Graz, Schweiz, 17.04.2012

Burrichter, B., Bathen, D., Pasel, C.:

Adsorptive water removal from organic liquids in the lower ppmw- and ppbw-region

24. Deutsche Zeolith-Tagung, Magdeburg, 08.03.2012

Canady, R., Kuhlbusch, T.A.J.:

Exposure through the Life Cycle and Material Characterization

EU-US Bridging nanoEHS research efforts Workshop, Helsinki, Finnland, 25.-26.10.2012

Real-time Determination of Fractal Dimension of Nanoparticle Agglomerates using an Enhanced-UNPA System

Workshop "Bilbao Talks on Aerosol Science", Bilbao, Spanien, 10.-11.09.2012

Curdts, B., Pflitsch, C., Helmich, M., Bathen, D., Atakan, B.:

Chemische Gasphaseninfiltration von Aktivkohle mit Tetramethylsilan zur Erzeugung neuer Adsorbentien

24. Deutsche Zeolith-Tagung, Magdeburg, 07.03.2012

Erich, E.:

Konditionierung von Biogas zur Einspeisung in das Erdgasnetz

6. Steinfurter Bioenergiefachtagung Energetische Biomassenutzung, Steinfurt, 1. März 2012

vom Eyser, C., Börgers, A., Richard, J., Dopp, E., Raab, J., Bester, K., Türk, J.:

Chemical and toxicological evaluation of transformation products during advanced oxidation processes

Advanced Oxidation Processes

AOP6 2012, Goslar, 07.05.-09.05.2012

Finger, H., Mölter-Siemens, W., Haep, S., Bathen, D.:

Adsorption of TIC and TIM (Toxic Industrial Chemicals / Materials)

11th World Filtration Congress, Graz (A), 19.04.2012

Finger, H.; Mölter-Siemens, W.; Haep, S.; Bathen, D.:

Validation of adsorptive filters and of pressurized air filters under extended operational conditions

The Filtration Society, Chester, UK, 2.-3.10.2012

Finger, H.; Schneiderwind, U.; Mölter-Siemens, W.; Haep, S.; Bathen, D.:

Adsorptionstests von "Toxischen Industrie-Chemikalien / -Materialien,, (TIC / TIM) und "Airborne Molecular Contaminations,, (AMC) am Tox-Prüfstand

4. IUTA-Filtrationstag, Duisburg, 08.11.2012

Fissan, H., Asbach, C., Pui, D., Wang, J.:

Size Distribution Determination for Aggregates in Gases

Jahrestreffen der Fachgruppe Partikelmess-technik, Bad Dürkheim, 28.02.2012

Fissan, H.:

Aerosol Measurement Techniques for Characterization of Suspensions with Nanoparticles

UDE-Technische Chemie, Duisburg, 14.03.2012

Fissan, H.:

UNPA - Calibration for Size Distribution Determination of Aggregates

Lund University, Lund, Schweden, 06.03.2012

Fissan, H., Haep, S.:

"Update of ZF³" (Center for Filtration Research and Functionalized Surfaces)
CFR, Minneapolis, USA, 18.05.2012

Fissan, H.:

Nanotechnologie und Nachhaltigkeit
Highlights der Physik, Göttingen,
21.09.2012

Fissan, H., Stahlmecke, B., Asbach, C.,
Kuhlbusch, T.A.J.:

Nanoparticle Emission from Engineered Nanostructured Materials Leading to Exposure and Risk

AAAR 2012, Minneapolis, Minnesota, USA,
08.-12.10.2012

Fissan, H., Stahlmecke, B., Asbach, C.,
Kuhlbusch, T.A.J.:

Nanoparticle Release from Nanostructured Materials as Starting Point for Environmental Impact

SENN2012, Helsinki, Finnland,
28.-31.10.2012

Fissan, H.:

Einsatz der Aerosolmesstechnik in der Flüssigkeitsfiltration

4. Filtrationstag, Duisburg, 08.11.2012

Flieter, I., Kube, C.:

Vorstellung einer Schnellerkennungsmethode zur PAK-Bestimmung in Abfällen; - ein neues Instrument für den Vollzug-
Fachgespräch Feststoffuntersuchung 2012,
Bildungszentrum Entsorgungs- und Wasserwirtschaft gGmbH, Essen, 6. März 2012

Gehrmann, L., Türk, J.:

Analyse von endokrin wirksamen Substanzen in klinischen und kommunalen Abwässern.

7. Anwenderseminar Chromatographie GC, GC-MS von Thermo Fischer Scientific
12.09.12

Grünebaum, T., Herbst, H., Keysers, C., Lyko, S., Türk, J.:

Mikroschadstoffelimination mit Ozon: Beispiele für Kläranlagen

2. Fachsymposium Mikroschadstoffe.NRW, Düsseldorf, 21.06.2012

Grünebaum, T., Herbst, H., Launer, M., Lyko, S., Türk, J.:

Möglichkeiten der Eliminierung bei der (kommunalen) Abwasserreinigung

Fachsymposium „Mikroschadstoffe in Rheinland-Pfalz“, Mainz, 23.10.2012

Haun, J., Teutenberg, T., Schmidt, T. C.:

Development of a comprehensive two-dimensional nano-/capillary-LC system with mass-spectrometric detection for screening analysis of complex samples

22. Doktorandenseminar des AK Separation Science (GDCh), Hohenroda, 08.-10.01.2012

Hecht, D., Werbeck, N., Ebben, T., Schaefer, S., Wermter, P., Türk, J.:

Volkswirtschaftlicher Nutzen der Ertüchtigung kommunaler Kläranlagen zur Elimination von Mikroschadstoffen

2. Fachsymposium Mikroschadstoffe.NRW, Düsseldorf, 21.06.2012

Hellack, B., Stahlmecke, B., Nickel, C., Schins, R., Albrecht, C., Asbach, C., Kuhlbusch, T.A.J.:

ROS Aktivität synthetischer Nanopartikel

Seminar "Spezielle Fragestellung in der Verfahrens-, Energie- und Umwelttechnik", Duisburg, 26.01.2012

Helle, K.; Peil, S., Guth, T.; Heßke, C.; Beckhaus, P.:

Entwicklung eines stationären Brennstoffzellensystems auf der Basis HT-PEM zur Bereitstellung von Strom, Wärme und Kälte

5. Workshop AiF-Brennstoffzellenallianz, Duisburg, 22. - 23. Mai 2012,

Helle, K.; Weimer, T.; Peil, S.; Morschel, M.; Zieba, M.; Berger, R.:

First operating experiences with novel resorption chillers to generate cooling from waste heat and biomass

10th IIR Gustav Lorentzen Conference 2012, Delft (Niederlande), 25. – 27. Juni 2012

Henríquez, A., Tagle, M., Reyes, F., Kuhlbusch, T.A.J., Hellack, B., Hetz, C., Oyola, P.:

Relation between Carbonaceous Aerosol Characterization and Lung Injury, End-points in an In Vivo Model

AAAR 2012, Minneapolis, Minnesota, USA, 08.-12.10.2012

Hülser, T:

**The NanoEnergyTechnologyCenter:
Making nanomaterials ready for energy
applications**

Successful R&D in Europe: 4th European
Networking Event, Düsseldorf,
08.- 09.03.2012

Hülser, T:

**Synthese hochspezifischer Nanopartikel
aus der Gasphase im Technikumsmaßstab**
tech transfer – Gateway2Innovation im
Rahmen der Hannover Messe Industrie,
Hannover, 25.04.2012

Hülser, T:

**Nanoparticle Synthesis & Processing-
Technology**

TurKey Enabling Technologies 2012, Istanbul,
Türkei, 25.05.2012

Hülser, T.; Schnurre, S.M.; Kessler, V.;

Schierning, G.; Wiggers, H.; Schulz, C.

**Doped nano-silicon – a promising candi-
date for thermoelectric applications**

Nanofair 2012, Dresden, 12.-13.06.2012

Hülser, T, Schnurre, S.M., Schulz, C.,

Wiggers, H.:

**Continuous synthesis of highly-specific
silicon nanopowder on the pilot-plant scale**

TechConnect World 2012, Santa Clara, USA
18-21.06.12

Hülser, T, Schnurre, S.M., Wiggers, H. ,

Schulz, C.:

**Invited: Highly Specific Synthesis of
Nanoparticles in the Gas Phase - An
Economic and Sustainable Production
Route for Silicon Raw Material to be Used
in Battery Applications**

MRS Fall Meeting 2012, Boston, USA
26.-30.11.2012

Kalbfleisch, V., Sehlleier, Y.-H., Schnurre, S.
M., Hülser, T., Wiggers, H., Brosig, G., Haep,
S., Bathen, D., Schulz, C.:

**Transfer of functionalized nanoparticles
from the gas-phase into liquid suspen-
sions**

Nanoformulation, Barcelona, 30.05. 2012

Karagulian, F., Belis, C.A., Amato, F.,

Kammermeier, T., Quass, U. et.al.:

**European Intercomparosn for Models:
Preliminary Results**

European Aerosol Conference 2012,
Granada, Spanien, 02.-07.09.2012

Keysers, C., Grünebaum, T., Türk, J., Thöhle,
D., Gebhardt, W., Klopp, R., Pinnekamp, J.:

**Weitergehende Spurenstoffelimination
mittels dynamischer Rezirkulation auf der
Kläranlage Schwerte**

Wasser 2012, Neu-Ulm, 14.05.-16.05.2012

Keysers, C., Grünebaum, T., Herbst, H., Lyko,
S., Türk, J.:

**Großtechnische Betriebserfahrungen mit
der Anwendung der Ozonierung**

Kölner Kanal und Kläranlagen Symposium,
Köln, 18.10.2012

Kiffmeyer T. K.:

**Effektive Reinigung von belasteten
Oberflächen bzw. Materialien**

4. NZW, Dresden 15 Juni 2012

Korcowska, E., Jankowiak-Gracz, H., Tuerk,
J., Kamińska, A., Grześkowiak, E.:

**Evaluation of surface contamination with
antineoplastic drugs in preparation and
administration areas in Polish hospitals**

17th EAHP (European Association of Hospital
Pharmacists) Congress, Mailand, Italien
21.-23.03.2012

Kowal, S., Balsaa, P., Werres, F., Schmidt,
T.C., Dopp, E., Türk, J.:

**Effect-based test systems for assessment
of metabolite formation during use of
ozone in municipal wastewater treatment
processes**

Advanced Oxidation Processes
AOP6 2012, Goslar, 07.05.-09.05.2012

Kuhlbusch, T.A.J., CarboSafe Partner:

**CarboSafe - Messung, Freisetzung und
Effekte von CNTs**

InnoCNT Jahreskongress 2012, Bayreuth,
31.01.2012

Kuhlbusch, T.A.J.:

**Perspektiven des Nanodiskurses in
Deutschland - Beispiel Risikoforschung
und Risikokommunikation**

NanoKommission Dialogphase 2009 – 2011,
Podiumsdiskussion, 02.02.2012

Kuhlbusch, T.A.J.:
Feinstaub - Messung und Exposition
 Habilitationsvortrag, Duisburg, 24.02.2012

Kuhlbusch, T.A.J., CarboSafe Partner:
CarboSafe - Messung, Freisetzung und Effekte von CNTs
 2. Clustertreffen v. NanoCare und NanoNature, Frankfurt, 14.03.2012

Kuhlbusch, T.A.J.:
NanoGEM Nanomaterialien - Gesundheit, Exposition und Materialeigenschaften
 2. Clustertreffen v. NanoCare und NanoNature, Frankfurt, 14.03.2012

Kuhlbusch, T.A.J.:
Nanomaterialien am Arbeitsplatz - Exposition, Grenzwerte und Gesetze
 CENIDE, Nanodialog, Duisburg, 07.05.2012

Kuhlbusch, T.A.J.:
Breakout group - Exposure, Transformation and the Life Cycle of Engineered Nanomaterials
 NanoSafetyCluster Meeting, Grenoble, Frankreich, 29.-30.05.2012

Kuhlbusch, T.A.J.:
Forschung in der EU - aktuelle und zukünftige Themen zur Nachhaltigkeit von Nanomaterialien
 3. FachDialog: Nachhaltige Nanotechnologie, Berlin, 12.06.2012

Kuhlbusch, T.A.J.:
(Consumer) Products and Sustainability
 CENIDE Nano Summer, Duisburg, 15.06.2012

Kuhlbusch, T.A.J., Asbach, C., Fissan, H.:
Bridging the gap between exposure and effects - from concentration to dose
 SENN2012, Helsinki, Finnland, 28.-31.10.2012

Kuhlbusch, T.A.J., and AirMonTech Consortium:
AirMonTech - Current and future air quality monitoring
 Scientific Meeting of COST Action TD1105 EuNetAir, Rom, Italy, 04.12.2012

Kuhlbusch, T.A.J.:
Expert comments for the revision of the Air Quality Directive (AQD) - SIG 4 Objectives, activities and strategies
 Scientific Meeting of COST Action TD1105 EuNetAir, Rom, Italy, 05.12.2012

Kuhlbusch, T.A.J., and the AirMonTech Consortium:
AirMonTech - The Key Air Quality Metrics and Technologies, and Specific Research Needs in Relation to Future Urban Air Quality Monitoring
 Monitoring Ambient Air 2012 - AAMG Conference, London, UK, 12.12.2012

Lyko, S., Jagemann, P., Herbst, H., Türk, J.:
Ergebnisse der großtechnischen Versuche zur Entfernung von Mikroverunreinigungen auf den Kläranlagen Bad Sassendorf und Duisburg-Vierlinden
 45. Essener Tagung, Essen, 14.03.-16.03.2012

Makhynya, Y., Anger, S., Peil, S., Trimis, D., Bathen, D., Haep, S.:
Entwicklung eines SuperCriticalWater-Reformers (SCW-Reformer) zur Erzeugung von Brenn- bzw. Synthesegas aus (Roh-) Glyzerin und anderen flüssigen organischen Energieträgern
 18. Internationale Fachtagung „Energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe“, Freiberg, 13.-14. September 2012

Mölter-Siemens, W.; Kerksenboom, A.; Finger, H.; Haep, S.:
Filtration properties of compressed air filters at rated flows between 50 m³/h and 3000 m³/h.
 11th World Filtration Congress & Exhibition, Graz, Austria, 16.-20.04.2012

Mölter-Siemens, W.:
Energieträger Druckluft: Energetische Optimierung bei der Druckluftaufbereitung.
 IHK WIN², Energieeffizienz, Moers, Juni 2012

Mölter-Siemens, W.; Finger, H.:
Messtechnische Bewertung von Adsorptionsfiltern und Druckluftfiltern bei erweiterten Betriebsparametern
 26. Palas Aerosol Technologie Seminar, Karlsruhe, 24.-25.09.2012

Mölter-Siemens, W.:

Filtrationseigenschaften von Druckluftfiltern mit Nennvolumenströmen zwischen 50 m³/h und 3000 m³/h: Analogieschlüsse erlaubt?

4. IUTA-Filtrationstag, Duisburg, 08.11.2012

Nickel, C., Hellack, B., Kuhlbusch, T.A.J.:

Mobility of three different TiO₂ nanomaterials in soil columns

NanoImpactNet / QNano - Integrating Conference, Dublin, 28.02.2012

Nickel, C., Hellack, B., Nogowski, A., Babick, F., Stintz, M., Maes, H., Schäffer, A., Kuhlbusch, T.A.J.:

Mobilität, Verhalten und Verbleib von Nanomaterialien in den verschiedenen Umweltmedien

UBA 414 Projektabschlussstreffen, Berlin, 14.06.2012

Nielsen, U., Møller Klausen, M., Pedersen, B.M., Kristensen, G.H., la Cour Jansen, J., Bak, S.N., Türk, J.:

Removal of APIs and microorganisms from hospital wastewater by MBR plus O₃, O₃+H₂O₂, PAC or ClO₂

IWA Regional Conference on Wastewater Purification & Reuse, WWPR2012, Heraklion, Kreta, Griechenland, 28.03.-30.03.2012

Peil, S., Felderhoff, M.:

Thermochemische Wärmespeicher für Hochtemperaturanwendungen

VIK-Arbeitskreis „Energietechnische Zukunftskonzepte“

Stadtwerke Lemgo, Lemgo, 20.9.2012

Pieper, B., Bittig, M.:

Absorptive Quecksilberabscheidung-Grundlagen, Wissensfortschritt, Nutz-anwendungen, Forschungsbedarf

VDI Fachtagung „Emissionsminderung 2012“, Nürnberg, 19. – 20. Juni 2012

Pflitsch, C., Curdts, B., Helmich, M., Bathen, D., Atakan, B.:

Novel SiC- and SiO₂-adsorbances derived from the Chemical Vapor Infiltration of activated charcoal

Thermodynamik-Kolloquium 2012, Potsdam, 9.10.2012

Plitzko, S., Dahmann, D., Voetz, M., Stahlmecke, B., Kuhlbusch, T.A.J., Asbach, C.:

A tiered approach for the assessment of exposure to airborne engineered nanomaterials

7th International Conference on the Science of Exposure Assessment X2012, Edinburgh, UK, 02.–05.07.2012

Portner, C., vom Eyser, C., Teutenberg, T., Tuerk, J.:

Probleme bei der Quantifizierung von Spurenstoffen mittels LC/MS

9. LC/MS-Diskussionstreffen 2012
Wuppertal, 17.09.-18.09.2012

Quass, U., John, A., Kuhlbusch, T.A.J., und AirMonTech Konsortium:

AirMonTech

MTK 2012, Lutherstadt Wittenberg, 14. - 16.05.2012

Quass, U., Kaminski, H., John, A.C., Kuhlbusch, T.A.J., Bergmans, B., Muck, D., Lenartz, F., Pfeffer, U., Breuer, L.:

Wintertime urban background measurements of PM₁, particle lung-deposited surface area, black carbon and particle number concentrations

European Aerosol Conference 2012, Granada, Spanien, 02.-07.09.2012

Schaap, M., Hendriks, C., Kranenburg, R., Kuhlbusch, T.A.J., Quass, U., Vercauteren, J.:

Comparing source apportionment results by a chemistry transport model against PMF analyses for north western Europe

European Aerosol Conference 2012, Granada, Spanien, 02.-07.09.2012

Schierning, G.; Kessler, V.; Schmechel, R.; Hülser, T.; Schnurre, S.M.; Spree, M.; Peil, S.; Bathen, D.; Hesse, K.; Winkler, R.:

Entwicklung eines thermoelektrischen Generators aus nanokristallinem Silizium

InnoMateria – Interdisziplinäre Kongressmesse für innovative Werkstoffe, Köln, 22.-23.05.2012

Schmidt, F.; Sager, U.:

Durchbruchverhalten von PKW-Kombi-filtern gegen Ende ihrer Lebensdauer

26. Palas Aerosol Technologie Seminar, Karlsruhe, 24.-25.09.2012

Schnurre, S. M.; Kalbfleisch, V.; Sehlleier, Y.; Hülser, T.; Wiggers, H.; Brosig, G.; Haep, S.; Schulz, C.; Bathen, D.:

Transfer of functionalized nanoparticles from the gas-phase into liquid suspensions

NanoFormulation2012, Barcelona, Spanien
28.05.-01.06.2012

Stahlmecke, B., Romazanov, J., v. Barany, D., Asbach, C., Kuhlbusch, T.A.J.

Measurement of possible CNT emissions during shredding of experimental CNT-composites

NanoImpactNet / QNano - Integrating Conference, Dublin, 28.02.2012

Steuten, B., Bathen, D., Pasel, C.:

Adsorptive removal of sulfurous components from natural gas

24. Deutsche Zeolith-Tagung, Magdeburg,
08.03.2012

Steuten, B., Bathen, C., Pasel, C.:

Adsorptive Entfernung von Schwefelverbindungen aus Erdgas

ProcessNet-Jahrestagung, Karlsruhe,
11.09.2012

Teutenberg, T., Wiese, S., Fischer, B., Bettermann, H., Jochmann, M. A.:

Development of a Raman Detector for hyphenation with high-temperature liquid chromatography and isotope ratio mass spectrometry

HTC-12, Brügge, Belgien, 01.02.-03.02.2012

Teutenberg, T., Wiese, S., Haun, J., Leonhardt, J.:

High-temperature liquid chromatography – Advances, challenges and limitations

Analytica Conference 2012
München, 17.04.-19.04.2012
Eingeladener Vortrag

Teutenberg, T., Wiese, S., Haun, J., Leonhardt, J.:

Routinestark und effizient – Chancen und Möglichkeiten der Mikro-LC

VIP Seminar „Ergänzende Perspektiven – Wettbewerbsvorteile durch neue Wege im Probenmanagement und der Analytik“ –
analytica 2012, München, 17.04.-19.04.2012

Teutenberg, T., Wiese, S., Fischer, B., Bettermann, H., Jochmann, M. A.:

Development of a Raman Detector for hyphenation with high-temperature liquid chromatography and isotope ratio mass spectrometry

ACHEMA 2012, Frankfurt am Main,
18.-22.06.2012

Teutenberg, T., Lerch, O.:

Nachweis kleinster Substanzmengen mittels moderner Analysenmethoden – Spannende Anwendungen aus dem „täglichen“ Leben

Akademie der Schola Mariana
Werl, 22.09.2012

Teutenberg, T., Wiese, S., Haun, J., Leonhardt, J.:

Very high temperature in liquid chromatography

Club Lyonnais of chromatography Meeting
Lyon, Frankreich, 10.10.-11.10.2012

Teutenberg, T., Haun, J., Leonhardt, J.:

Potenziale und Anwendungen der 2D-Chromatografie

Novia HPLC-Tage 2012, Frankfurt am Main,
05.11.-06.11.2012

Teutenberg, T., Leonhardt, J., Haun, J., Hetzel, T., Portner, C.:

Development of a multidimensional LCxLC system based on nano- and capillary HPLC

Analytical Forum Water Contaminants, AFWC
2012, Duisburg, 21.11.-22.11.2012

Türk, J.:

Elimination of micro pollutants from the water cycle: Chemical and toxicological evaluation of advanced oxidation processes

GeoEnviron Seminar, Eberhard Karls
Universität Tübingen, 11.01.2012

Türk, J.:

Effektive Reinigung und Desinfektion in der Zytostatika-Herstellung

Berner Praxisseminar „Sicherheitstraining für Zytostatika“
Hamburg, 18.02.2012, 05.05.2012, 14.09.2012 und 16.11.2012,
MundiCampus „Sicherheitstraining Zytostatika“, Hamburg, 09.11.2012

Türk, J.:

Grundlagen der LC-MS Kopplung, Qualifizierung und Quantifizierung

Klinkner & Partner Seminar „LC - MS Kopplung“, Potsdam, 13./14.06.2012

Türk, J.:

Micropollutants in the water cycle: occurrence, analysis and advanced technologies

DAAD Serial Summer School Water in Urban Life 2020 - Transition towards sustainable Water Resource Management in Urban Systems? within the BMBF Program “Sustainable Water Management“ (NaWaM), Essen, 01.10.2012

Türk, J., Bester, K., Börgers, A., Dopp, E., Eschke, H.-D., Freihoff, S.D., Gebhardt, W., Gehrmann, L., Grünebaum, T., Herbst, H., Klopp, R., Kowal, S., Kunze, G., Lyko, S., Portner, C., Richard, J., Schmidt, T.C., Teutenberg, T., Will, J.:

Instrumentelle und wirkungsbezogene Analytik beim Abbau von Spurenstoffen mittels Ozon

Langenauer Wasserforum (LWF 2012) - Von der Probennahme über die Probenvorbereitung bis zur Massenspektrometrie, Langenau, 13.11.2012

Urbanczyk, R.; Peinecke, K.; Felderhoff, M.; Hauschild, K.; Peil, S.:

Hydridspeicher aus Al-Legierungen zur Entkopplung von Wärme und Strom

19. Energie-Symposium, 8.-10.10.2012, Stralsund

Visschedijk, A.H.J., Denier von der Gon, H.A.C., Hulskotte, J.H.J., Quass, U.:

Anthropogenic Vanadium emissions to air and ambient air concentrations in North-West Europe (Abstract)

16th International Conference on Heavy Metals in the Environment (ICHMET), Rom, Italy, 22.-27.09.2012

Wiese, S., Teutenberg, T., Schmidt, T. C.:

A General Strategy for Performing Temperature Programming in High Performance Liquid Chromatography

Analytica Conference 2012, 17.04.2012 – 20.04.2012

Wurzler, S., Bruckmann, P., Friesel, J., Geiger, J., Hebbinghaus, H., Straub, W., Glatke, D., Pfeffer, U., Kuhlbusch, T.A.J., Lumpp, R., Heupel Santos, S., Memmesheimer, M., Jakobs, H., Friese, E., Nieradzik, L., Elbern, H., Klugmann, D., Gilge, S., Favez, O., Colette, A., Chiappini, L.:
Observations in Germany, France, and Great Britain during eruptions of the Eyjafjallajökull volcano in 2010
European Aerosol Conference 2012, Granada, Spanien, 02.-07.09.2012

5.2 Veröffentlichungen 2012

Asbach, C., Kaminski, H., von Barany, D., Kuhlbusch, T.A.J., Monz, C., Dziurawitz, N., Pelzer, J., Vossen, K., Berlin, K., Dietrich, S., Götz, U., Kiesling, H.-J., Schierl, R., Dahmann, D.:

Comparability of Portable Nanoparticle Exposure Monitors

Annals of Occupational Hygiene, Vol. 56, No. 5, 606-621, 2012

Bathen, D.:

Adsorption (Bericht ACHEMA 2012)

Chem.Eng.Tech. 84 (2012) 9, S. 1466-1468

Baumgardner, D., Popovicheva, O., John, A., Kuhlbusch, T.K.J.:

Soot Reference Materials for instrument calibration and intercomparisons: a workshop summary with recommendations

Atmos.Meas.Tech.Discuss. 5, 2315-2362 2012

Baumgardner, D., Popovicheva, O., John, A., Kuhlbusch, T.K.J.:

Soot Reference Materials for instrument calibration and intercomparisons: a workshop summary with recommendations

Atmos.Meas.Tech. 5, 1869-1887, 2012

Bhattacharya, K., Hoffmann, E., Schins, R.F.P., Boertz, J., Prantl, E., Alink, G.M., Byrne, H.J., Kuhlbusch, T.A.J., Rahman, Q., Wiggers, H., Schulz, C., Dopp, E.:

Comparison of Micro- and Nanoscale Fe⁺³-Containing (Hematite) Particles for Their Toxicological Properties in Human Lung Cells in Vitro

Toxicol. Sci. 126 (1), 173-182, 2012

Braun, F.J., Hermsdörfer, K., Höfl, H.-C., Richter, C.-J., Scherer, P., Beyer, M., Hugo, A., Jarzyna, D., Kuhlbusch, T.A.J., Gärtner, A.:

Diffuse Feinstaub-Emissionen beim Umschlag von Kohle

Immissionsschutz 1,12, 20-26, 2012

Brock, T., Berges, M., Pelzer, T., Bachmann, V., Plitzko, S., Wolf, T., Engel, S., Götz, U., Ragot, J., Voetz, M., Kund, K., Klages-Bücher, S., Gannon, P., Swain, K., Knobl, S., Reisinger, M., Weinand, R., Asbach, C., Kuhlbusch, T., Billerbeck, U., Stintz, M., Heinemann, M., Reuter, M., Schröter, N., Eichstädt, D., Rommert, A., Fischer, R.:

Ein mehrstufiger Ansatz zur Expositionsermittlung und -bewertung nanoskaliger Aerosole, die aus synthetischen Nanomaterialien in die Luft am Arbeitsplatz freigesetzt werden

VCI Nachrichten, pp. 44, 2012

Chen X, Richard J, Liu Y, Dopp E, Tuerk J, Bester K.

Ozonation products of triclosan in advanced wastewater treatment

Water Research, 46 (2012), 2247-2256.

Cyrus, J., Eeftens, M., Heinrich, J., Ampe, C., Armengaud, A., Beelen, R., Bellander, T., Beregszaszi, T., Birk, M., Cesaroni, G., Cirach, M., de Hoogh, K., De Nazelle, A., de Vocht, F., Declercq, C., Dédélé, A., Dimakopoulou, K., Eriksen, K., Galassi, C., Gražulevičienė, R., Grivas, G., Gruziova, O., Gustafsson, A., Hoffmann, B., Lakovidis, M., Ineichen, A., Krämer, U., Lanki, T., Lozano, P., Madsen, C., Meliefste, K., Modig, L., Mölter, A., Mosler, G., Nieuwenhuijsen, M., Nonnemacher, M., Oldenwening, M., Peters, A., Pontet, S., Probst-Hensch, N., Quass, U., Raaschou-Nielsen, O., Ranzi, A., Sugiri, D., Stephanou, E.G., Taimisto, P., Tsai, M.-A., Vaskövi, É., Villani, S., Wang, M., Brunekreef, B., Hoek, G.:

Variation of NO₂ and NO_x concentrations between and within 36 European study areas: results from the ESCAPE study

Atmospheric Environment 62, 374-390, 2012

Dreisbach, F., Bathen, D., Hayn, T., Will, C.:

Vorrichtung und Verfahren zur kalorimetrischen Vermessung von Sorptionsvorgängen

Patent DE 10 2012 101 621, 2012

Edge, T., Dolci, M., Pereira, L., Teutenberg, T.

Turn Up The Heat And Go Green

Chromatography Today, November-December 2012, 12-16

Eeftens, M., Tsai, M-Y., Ampe, C., Anwander, B., Beelen, R., Bellander, T., Cesaroni, G., Cirach, M., Cyrus, J., de Hoogh, K., De Nazelle, A., de Vocht, F., Declercq, C., Dédelé, A., Eriksen, K., Galassi, C., Gražulevičienė, R., Grivas, G., Heinrich, J., Hoffmann, B., Lakovidis, M., Ineichen, A., Katsouyanni, K., Korek, M., Krämer, U., Kuhlbusch, T.A.J., Lanki, T., Madsen, C., Meliefste, K., Mölter, A., Mosler, G., Nieuwenhuijsen, M., Oldenwening, M., Pennanen, A., Probst-Hensch, N., Quass, U., Raaschou-Nielsen, O., Ranzi, A., Stephanou, E., Sugiri, D., Udvardy, O., Vaskövi, É., Weinmayr, G., Brunekreef, B., Hoek, G.:

Spatial variation of PM_{2.5}, PM₁₀, PM_{2.5} absorbance and PM_{coarse} concentrations between and within 20 European study areas - results of the ESCAPE project
Atmospheric Environment 62, 303-317, 2012

Ermisch, P.; Wiese, S.; Weber, H.; Teutenberg, T.

Determination of suitable column geometries by means of van Deemter and kinetic plots for isothermal and isocratic method development in high-temperature liquid chromatography isotope ratio mass spectrometry
Analytical Chemistry, 84 (2011) 1565-1571

Finger, H.; Mölter-Siemens, W.; Haep, S.; Bathen, D.:

Adsorption of TIC and TIM (Toxic Industrial Chemicals / Materials)
11th World Filtration Congress, Graz, Austria, 16.-20.04.2012, Abstract Book, Content Volume I, ISBN 978-3-941655-04-1

Fissan, H., Trampe, A., Asbach, C.:

Physikalische Grundlagen gasgetragener partikulärer Kontamination
In: Reinraumtechnik, edited by L. Gail, U. Gommel, H.-P. Horig, Springer Heidelberg Dordrecht London New York, ISBN 978-3-642-1943-4, 37-68, 2012

Fissan, H., Asbach, C., Kaminski, H., Kuhlbusch, T.A.J.:

Total Surface Area Concentration Measurements of Nanoparticles in Gases with an Electrical Sensor
Chemie Ingenieur Technik, 84, No. 3, 365-372, 2012

Gräf, T., Pasel, C., Luckas, M., Bathen, D.:

Adsorption of aromatic trace compounds from organic solvents on activated carbons - experimental results and modeling of adsorption equilibria
Adsorption 18 (2012) 2, S. 127-141

Haun, J., Teutenberg, T., Schmidt, T. C.:

Influence of temperature on peak shape and solvent compatibility: Implications for two-dimensional liquid chromatography
Journal of Separation Science, 35 (2012), 1723-1730

Haun, J., Oeste, K., Teutenberg, T., Schmidt, T. C.

Long-term high-temperature and pH stability assessment of modern commercially available stationary phases by using retention factor analysis
Journal of Chromatography A, 1263 (2012) 99-107

Jensen, D. S., Teutenberg, T., Clark, J., Linford, M. R.

Elevated Temperatures in Liquid Chromatography, Part I: Benefits and Practical Considerations
LCGC North America, Volume 30, Number 9, September 2012, 850-862

Jensen, D. S., Teutenberg, T., Clark, J., Linford, M. R.

Elevated Temperatures in Liquid Chromatography, Part II: Basic Thermodynamics of Elevated-Temperature LC, Including the van't Hoff Relationship
LCGC North America, Volume 30, Number 11, November 2012, 992-998

Jensen, D. S., Teutenberg, T., Clark, J., Linford, M. R.

Elevated Temperatures in Liquid Chromatography, Part III: A closer look at the van't Hoff equation
LCGC North America, Volume 30, Number 12, December 2012, 1052-1057

Kaminski, H., Kuhlbusch, T.A.J., Fissan, H., Ravi, L., Horn, H.-G., Han, H.-S., Caldow, R., Asbach, C.:

Mathematical Description of Experimentally Determined Charge Distributions of a Unipolar Diffusion Charger
Aerosol Science and Technology 46:6, 708-716, 2012

Kiffmeyer T. K, Tuerk J.:

Biomonitoring der beruflichen Zytostatikabelastung: Methoden – Anwendungen – Ergebnisse.

Zbl Arbeitsmed 62 (2012) 148–150

Kiffmeyer T. K, Tuerk J, Hahn M, Stuetzer H, Hadtstein C, Heinemann A, Eickmann U.:

Application and Assessment of a Regular Environmental Monitoring of the Antineoplastic Drug Contamination Level in Pharmacies - The MEWIP Project.

Ann Occup Hyg. (2012),

doi:10.1093/annhyg/mes081, First published online: November 2, 2012.

Kuhlbusch, T.A.J., Quass, U.:

Überwachung der Luftqualität

Umwelt Magazin 6/2012, Hrsg.: VDI, Springer Verlag, ISSN 0173-363X, 54-55, 2012

Kuhlbusch, T.A.J., Nickel, C., Hellack, B., Gartiser, S., Flach, F., Schiwy, A., Maes, H., Schäffer, A., Erdinger, L., Gabsch, S., Stintz, M.:

Fate and behaviour of TiO₂ nanomaterials in the environment, influenced by their shape, size and surface area

UBA Bericht 25/2012, Hrsg.: Umweltbundesamt, Bericht 25/2012, Förderkennzeichen 3709 65 417, UBA-FB 001577, ISSN 1862-4804, pp. 166, 2012

Liu, Z., Kim, S.C., Wang, J., Shin, W.G., Fissan, H., Pui, D.Y.H.:

Measurement of Metal Nanoparticle Agglomerates Generated by Spark Discharge Using the Universal Nanoparticle Analyzer (UNPA)

Aerosol Science and Technology 46:3, 333-346, 2012

Mölter-Siemens, W. et al.:

Separation of ultrafine droplets with multi-layer fibroid filter media using the example of compressed air filters

Filtration & Separation, International Edition No. 12/2012, 56-60

Mölter-Siemens, W.; Kerksenboom, A.; Finger, H.; Haep, S.:

Filtration properties of compressed air filters at rated flows between 50 m³/h and 3000 m³/h

Proc. 11th World Filtration Congress, Graz, 16.-20.04.2012

Pahl, C., Pasel, C., Luckas, M., Bathen, D.: **Adsorptive Water Removal from Primary Alcohols and Acetic Acid Esters in the ppm-Region**

Journal of Chemical & Engineering Data 57 (2012), S. 2465-2471

Portner, C.; Türk, J.

LC-MS in der Spurenstoffanalytik - Aktuelle Trends zur Quantifizierung und Identifizierung persistenter Substanzen im Abwasser
GIT Labor-Fachzeitschrift, Ausgabe 11/12, Seite 778-780

Sager, U.; Schmidt, F.; Breidenbach, A.; Suhartiningih:

The Adsorption Performance of a Cabin Air Filter Concerning Nitrogen Dioxide During a Life Cycle

Filtr. Sep. 2012, 49(4), 38-41. DOI: 10.1016/S0015-1882(12)70199-4

Schmidt, F.; Breidenbach, A.:

Vergleichende Prüfung von Kfz-Innenraumfiltern

F&S Global Guide of the Filtration and Separation Industry (2012-2014), 2012, 256-262

Schmidt, F.; Breidenbach, A.:

Comparative Testing of Cabin Air Filters for Cars

F&S Global Guide of the Filtration and Separation Industry (2012-2014), 2012, 198-204

Schmidt, F.; Breidenbach, A.; Däuber, E.: **Ergebnisse der RLT-Filterprüfung nach EN 779 im Vergleich zu Messungen an Filtern aus dem Betrieb**

Chem. Ing. Tech. 2012, 84(6), 808-812

Teutenberg, T.; Leonhardt, J., Haun, J., Wiese, S., Wenkel, N.

Mikro-LC – Nur das ewige Talent?

GIT Labor-Fachzeitschrift 4/2012, 246-248

Teutenberg, T., Haun, J.; Leonhardt, J., Portner, C.

Potenziale und Anwendung der umfassenden zweidimensionalen Flüssigkeitschromatografie

Analytik News, Publikationsdatum 02.03.2012

Teutenberg, T., Leonhardt, J., Wiese, S.
Method Development for Fast Separation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Using Micro-LC – The Importance of the Dwell Volume

The Column, Volume 8, Issue 13 (2012) 9-12

Teutenberg, T., Leonhardt, J., Haun, J., Portner, C.

Die zweite Dimension - Neue Entwicklungen in der 2D-Flüssigkeitschromatographie

Laborpraxis, Oktober 2012, 62-64

Türk, J.

Instrumentelle und wirkungsbezogene Analytik beim oxidativen Abbau von Spurenstoffen

labor&more, Ausgabe 8.12, 46-49

Türk, J., Börgers, A., vom Eyser, C., Richard, J., Dopp, E., Bester, K.

Untersuchungen zur Bewertung und Vermeidung von toxischen Oxidationsnebenprodukten bei der oxidativen Abwasserbehandlung von Fluorquinolonen

GDCh Mitteilungen der Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie, 2/2012
18. Jahrgang, Juni 2012 ISSN 1618-3258

Wang, J., Asbach, C., Fissan, H., Hülser, T., Kaminski, H., Kuhlbusch, T.A.J., Pui, D.:

Emission measurement and safety assessment for the production process of silicon nanoparticles in a pilot-scale facility

J. Nanoparticle Res. 14 (4), 759, 2012

Weijers, E., Quass, U., Quincey, P., Kuhlbusch, T.A.J.:

2nd International Workshop on 'Current and Future Air Quality Monitoring', 25th - 26th April 2012 in Barcelona, Spain

WHO Newsletter 2/2012, pp. 2, 2012

Weimer, T.; Helle, K.:

Kompakte Resorptionsanlagen zum Kühlen mit Abwärme

KI Kälte-Luft-Klimatechnik, März 2012, S. 32-35

Wiese, S.; Teutenberg, T.; Schmidt, T. C.

A general strategy for performing temperature-programming in high performance liquid chromatography - Further improvements in the accuracy of retention time predictions of segmented temperature gradients

Journal of Chromatography A, 1222 (2012) 71– 80

Wiese, S.

A general strategy for performing temperature-programming in high performance liquid chromatography

Dissertation, Universität Duisburg-Essen

5.3 Poster 2012

Asbach, C., Kaminski, H., Fissan, H., Kuhlbusch, T.A.J., Azong-Wara, N., Horn, H.-G.:

Development and evaluation of a portable monitor for the assessment of exposure to nanoparticles

Workplace and Indoor Aerosols Conference, Lund, Sweden, 19.-20.04.2012

Asbach, C., Dahmann, D., Voetz, M., Stahlmecke, B., Kaminski, H., Kuhlbusch, T.A.J., Götz, U., Engel, S., Plitzko, S.:

Assessment of exposure to airborne nanomaterials using a pragmatic, tiered approach

European Aerosol Conference 2012, Granada, Spanien, 02.-07.09.2012

Asbach, C., Kaminski, H., Fissan, H., Kuhlbusch, T.A.J., Azong-Wara, N., Broßell, D., Caldow, R., Scheckman, J., Horn, H.G.:

Development and Evaluation of a Portable Instrument for Nanoparticle Exposure Assessment

SENN 2012, Helsinki, Finnland, 28.-31.10.2012

Asbach, C., Wiemann, M., Kuhlbusch, T.A.J., Van Meerbeck, B., Van Landuyt, K.:

Nanoparticle Release from Dental Composites

SENN 2012, Helsinki, Finnland, 28.-31.10.2012

Asbach, C., Kaminski, H., von Barany, D., Monz, C., Dziurawitz, N., Pelzer, J., Berlin, K., Dietrich, S., Götz, U., Kiesling, H.-J., Schierl, R., Dahmann, D.:

Comparability of Handheld Nanoparticle Exposure Monitors

SENN 2012, Helsinki, Finnland, 28.-31.10.2012

Brossell, D., Plitzko, S., Linsel, G., Azong-Wara, N., Asbach, C., Fissan, H., Schmidt-Ott, A.:

Development of the Cyto-TP: A Thermophoretic Air-Liquid Interface Sampler for Nanoparticle Deposition on Cell Cultures

SENN 2012, Helsinki, Finnland, 28.-31.10.2012

Burrichter, B., Bathen, D., Pasel, C.:

Adsorptive Wasserentfernung aus organischen Lösungsmitteln im unteren ppm- und ppb-Bereich

ProcessNet-Jahrestagung, Karlsruhe, 11.09.2012

Chen, X., Tuerk, J., Dopp, E., Bester, K.

Ozonation products of Triclosan by advanced waste water treatment

4th Congress of the European Association for Chemical and Molecular Sciences, Prague, Czech Republic, 26.-30.08.2012

Curdts, B., Pflitsch, C., Helmich, M., Bathen, D., Atakan, B.:

Modified adsorbents derived from charcoal: Solvent adsorption studies

Thermodynamik-Kolloquium 2012, Potsdam, 9.10.2012

vom Eyser, C., Palmu, K., Otterpohl, R., Schmidt, T. C., Tuerk, J.

Fate and behaviour of pharmaceuticals during Hydrothermal Carbonization EcoSTP

Santiago de Compostela, Spanien, 25.06.-27.06.2012

vom Eyser, C., Börgers, A., Richard, J., Dopp, E., Bester, K., Tuerk, J.

Degradation and by-product formation of ofloxacin with ozonation, UV and UV/H₂O₂-treatment

EcoSTP, Santiago de Compostela, Spanien, 25.06.-27.06.2012

Fissan, H., Stahlmecke, B., Asbach, C., Kuhlbusch, T.A.J.:

Nanoparticle Balancing from Release to Dose

European Aerosol Conference 2012, Granada, Spanien, 02.-07.09.2012

Gasanova, S., Kerpen, K., Kuklya, A., Portner, C., Türk, J., Telgheder, U., Schmidt, T. C.

Non thermal plasmas created by corona-like discharges for eliminating recalcitrant organic contaminants

Analytica Conference 2012, München, Deutschland, 17.04.-19.04.2012

Gehrmann, L., Minh Ha, P. T., Portner, C., Giersberg, M., Kunze G., Türk, J.
Evaluierung zweier, auf *Arxula adenivorans* basierenden Messsystemen zur summarischen Bestimmung von estrogen aktiven Substanzen in Kläranlagen-abläufen.

Wasser 2012, Neu-Ulm, Deutschland
 14.-16.05.2012

Hayn, T., Bathen, D., Luckas, M., Pasel, C.:
Simultaneous measurement of adsorption isotherms and heat of adsorption
 24. Deutsche Zeolith-Tagung, Magdeburg,
 08.03.2012

Helle, K.; Heßke, C.; Peil, S.:
Entwicklung eines stationären Brennstoffzellensystems auf der Basis Hochtemperatur-PEM zur Bereitstellung von Strom, Wärme und Kälte
 CHILLVENTA 2012, Nürnberg, 9. – 11. Oktober 2012

Helmich, M, Pasel, C, Luckas, M., Bathen, D.
Characterisation of microporous activated carbons using molecular probe method
 24. Deutsche Zeolith-Tagung, Magdeburg,
 08.03.2012

Helmich, M, Bathen, D., Luckas, M., Pasel, C.:
Charakterisierung von mikroporösen Aktivkohlen durch Adsorption ausgewählter Probemoleküle
 ProcessNet-Jahrestagung, Karlsruhe,
 11.09.2012

John, A., Renker, M., Kuhlbusch, T.A.J.:
CarboLifeCycle - Measurement of CNT using EC/OC-Analysis
 InnoCNT Jahreskongress 2012, Bayreuth,
 30.01.-01.02.2012

John, A., Renker, M., Kuhlbusch, T.A.J.:
Characterization of different CNT using a thermo-optical elemental carbon / organic carbon analyzer in view of workplace aerosol measurements
 European Aerosol Conference 2012,
 Granada, Spanien, 02.-07.09.2012

Köth, A., Kaminski, H., Kuhlbusch, T.A.J., Götz, M.E., Luch, A.:
Exposure assessment of silver nanoparticles - Modelling of an exposure scenario for consumer products

SENN 2012, Helsinki, Finnland,
 28.-31.10.2012

Kuhlbusch, T.A.J., Viana, M., Borowiak, A., Weijers, E.P., Torseth, K., Querol, X., Quincey, P., Gehrig, R., Hüglin, C., Katsouyanni, K., Quass, U.:
Air Quality Monitoring Strategies for Urban Areas - A Data Base on New Monitoring Technologies, New Metrics and Proxies
 European Aerosol Conference 2012,
 Granada, Spanien, 02.-07.09.2012

Leonhardt, J., Teutenberg, T., Haun, J., Portner, C.
Development of a comprehensive two-dimensional nano-/capillary-LC system with mass-spectrometric detection for the screening analysis of complex samples
 Analytica Conference 2012
 München, Deutschland
 17.04.-19.04.2012

Leonhardt, J., Teutenberg, T., Wiese, S.
Method development using micro-LC for separation of environmentally and pharmaceutically relevant substances
 Analytica Conference 2012
 München, Deutschland
 17.04.-19.04.2012

Leonhardt, J., Teutenberg, T., Haun, J., Portner, C., Wolff, M.
Development of a comprehensive two-dimensional nano-/capillary-LC system with mass-spectrometric detection for the screening analysis of complex samples
 36th International Symposium on Capillary Chromatography (ISCC)
 Riva del Garda, Italien
 27.05.-01.06.2012

Leonhardt, J., Teutenberg, T., Wiese, S., Wolff, M.
Method development using micro-LC for separation of environmentally and pharmaceutically relevant substances
 36th International Symposium on Capillary Chromatography (ISCC)
 Riva del Garda, Italien
 27.05.-01.06.2012

Leonhardt, J., Haun, J., Teutenberg, T.
Development of a comprehensive two-dimensional nano-/capillary-LC system with mass-spectrometric detection for the screening analysis of complex samples
 29th ISC 2012 – 29th international Symposium on Chromatography
 09.09.-13.09.2012, Toruń, Polen

Ortmann, R., Bathen, D., Pasel, C.:
Adsorptive Removal of Toxic Gases at low Concentrations
 24. Deutsche Zeolith-Tagung, Magdeburg,
 08.03.2012

Ortmann, R., Bathen, D., Pasel, C.:
Adsorptive Entfernung von Toxinen aus der Gasphase
 ProcessNet-Jahrestagung, Karlsruhe,
 11.09.2012

Peinecke, K.; Urbanczyk, R.; Hauschild, K.; Felderhoff, M.; Peil, S.:
Aluminium alloys based hydrogen storage tank operated with complex hydride
 World Hydrogen Energy Conference (WHEC) 2012, Toronto (Kanada), 3.-7.6.2012

Portner, C., Boergers, A., vom Eyser, C., Raab, J., Richard, J., Dopp, E., Wolff, M., Bester, K., Türk, J.
Untersuchungen zur Bewertung und Vermeidung von toxischen Oxidationsnebenprodukten bei der oxidativen Abwasserbehandlung
 DWA Workshop "Relevanz von Transformationsprodukten im urbanen Wasserkreislauf"
 Koblenz, Deutschland
 23.04.-24.04.2012

Portner, C., Gehrmann, L., Wirth, F., Minh Ha, P. T., Giersberg, M., Tuerk, J., Kunze, G.
Photometric and amperometric determination of estrogen activity in wastewater samples using *Arxula adenivorans* yeast cell systems
 Analytica Conference 2012
 München, Deutschland
 17.04.-19.04.2012

Salma, A., Thoröe-Boveleth, S., Tuerk, J., Schmidt, T.C.
Investigation of ciprofloxacin transformation products during TiO₂/UV treatment Advanced Oxidation Processes
 AOP6 2012, Goslar, Deutschland

07.05.-09.05.2012

Schierning, G.; Kessler, V.; Schmechel, R.; Hülser, T.; Schnurre, S. M.; Spree, M.; Peil, S.; Bathen, D.; Hesse, K.; Winkler, R.
Wandlung von Abwärme in elektrische Energie: Entwicklung und Herstellung eines thermoelektrischen Generators aus nanokristallinem Silizium unter Berücksichtigung ökologischer Gesichtspunkte
 InnoMateria - Interdisziplinäre Kongressmesse für innovative Werkstoffe, Kön,
 22.-23.05.2012

Schnurre, S. M.; Hülser, T.; Wiggers, H.; Schulz, C.
Nanosized Silicon for Use in Li-Ion Battery Technology
 MSE-Kongress, Darmstadt, 25.-27.09.2012

Schnurre, S. M., Kalbfleisch, V., Sehlleier, Y., Hülser, T., Wiggers, H., Brosig, G., Haep, S., Bathen, D., Schulz, C.:
Dispersion and functionalization of nanoparticles from gas-phase synthesis
 KIT Symposium Nano-structure in disperse systems: production, characterization and functionality, Karlsruhe, 12.-13.11.2012

Sehlleier, Y.; Schnurre, S. M.; Hülser, T.; Wiggers, H.; Schulz, C.
Funktionalisierung von hochspezifischen SiO₂-Nanopartikeln aus der Gasphase
 Fachtagung Nano-Additive, BAM, Berlin,
 19.-20.11.2012

Stahlmecke, B., Romazanov, J., von Barany, D., Kaminski, H., Kuhlbusch, T.A.J.:
CarboSafe - Messung von möglichen CNT-Freisetzen bei Kompositbearbeitung und Recyclingvorgängen
 InnoCNT Jahreskongress 2012, Bayreuth,
 30.01.-01.02.2012

Stahlmecke, B., Romazanov, J., von Barany, D., Asbach, C., Kuhlbusch, T.A.J.:
Particle Emissions during Shredding of Different CNT-Composites
 Workplace Aerosol Conference, Lund, Sweden, 19.-20.04.2012

Stahlmecke, B., Todea, A.M., Romazanov, J., von Barany, D., Asbach, C., Kuhlbusch, T.A.J.:

Investigations on the Possible CNT-Release at the End-of-Life of CNT-Composites

SENN 2012, Helsinki, Finnland,
28.-31.10.2012

Teutenberg, T., Wiese, S.

Separation of selected sulfonamides and trimethoprim by high-temperature liquid chromatography

Gemeinschaftliche und praxisbezogene Forschung zum Nutzen der Arzneimittel-Hersteller – Schwerpunkte aus 20 Jahren FAH-Arbeit
Bonn, Deutschland
08.11.2012

Tuerk, J., Boergers, A., Launer, M., Herbst, H.
Full scale application of two ozone injection systems for the removal of micro pollutants at the waste water treatment plant Duisburg-Vierlinden

Advanced Oxidation Processes
AOP6 2012, Goslar, Deutschland
07.05.-09.05.2012

Türk, J., Börgers, A., Lyko, S., Jagemann, P., Launer, M., Gebhardt, W., Pinnekamp, J., Klopp, R., Herbst, H.

Elimination von Spurenstoffen mittels Ozonung im großtechnischen Maßstab an den Kläranlagen Bad Sassendorf und Duisburg-Vierlinden.

Wasser 2012, Neu-Ulm, Deutschland
14.-16.05.2012

Wiese, S., Teutenberg, T. Fischer, B., Bettermann, H.

Hyphenation of high-temperature liquid chromatography with online Raman-Spectroscopy

Analytica Conference 2012
München, Deutschland
17.04.-20.04.2012

Wolff, M., Uebachs, D., Teutenberg, T.
Computer assisted method development for thermal desorption GC-MS using the DryLab® software

Analytica Conference 2012
München, Deutschland
17.04.-19.04.2012

Wolff, M., Teutenberg, T.

Conditioning of thermal desorption tubes using a new conditioning unit

Analytica Conference 2012
München, Deutschland
17.04.-19.04.2012

Wolff, M., Uebachs, D., Teutenberg, T.

Computer assisted method development for thermal desorption GC-MS using the DryLab® software

36th International Symposium on Capillary Chromatography (ISCC)
Riva del Garda, Italien
27.05.-01.06.2012

Wolff, M., Teutenberg, T.

Conditioning of thermal desorption tubes using a new conditioning unit

36th International Symposium on Capillary Chromatography (ISCC)
Riva del Garda, Italien
27.05.-01.06.2012

Wolff, M., Teutenberg, T., Leonhardt, J., Van der Zwaag, T., Zeiner, T., Engelke, T., Haep, St., Stahl, T.

Development and application of a flexible cooling device for gas chromatography

29th ISC 2012 – 29th international Symposium on Chromatography
09.09.-13.09.2012, Torún, Polen

5.4 Forschungsprojekte der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) der Forschungsvereinigung Umwelttechnik im Jahr 2012

AiF-Vorh.-Nr.	Titel / Thema	Forschungsstellen	Laufzeit
16120 N	Entwicklung eines flüssigchromatografischen Analyseverfahrens zur Struktur- und Identitätsaufklärung in komplexen wässrigen Medien mittels gekoppelter Raman/irMS Detektoren	IAC UDE; IUTA; IPC HHU	06.2009 - 02.2012
16145 BG	Energieeffiziente Eliminierung von persistenten Pharmazeutika aus Abwässern mittels eines schadstoffabhängig gesteuerten Oxidationsverfahrens (EPASGO)	IUTA; IPK	07.2009 - 03.2012
16203 N	Entwicklung direkt gekoppelter massenspektrometrischer Verfahren zur schnellen Erfassung der biologischen Aktivität von Hausstaub	IUTA; WZW TU München	09.2009 - 12.2011
330 ZN	Kombinierte CFD/Monte-Carlo Methoden zur Kontrolle der Produkteigenschaften bei der Nanopartikel-Synthese	NST UDE; IUTA; IVG UDE	09.2009 - 01.2012
16199 N	Erhöhung der Lebensdauer von Brennstoffzellensystemen durch Ammoniak-Entfernung	ZBT	09.2009 - 02.2012
16211 N	Untersuchung zur Ertüchtigung von PKW-Kraftstoffdampf-Rückhaltesystemen für die Verwendung alternativer Kraftstoffe	FhG UMSICHT; FLT U Siegen	09.2009 - 02.2012
16200 N	Neuartige stabile Interpolymer-Anionentauschermembranen und Membran-Elektroden-Einheiten für alkalische Membranbrennstoffzellen, hergestellt ohne Verwendung kritischer Agentien und mit preiswerten Nichtedelmetall-Katalysatoren	ICVT Uni Stuttgart; ZSW	10.2009 - 09.2012
16325 N	Evaluierung der kathodenseitigen Schädigungsmechanismen durch partikuläre und gasförmige Luftschadstoffe mit Hilfe von elektrochemischen Messmethoden zur Standzeiterhöhung von PEM-Brennstoffzellen	ZBT; IUTA	10.2009 - 02.2012
16338 N	Weiterentwicklung des Mikro-Particle Image Velocimetry Analyseverfahrens zur Charakterisierung von Gasströmungen als neuartige Entwicklungsmethodik für Brennstoffzellen	ZBT; IUTA	12.2009 - 04.2012
16282 N	Entwicklung eines selektiven Adsorbens zur Entfernung von flüchtigen Methylsiloxanen aus methanhaltigen Gasen	FhG Umsicht	12.2009 - 05.2012
16337 N	Lageunabhängiges portables Energiesystem auf Basis einer Mikro-Direktmethanol Brennstoffzelle	ZBT; IMVT KIT; KWI DECHEMA	12.2009 - 05.2012
16369 N	Untersuchungen zur Entfernung organischer Spurenstoffe aus Abwasser durch den Einsatz von Plasmaverfahren	IAC UDE; IUTA	02.2010 - 06.2012
16324 N	Entwicklung eines lösemittelfreien und materialeffizienten Verfahrens zur Imprägnierung von Kunststoffen	FhG UMSICHT; FVT RU-Bochum	03.2010 - 02.2012
16590 N	Entwicklung und Erprobung eines Elektrolyseurs auf Basis der Hochtemperatur-PEM-Technologie	ZBT; ICVT Uni Stuttgart; FEM	06.2010 - 11.2012
16593 BG	Entwicklung von effizienten Beschichtungstechnologien und leistungsfähigen Elektrodenschichten für neuartige protonenleitende Mitteltemperatur-PEM-Brennstoffzellen (MT-PEMFC) / TP3	HIAT; FEM; FILK; KWI DECHEMA; ZSW; ZBT	06.2010 - 02.2013
364 ZN	Entwicklung und Herstellung eines thermoelektrischen Generators aus nanokristallinem Silizium unter Berücksichtigung ökologischer Gesichtspunkte	IUTA; NST UDE; SLV Duisburg	08.2010 - 01.2013
16633 N	Entwicklung eines Stickstoff-Detektors zur Überwachung des Anodenabgases von PEM-Brennstoffzellen	IPC HHU; ZBT	09.2010 - 05.2012
16723 N	Nährstoffgewinnung und Elimination von Spurenstoffen bei der thermokatalytischen Herstellung von Biokohle	IUTA; AWW TUHH	09.2010 - 02.2013
16561 N	Entwicklung eines wirkungsgradoptimierten Reformersystems für HT-PEM-Brennstoffzellenheizgeräte	ZBT	09.2010 - 02.2013
16594 N	Entwicklung und Bau eines Polymermembran-Brennstoffzellen-Stacks und eines Direktmethanol-Brennstoffzellen-Stacks unter Verwendung von neuartigen protonenleitenden Mitteltemperatur-Membranen	ET UDE; ZBT; ZSW; KWI DECHEMA	09.2010 - 02.2013

AiF-Vorh.-Nr.	Titel / Thema	Forschungsstellen	Laufzeit
16679 N	Bewertungsmodell und Methodenbaukasten für den Technologietransfer in Schwellenländer am Beispiel von dezentralen, regenerativen Energiewandlern für das Schwellenland Indien	BWL TU München	12.2010 - 03.2012
16634 BG	Entwicklung eines portablen NT-PEM-BZ-Systems mit integrierter H ₂ -Erzeugung aus Ameisensäure	ZBT; LIKAT	12.2010 - 11.2012
16589 N	Entwicklung eines hochwertigen Polymilchsäure-Naturfasercompounds zur Anwendung im Spritzgussverfahren (PLA-NF)	FhG Umsicht; Bionik HS Bremen	12.2010 - 01.2013
16793 N	Entwicklung von Filtertests zur Abbildung der Effizienz von Luftfiltern bei zunehmender Beladung mit Außenluft	IUTA; NPPT UDE	01.2011 - 12.2012
16958 N	Einsatz ionischer Flüssigkeiten als Elektrolyt in Li-Ionen-Zellen	ZBT; CRT CBI FAU Nürnberg	02.2010 - 07.2013
386 ZN	Schnellnachweis mikrobieller Kontaminationen auf inhomogen feuchten Oberflächen mittels Durchflussszytometrie und verflüssigbarer Probenahme-Matrix	IUTA; wfk; DIL	07.2011 - 06.2013
17242 N	Chemieparks als Service- und Kompetenzzentrum: Organisationsstrukturen, Geschäftsmodelle und Erfolgsfaktoren	BWL TU München	08.2011 - 11.2012
17201 N	Wandlungsfähigkeit in der Logistik als Vorbereitung von produzierenden KMU auf Nachhaltigkeitstrends	BWL TU München; Logistik TUHH	08.2011 - 01.2013
16959 N	Einsatz polymerbasierter Wärmeübertrager für den Einsatz in Meerwasserentsalzungsanlagen	TT Uni Bremen; LTV Uni Kaiserslautern; FhG IFAM	08.2011 - 07.2013
17247 N	Rückgewinnung von Wertmetallen aus wässrigen Reststoffströmen durch polyelektrolytfunktionalisierte Textilien und Zementation	IUTA; DTNW	08.2011 - 07.2013
17113 N	Entwicklung und Evaluierung eines Gesamtkonzepts für den Einsatz eines Flammenionisationsdetektors in der Flüssigchromatografie	IUTA; IAC UDE	08.2011 - 10.2013
17033 N	Entwicklung einer ultradünnen Si- bzw. Si ₃ N ₄ -basierten Mikro PEM Brennstoffzelle mit nanostrukturierten protonenleitenden Kanälen	ZBT; IMS CHIPS	08.2011 - 01.2014
17115 N	Entwicklung eines HT-PEM-Brennstoffzellenstacks mit integrierter Methanol-Reformierung auf Basis von Compound Material-Platten	ZBT	08.2011 - 01.2014
17176 BG	Entwicklung einer softwareunterstützten Methode zur ökotoxikologischen Rezepturoptimierung von Chemie- und Kunststoffprodukten	FhG UMSICHT; UFZ	08.2011 - 01.2014
17295 N	Entwicklung und Umsetzung neuer Filterdesigns mittels Ultrakurzpulslasern für Anwendungen in der Mikrofiltration	FhG UMSICHT	10.2011 - 03.2014
17361 N	Modell und Methodenbaukasten zur Nutzung bestehender, verborgener und impliziter Unternehmensressourcen zur Vermeidung und Bewältigung einer Unternehmenskrise	BWL TU München	01.2012 - 12.2012
407 ZBG	Entwicklung eines laseroptischen Geschwindigkeitssensors mit hoher Ortsauflösung zur Untersuchung von Gas- und Flüssigkeitsströmen in Verzweigungssystemen am Beispiel eines Brennstoffzellenstapels	ZBT, PMP TU D	01.2012 - 06.2014
17118 N VGB	Untersuchungen zur Technik der Rauchgasentschwefelung mit Meerwasser als Betriebsmedium und dem Schwerpunkt der gekoppelten Gewinnung von Strom und Trinkwasser	LU BCI TU Dortmund, IUTA, TVT UDE	01.2012 - 12.2013
406 ZBG	Entwicklung eines 300 W Wasserstofferzeugers auf Basis stickstofffreier partieller Oxidation	ZBT, FhG IKTS	01.2012 – 06.2014
17156 N	Untersuchung der Desorptions- und Absorptionsprozesse in ausgewählten Waschmitteln bei der CO ₂ -Abscheidung aus Kraftwerksrauchgasen mit Ramanspektrometrie	IUTA, TVT UDE, LTT RWTH Aachen	01.2012 – 12.2013
17497 N FAH	Entwicklung eines Raman-Detektors für flüssigchromatografische Anwendungen zur Charakterisierung komplexer pharmazeutischer Formulierungen	IUTA, IPC HHU	04.2012 – 06.2014

AiF-Vorh.-Nr.	Titel / Thema	Forschungsstellen	Laufzeit
434 ZN	Bestimmung optimaler Anpressdrücke in Brennstoffzellenstacks	ZBT, ITA RWTH	05.2012 – 04.2014
442 ZN	Entwicklung eines abgasbeheizten Reformers und Untersuchung des Motorverhaltens beim Einsatz der thermochemischen Rekuperation (TCR)	ZBT, IVG UDE	07.2012 – 06.2014
441 ZN	Grundlegende Untersuchungen des Einflusses der Brennstoffzusammensetzung auf die Partikelbildung, die Verschmutzung und die Hochtemperatur-Chlorkorrosion bei der Verbrennung biogener Festbrennstoffe zur Entwicklung eines Korrosionsminderungskonzepts	ES TUM, ExPhys I Uni Augsburg	07.2012 – 10.2014
17296 N	Ein neuartiges Stackkonzept für PEM-Brennstoffzellen zur Erhöhung der Leistungsdichte und zur Vereinfachung der kosteneffizienten Massenproduktion	ZBT	09.2012 – 02.2015
17516 N	Optimierung von mit Metalloxiden imprägnierten Aktivkohlen zur katalytischen Reduzierung von NOx- oder NH ₃ -Immissionen in Dünnschichtfiltern	IUTA, MPI KF	09.2012 – 08.2014
17185 N	Steigerung der Qualität von Reformat- und Rohbiogas durch CO ₂ -Abtrennung mittels Druckwasserwäsche in Membrankontaktoren	IUTA	09.2012 -08.2015
17360 BG	Entwicklung einer Hochtemperatur-PEM Brennstoffzelle mit keramischen Bipolarplatten auf Basis von Multilayerstrukturen	ZBT, FhG IKTS	09.2012 – 02.2015
17523 N	Erstellung einer validierten Stoffdatenbasis für die Auslegung und Optimierung nasser Abgasreinigungssysteme	IUTA, IAC UDE	10.2012 – 09.2013
448 ZN	Entwicklung einer über die LiGa-Technik integrierbaren Mikrobipolar-Elementanordnung mit minimalem Edelmetalleinsatz zur vereinfachten Auslegung und Herstellung selbstatmender Brennstoffzellenstapel für portable Elektronikanwendungen	ZBT, FEM, IMT KIT	10.2012 – 09.2014
17566 BG	Entwicklung eines Ansatzes zur CO ₂ -Footprint-Optimierung von Logistikstrukturen und -prozessen unter besonderer Berücksichtigung der e-mobility	BWL ULP TU München, ProdWi BTU	11.2012 – 04.2014
455 ZN	Verfahrensentwicklung eines variothermen Spritzgießprozesses zur Herstellung großdimensionierter Bipolarplatten für den Einsatz in reformatgespeisten Hochtemperatur PEM-Brennstoffzellen mit einer Nennleistung von mindestens 2 kWel. für KWK Anwendungen	ZBT, IPE UDE	11.2012 – 10.2014
461 ZN	Entwicklung einer Methode zur Zielkostenerreichung bei Technologiesprüngen in der Markteintrittsphase von Brennstoffzellensystemen durch Kombination von Produktklinik und exergo-ökonomischer Analyse	BWL ULP TU München, ZBT, E&U TU Berlin	12.2012 – 05.2014
450 ZN Dechema	Entwicklung eines Chip basierten Systems zur schnellen Erfassung der funktionellen Aktivität von Proteinen und deren Regulierung	IUTA, WGA BV TUM, IAC Leipzig	12.2012 – 02.2015

Institutskürzel

AUFH Uni Rostock

AWW TUHH

Bionik HS Bremen

BWL TU München

BWL ULP TU München

CRT CBI FAU Nürnberg

DIL

DTNW

EAN UDE

Name der Forschungsstelle

Universität Rostock , Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät Hochschule

Technische Universität Hamburg-Harburg, Institut für Abwasserwirtschaft und Gewässerschutz

Hochschule Bremen, Institut für Umwelt und Biotechnik

Technische Universität München, Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Logistik

Forschungsinstitut für Unternehmensführung, Logistik und Produktion, Technische Universität München

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Department Chemie- und Bioingenieurwesen, Lehrstuhl für Chemische Reaktionstechnik

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e. V., Quakenbrück

Deutsches Textilforschungszentrum Nord-West e. V., Krefeld

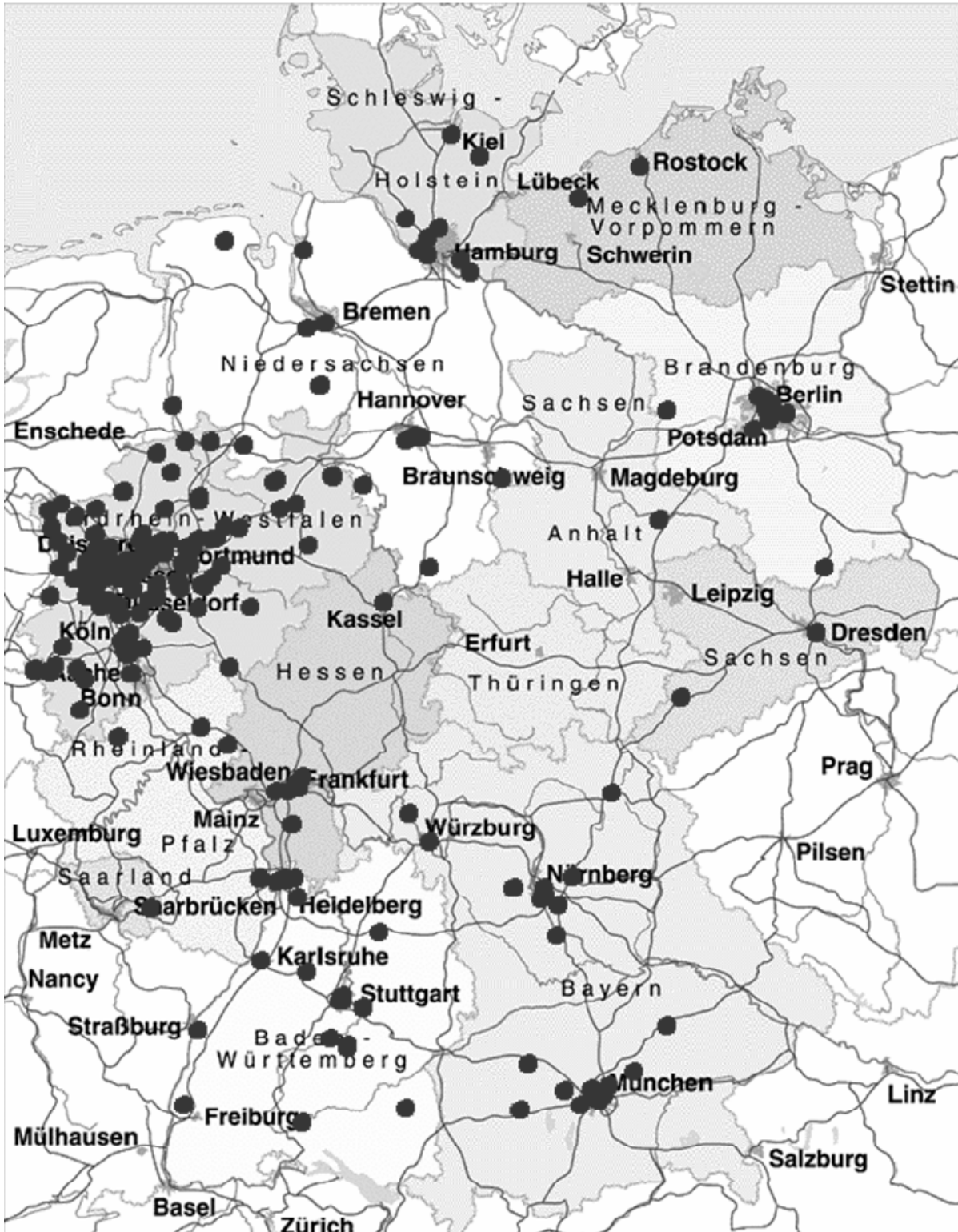
Fakultät Ingenieurwissenschaften, Elektrotechnik und Informationstechnik, Elektrische Anlagen und

Institutskürzel	Name der Forschungsstelle
ES TUM	Netze, Universität Duisburg-Essen
ET UDE	Lehrstuhl für Energiesysteme, TU München
E&U TU Berlin	Professur Energietechnik, Universität Duisburg-Essen, Abt. Maschinenbau
ExPhys I Uni Augsburg	Institut für Energietechnik, Fachgebiet Energietechnik und Umweltschutz, Technische Universität Berlin
FCB GH Siegen	Lehrstuhl für Experimentalphysik I, Universität Augsburg
FEM	Fachbereich Chemie - Biologie, Arbeitsgruppe Biochemie, Universität Siegen
FhG IFAM	fem Forschungsinstitut Edelmetalle und Metallchemie, Schwäbisch Gmünd
FhG IFAM Dresden	Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen
FhG UMSICHT	Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Dresden
FILK	Fraunhofer Institut Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik UMSICHT, Oberhausen
FhG IKTS	Forschungsinstitut für Leder und Kunststoffbahnen gGmbH
FLT U Siegen	Fraunhofer Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Hermsdorf
FVT RU-Bochum	Institut für Fluid- und Thermodynamik, Lehrstuhl Thermodynamik und Verbrennung, Universität Siegen
GFal	Lehrstuhl für Feststoffverfahrenstechnik, Ruhr-Universität Bochum
HAWK	Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e. V., Berlin
HIAT	Hochschule für Angewandte Wissenschaft und Kunst, Fachhochschule Hildesheim / Holzminden / Göttingen, Fakultät Ressourcenmanagement
IAC UDE	Hydrogen and Informatics Institute of Applied Technologies
IAC Leipzig	Instrumentelle Analytische Chemie, Universität Duisburg-Essen
ICVT Uni Stuttgart	Institut für Analytische Chemie, Universität Leipzig
IEF-2 FZJ	Universität Stuttgart, Institut für Chemische Verfahrenstechnik
IHA UK Essen	Institut für Werkstoffstruktur und -eigenschaften IEF-2, Forschungszentrum Jülich
IKFF Uni Stuttgart	Institut für Hygiene und Arbeitsmedizin, Universitätsklinikum Essen
IMS CHIPS	Institut für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik, Universität Stuttgart
IMT KIT	Institut für Mikroelektronik, Stuttgart
IMVT KIT	Institut für Mikrostrukturtechnik (IMT), Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
IPC HHU	Institut für Mikroverfahrenstechnik (IMVT), Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
IPE UDE	Institut für Physikalische Chemie, Flüssigphasen-Laserspektroskopie, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
IPK	Institut für Produkt Engineering, Universität Duisburg-Essen
ITA RWTH	Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung, Gatersleben
IUTA	Institut für Textiltechnik, RWTH Aachen
IVG UDE	Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V., Duisburg
IWTT TU Freiberg	Institut für Verbrennung und Gasdynamik, Universität Duisburg-Essen, Fakultät Ingenieurwissenschaften
KKM UDE	Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik, Lehrstuhl Hochtemperaturanlagen, TU Bergakademie Freiberg
KWI DECHEMA	Fakultät Ingenieurwissenschaften, IPR – Konstruktion und Kunststoffmaschinen, Universität Duisburg-Essen
LIKAT	DECHEMA e. V., Karl-Winnacker-Institut, Frankfurt am Main
LTT RWTH Aachen	Leibniz-Institut für Katalyse e. V. an der Universität Rostock
LTV Uni Kaiserslautern	Lehrstuhl für Technische Thermodynamik, RWTH Aachen
LUAT UDE	Lehrstuhl für Thermische Verfahrenstechnik, Universität Kaiserslautern
LU BCI TU Dortmund	Lehrstuhl für Umweltverfahrenstechnik und Anlagentechnik, Universität Duisburg-Essen
MPI KF	Lehrstuhl Strömungsmechanik, Fakultät Bio- und Chemieingenieurwesen, TU Dortmund
MVM GPS KIT	Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, Mülheim an der Ruhr
NPPT UDE	Institut für mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik, Bereich Gas-Partikel-Systeme (GPS), Karlsruher Institut für Technologie
NST UDE	Nanopartikel-Prozesstechnologie, Fakultät Ingenieurwissenschaften, Universität Duisburg-Essen
PC1 Uni Erlangen	Fachgebiet Nanostrukturtechnik, Universität Duisburg-Essen, Fakultät Ingenieurwissenschaften
PMP TU D	Lehrstuhl für Physikalische Chemie I, Universität Erlangen-Nürnberg
ProdWi BTU	Professur für Mess- und Prüftechnik, Technische Universität Dresden
	Lehrstuhl für Produktionswirtschaft, Brandenburgische Technische Universität Cottbus

Institutskürzel	Name der Forschungsstelle
SLV Duisburg	Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt SLV Duisburg
TT Uni Bremen	Technische Thermodynamik, Universität Bremen
TVT UDE	Lehrstuhl für thermische Verfahrenstechnik, Universität Duisburg-Essen, Fakultät Ingenieurwissenschaften
UA UDE	Institut für Umweltanalytik , Universität Duisburg-Essen, Fakultät Ingenieurwissenschaften
UFZ	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ gGmbH
wfk	wfk Cleaning Technology Institute e. V., Krefeld
WGA BV TUM	Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft, Technische Universität München
WZW TU München	Forschungszentrum Weihenstephan für Brau- und Lebensmittelqualität, Freising
ZBT	Zentrum für Brennstoffzellen gGmbH, Duisburg
ZSW	Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung Baden-Württemberg, Geschäftsbereich 3, Ulm

5.5 Forschungspartner und Auftraggeber

Das Institut ist bundesweit tätig, wobei der Fokus der Aktivitäten in Nordrhein-Westfalen liegt. Die Anzahl der aktiven Industriekooperationen liegt bei rd. 350.



© Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG), Frankfurt am Main, 2004

5.6 Mitarbeit in Ausschüssen und Arbeitskreisen

Prof. Dr.-Ing. D. Bathen

Vorsitzender des ProcessNet-Fachausschusses "Adsorption" (DECHEMA/VDI-GVC)
 Berufenes Mitglied ProcessNet-Arbeitskreis "Thermische Energiespeicherung"
 Obmann der VDI-Richtlinie 3674 "Abgasreinigung durch Adsorption"
 Obmann VDI-Richtlinie 3928 "Abgasreinigung durch Chemisorption"
 Berufenes Mitglied im Beirat des Instituts für Nichtklassische Chemie INC, Leipzig
 Berufenes Mitglied im Fachbeirat 1 der Kommission Reinhaltung der Luft (VDI-KRdL)

Dr.-Ing. St. Haep

Gutachter bei der „Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e. V. (AiF)"
 Mitglied im Wissenschaftlichen Beirat des Forschungsinstituts für Edelmetalle- und Metallchemie
 Berufenes Mitglied im ProcessNet-Fachausschuss „Gasreinigung“ (DECHEMA/VDI-GVC)
 Mitglied im wissenschaftlichen Beirat des ZBT GmbH
 Gutachter im 7. Rahmenprogramm der Europäischen Gemeinschaft

Dipl.-Ing. J. Schiemann

Mitglied im Richtlinienausschuss VDI 2343 „Recycling elektrischer und elektronischer Geräte“
 Mitglied im Normenausschuss VDI 2292 "Emissionsminderung bei Kühlgeräte-recyclinganlagen - Kennwerte für die Trockenlegung und Entgasung"

Dipl.-Volksw. G. Schöppe

Gutachter bei der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e. V. (AiF)

Prof. Dr.-Ing. K. G. Schmidt

Mitglied des Wissenschaftlichen Rates der „Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e. V. (AiF)" , Köln
 Gutachter der AiF, Köln
 Gutachter für Pro Inno Ost, Berlin
 Gutachter für die Shota Rustaveli National Science Foundation, Tiflis, Georgien

Prof. Dr.-Ing. H. Fissan

Ehrenmitglied der ProcessNet- Arbeitsgruppe "Partikelmesstechnik"
 Mitglied des Wissenschaftlichen Rates des BMBF-Projektes „InnoCNT“
 Sub-Koordinator des EU-Projektes „Nano-device“
 Fellow of American Association for Aerosol Research (AAAR)
 Fellow of International Aerosol Research Association (IARA)
 Ehrenmitglied der Gesellschaft für Aerosolforschung (GAeF)

Dr.-Ing. E. Erich

Gutachter bei der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e. V. (AiF)
 Mitglied der Fachgruppe "Katalyse" der DECHEMA
 Mitglied Arbeitsausschuss „Kleine und Mittlere Feuerungsanlagen“ im VDI und DIN-Normenausschuss

Dr. rer. nat. T. Kiffmeyer

Mitglied der DWA Arbeitsgruppe IG-2.14 „Krankenhausabwasser“
 Mitglied im Arbeitskreis DIN 12980 „Laboreinrichtungen - Zytostatika-Werkbänke - Anforderungen, Prüfung“
 Mitglied des Wissenschaftlichen Beirats des Norddeutschen Zytostatika Workshops NZW
 Gutachterin im 7. Rahmenprogramm der EU

Chair: ACHEMA Congress: Session “Laboratory and analytical techniques: Lab automation”, Frankfurt 21.06.2012

Dr. rer. nat. T. A. J. Kuhlbusch

Member of the European Committee for Standardization (CEN) CEN/TC 264/WG35
Chair: “Determination of airborne EC and OC”.

Mitglied im Arbeitskreis des VDI/DIN WG „EC/OC“

Mitglied im Arbeitskreis des VDI/DIN WG „Feinstaubmessungen“

Mitglied beim Zentrum für Wasser und Umweltforschung (ZWU) der Universität Duisburg-Essen

Mitglied des Vorstandes der GAeF (German Aerosol Foundation)

Beiratsmitglied VDI-GVC-Kompetenzfeld „Nanotechnik“

Mitglied bei Processnet – DECHEMA Arbeitskreis „Aerosole“

Mitglied der DECHEMA/VCI-Arbeitskreis „Responsible Production and Use of Nanomaterials“

Mitglied im EU Nanosafety-Cluster, Chair WG Exposure

Chair der WG Exposure in der US-EU Community of Research (CoR) zur Sicherheit von Nanotechnologien

Mitglied im EU NANOfutures ‘Safe & Sustainable’ key node

Deutscher Repräsentant im

Verwaltungsausschuss COST Aktion TD1105 „European Network on New Sensing

Technologies for Air-Pollution Control and Environmental Sustainability – EuNetAir“

Stellvertretender Vorsitzender des

Fachbereiches IV des KRdL im VDI/DIN

Vorsitzender des Vorstandes des

Fachbereiches IV des KRdL im VDI/DIN

Vorsitzender der deutschen Delegation CEN TC164

Externer Beirat des BMU/BAuA/BASF

Langzeitforschungsprojektes zur Sicherheit von Nanomaterialien

Beratendes Mitglied folgender

wissenschaftlicher Konferenzen:

Alexander von Humboldt Konferenz, German-American Frontiers of Engineering, March 28-31, 2012, Potsdam, Germany

Workplace and Indoor Aerosols Conference, Lund, Sweden, 19.-20. April 2012

AirMonTech Workshop on Future Air Quality Monitoring in Urban Areas, Barcelona, Spanien, 24-26 April 2012 (Koordinator)

10th International Symposium on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Applications, 23.-25. Mai 2012

Dr.-Ing. W. Mölter-Siemens

Mitglied im Normenausschuss ISO/TC

118/SC4/WG1 "Measurement of contaminants in compressed air and performance testing of compressed air equipment"

Dr. rer. nat. J. Türk

Mitglied im Normenausschuss Wasserwesen (NAW)

Mitglied der DWA Arbeitsgruppe 2.14

"Abwasser aus Krankenhäusern und anderen medizinischen Einrichtungen"

Mitglied im Zentrum für Wasser- und Umweltforschung (ZWU)

Mitglied im DIN-Arbeitskreises NA 119-01-03-05-09 „Hormonelle Wirkungen (Xenohormone)“

Dr.-Ing. C. Asbach

Berufenes Mitglied im Processnet FA

Partikelmessstechnik

Co-Chair der Working Group Instrumentation der European Aerosol Assembly

Editor der Fachzeitschrift “Aerosol & Air Quality Research”

International Scientific Committee Member der Fachkonferenz “Safety of Engineered Nanoparticles and Nanotechnologies“ in Helsinki

Mitglied der VDI DIN Arbeitsgruppe “Messen von Partikeln in der Außenluft – Bestimmung der Partikelanzahl“ in der KdRL

Mitglied des Arbeitskreises und nationalen DIN- Spiegelgremiums NA 095-03-01-01 AK „Staub“ zu CEN/TC WG137/WG3 (ab Anfang 2013)

Mitglied in der Gesellschaft für Aerosolforschung (GAeF)

Mitglied in der American Association for
Aerosol Research (AAAR)

Dipl.-Ing. A. Hugo

Mitglied im Richtlinienausschuss d.
Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im
VDI und DIN VDI 4285 Bl. 3
„Emissionsbestimmung bei diffuse Quellen“

Dr. rer. nat. A. John

Mitglied im Richtlinienausschuss d.
Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im
VDI und DIN "PM₁₀ and PM_{2,5} in strömenden
Gasen"

Dipl.-Ing. M. Vogt

Netzwerk Kraftwerkstechnik NRW, Cluster
EnergieRegion.NRW
Netzwerk Biomasse NRW,
EnergieAgentur.NRW
Gutachterin im 7. Rahmenprogramm der EU

5.7 Mitglieder des Verwaltungsrats des Instituts für Energie- und Umwelttechnik e. V.

Vorsitzender

Professor Dr.-Ing. Dieter Schramm,
Universität Duisburg-Essen

Stellvertreter

Ministerialrat a. D. Holger Ellerbrock (MdL)
Mitglied des Landtags, NRW

Professor Dr.-Ing. Bernd Neukirchen,
Kettwig

Berufene Mitglieder

Stadt Duisburg

Universität Duisburg-Essen

Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V.
(IUTA), Duisburg

Ministerium für Innovation, Wissenschaft,
Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen,
Düsseldorf

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,
Landwirtschaft, Natur- und
Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-
Westfalen, Düsseldorf

Niederrheinische Industrie- und
Handelskammer Duisburg-Wesel-Kleve,
Duisburg

Gewählte Mitglieder

Dr. Ralf Anselmann,
Evonik Degussa GmbH, Marl

Rainer Bischoff, MdL,
Deutscher Gewerkschaftsbund, Duisburg

Dr. Bertram Boehringer,
Blücher GmbH, Erkrath

Dipl.-Ing. Peter Bollig,
Kreis Weseler Abfallgesellschaft mbH & Co.
KG (KWA) Kamp-Lintfort

Dr. Frieder Dreisbach,
Rubotherm GmbH Bochum

MR a. D. Holger Ellerbrock,
Mitglied des Landtags, NRW

Dr. Carsten Hillmann,
DK Recycling und Roheisen GmbH, Duisburg

Dr. rer. nat. Günther Holtmeyer,
Oberhausen

Professor Dr.-Ing. Andrés Kecskeméthy,
Universität Duisburg-Essen

Dipl.-Ing. Leander Mölter,
PALAS® GmbH, Karlsruhe

Dr. Gerd Mützenich,
Grevenbroich

Professor Dr.-Ing. Bernd Neukirchen,
Kettwig

Dr. Hermann Josef Roos,
EGK Entsorgungsgesellschaft Krefeld GmbH
& Co. KG

Professor Dr.-Ing. Dieter Schramm,
Universität Duisburg-Essen

Dipl.-Ing. Georg Schürmann,
AAF Lufttechnik GmbH, Oberhausen

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.Ing. Dirk Sievert,
Aachen

Abgeordneter Karl Schultheis,
MdL Düsseldorf

Dr. Walter Steudle,
Schlaitdorf

Dr. Jürgen Timmler,
Parker Hannifin GmbH, Essen

Dr.-Ing. Ragnar Warnecke,
Gemeinschaftskraftwerke Schweinfurt

5.8 Mitglieder des IUTA e. V.

Juristische Mitglieder:

AAF Lufttechnik GmbH, Oberhausen
 Berner International GmbH, Elmshorn
 Befesa Zink Duisburg GmbH
 Blücher GmbH, Erkrath
 DK Recycling und Roheisen GmbH, Duisburg
 Deutsches Textilforschungszentrum Nord-West e. V., Krefeld
 Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e. V., Quakenbrück
 DRRI – Deutsches Reinraum-Institut e. V., Berlin
 EGK Entsorgungsgesellschaft Krefeld GmbH & Co. KG
 Evonik Degussa GmbH, Marl
 EMW Filtertechnik GmbH, Dietz
 FST GmbH, Essen
 Green Chiller Verband für Sorptionskälte e. V., Berlin
 Hochschule Niederrhein, Krefeld
 Hollingsworth & Vose GmbH, Hatzfeld / Eder
 Idealfilter GmbH, Wuppertal
 Kreis Weseler Abfallgesellschaft mbH & Co. KG, Kamp-Lintfort
 more-Cat GbR, Kamp-Lintfort
 National-Bank AG, Duisburg
 PALAS® GmbH, Partikel- und Lasermesstechnik, Karlsruhe
 Parker Hannifin GmbH, Hiross Zander Divison, Essen
 QVKE e. V., Grevenbroich
 Rubotherm GmbH, Bochum
 Stadtwerke Duisburg AG, Duisburg
 Stadt Duisburg

TROX GmbH, Goch

Technische Universität Kaiserslautern

Universität Duisburg Essen

Yokogawa Deutschland GmbH, Ratingen

Zentrum für Umwelt und Energie der Handwerkskammer Düsseldorf, Oberhausen

Zentrum für BrennstoffzellenTechnik ZBT GmbH, Duisburg

Persönliche Mitglieder:

Professor Dr.-Ing. Dieter Bathen, Duisburg

Dr.-Ing. Klaus Czeguhn (Ehrenmitglied), Düsseldorf

Professor Dr.-Ing. Rüdiger Deike, Greifarth

Dr. Stefan Dietzfelbinger, Niederrheinische Industrie- und Handelskammer Duisburg

Professor Dr. Walter Eberhard (Ehrenmitglied), Krefeld

Prof. Dr.-Ing. Heinz Fissan, Kerken

Nic Franssens, Wijk bij Duurstede

Professor Dr.-Ing. Rolf Gimbel, Universität Duisburg-Essen

Dr.-Ing. Stefan Haep, Dinslaken

Dr. rer. nat. Günther Holtmeyer, Oberhausen

Dr. Herbert Krämer (Ehrenmitglied), Düsseldorf

Dipl.-Ing. Udo Kraft, Twistringen

Alt-OB Josef Krings (Ehrenmitglied), Duisburg

Dr.-Ing. Thomas Leclair, München

Professor Dr.-Ing. Bernd Neukirchen, Essen

Hermann Obeloer, COB Consulting Mülheim

Professor Dr.-Ing. Helmut Sanfleber (Ehrenmitglied), Aachen

Dipl.-Ing. Heinz Peter Schacky, Duisburg

Dipl.-Ing. Jochen Schiemann, Duisburg

Professor Dr.-Ing. Frank Schmidt, Universität
Duisburg-Essen

Professor Dr.-Ing. Klaus Gerhard Schmidt,
Kleinmachnow

Professor Dr.-Ing. Dieter Schramm, Stuttgart

Dipl.-Volksw. Günter Schöppe, Meerbusch

Dr. Walter Steudle, Schlaitdorf

Dipl.-Ing. H. K. von Unger (MdL), Duisburg

Dr.-Ing. Ragnar Warnecke, Prosselsheim

Professor Dr. G. Zimmer, Duisburg

**Mitglieder Bereich Industrielle
Gemeinschaftsforschung:**

Abfallentsorgungs- und
Altlastenaufbereitungsverband NRW,
Hattingen

Bundesvereinigung Deutscher Stahl-, Recy-
cling- und Entsorgungsunternehmen e. V.,
Düsseldorf

Bundesverband Sekundärrohstoffe und
Entsorgung e. V., Bonn

CUTEC Institut GmbH, Clausthal-Zellerfeld

Deutsche Gesellschaft für Abfallwirtschaft
e. V., Berlin

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik
e. V., Quakenbrück

Deutsches Textilforschungszentrum Nord-
West e. V., Krefeld

Professor Dr.-Ing. Hans Fahlenkamp, Krefeld

Forschungsinstitut für Edelmetalle und
Metallchemie, Schwäbisch Gmünd

Forschungsinstitut für Tief- und
Rohrleitungsbau Weimar e. V.

Fraunhofer IFAM , Bremen

Fraunhofer I K T S, Hermsdorf

Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits-
und Energietechnik UMSICHT, Oberhausen

Gesellschaft zur Förderung angewandter
Information e. V., Berlin

HIAT gGmbH, Schwerin

Dr. rer. nat. Günther Holtmeyer, Oberhausen

Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH,
Dresden

Institut für Physikalische Chemie, Heinrich-
Heine-Universität Düsseldorf

Kreis Weseler Abfallgesellschaft mbH & Co.
KG, Kamp Lintfort

K-UTEC AG Salt Technologies, Sonders-
hausen

Leibnitz-Institut für Katalyse e. V. an der
Universität Rostock, Rostock

Dipl.-Ing. Gerald Menzler, VIK
Energieberatung GmbH, Essen

Netzwerk ZENIT e. V., Mülheim an der Ruhr

Professor Dr.-Ing. Bernd Neukirchen, Essen

Oel-Wärme-Institut GmbH, Herzogenrath

PALAS® GmbH, Karlsruhe

Parker Hannifin GmbH, Hiross Zander
Divison, Essen

RWTH Aachen, Lehrstuhl für Technische
Thermodynamik, Aachen

Technische Universität München, Lehrstuhl
für Energiesysteme

Technische Universität München, Lehrstuhl
für Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt
Logistik

TCW GmbH & Co. KG, Transfer
Centrum München

TuTech Innovation GmbH, Hamburg

Universität Bremen, Technische
Thermodynamik

Universität Duisburg-Essen, Lehrstuhl
Energietechnik, Duisburg

Universität Duisburg-Essen, Institut für
Produkt Engineering, Duisburg

Universität Duisburg-Essen, Lehrstuhl
Thermische Verfahrenstechnik, Duisburg

Universität Duisburg-Essen, Institut für
Verbrennung und Gasdynamik, Duisburg

Universität Siegen, Lehrstuhl für Energie- und
Umweltverfahrenstechnik, Siegen

Verein zur Förderung der Umwelt-, Sicher-
heits- und Energietechnik e. V., Oberhausen

Verein zur Förderung des Zentrums für
Brennstoffzellentechnik e. V., Duisburg

Dr.-Ing. Ragnar Warnecke,
Gemeinschaftskraftwerk Schweinfurt

Professor Dr.-Ing. Udo Werner, Reckling-
hausen

wfk Forschungs-Institut für
Reinigungstechnologie e. V. Krefeld

Zentrum für BrennstoffzellenTechnik ZBT
GmbH, Duisburg

5.9 Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirates des Instituts für Energie- und Umwelttechnik e. V.

Vorsitzender

Dipl.-Ing. Heinrich Kohl, COFELY
Deutschland GmbH, Bochum

Mitglieder

Thomas Badenhop, Vaillant GmbH,
Remscheid

Professor Dr.-Ing. Dieter Bathen, Universität
Duisburg-Essen

Dr. Wolfgang Berger, Forschungsinstitut für
Tief- und Rohrleitungsbau Weimar e. V.

Dipl.-Ing. Peter Bollig, Kreis Weseler
Abfallgesellschaft, Kamp-Lintfort

Dr. Willi Braunschädel, Standardkessel
Baumgarte Contracting GmbH, Duisburg

Professor Dr.-Ing. Otto Carlowitz, CUTEC
Institut GmbH, Clausthal-Zellerfeld

Professor Dr.-Ing. Rüdiger Deike, Grefrath

Professor Dr.-Ing. GÖrge Deerberg,
Fraunhofer-Institut UMSICHT, Oberhausen

Dr. Stefan Engel, BASF Ludwigshafen

Professor Dr.-Ing. Hans Fahlenkamp, Krefeld

Dipl.-Ing. Peter Felwor, Stadtwerke Duisburg
AG

Dr. Renate Freudenberger, Forschungs-
institut für Edelmetalle und Metallchemie,
Schwäbisch-Gmünd

Dr. Karl-Josef Geueke, Landesamt für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz NRW, Essen

Professor Dr.-Ing. Rolf Gimbel, Mülheim

Dr. Heike Glade, Universität Bremen

Professor Dr. Roger Gläser, Institut für
Nichtklassische Chemie e. V., Leipzig

Dipl.-Ing. H.-J. Haustein, Wesel

Dipl.-Ing. Ralf Heidenreich, Institut für Luft-
und Kältetechnik gGmbH, Dresden

Dr. Peter Heinrich, Blücher GmbH, Erkrath

Professor Dr. rer. nat. Angelika Heinzel,
Zentrum für BrennstoffzellenTechnik ZBT
GmbH, Duisburg

Dr. Bernd Heiting, Krefeld

Dipl.-Ing. Thomas Hinrichs, Berner
International GmbH, Elmshorn

Dr. rer. nat. Günther Holtmeyer, Oberhausen

Dipl.-Ing. Gerhard Knoch, Abfallentsorgungs-
und Altlastenaufbereitungsverband NRW,
Hattingen

Dr. Frank Koch, EnergieAgentur NRW,
Düsseldorf

Dipl.-Ing. Heinrich Kohl, COFELY
Deutschland GmbH, Bochum

Dr.-Ing. Ulrich Lohmann, Hitachi Power
Europe GmbH, Duisburg

Dipl.-Ing. (FH) Andreas Machmüller, MCRT
Heuchelheim

Dipl.-Ing. Gerald Menzler, VIK
Energieberatung GmbH, Essen

Dipl.-Ing. Leander Mölter, PALAS® GmbH,
Karlsruhe

Dr. Gerd Mützenich, Grevenbroich

Professor Dr.-Ing. Bernd Neukirchen, Essen

Dipl.-Ing. Michael Nolden, ZENIT GmbH,
Mülheim an der Ruhr

Dr. Martina Peters, Bayer Technology
Services Leverkusen

Dipl.-Ing. Ulrich Platthaus, 3 M Deutschland
GmbH, Neuss

Dr. Helmut Rode, E.ON Energie AG,
Gelsenkirchen

Dr. rer. nat. hab. Thomas Probst,
Bundesverband Sekundärrohstoffe und
Entsorgung e. V., Bonn

Dr. Hermann Josef Roos,
Entsorgungsgesellschaft Krefeld GmbH & Co.
KG, Krefeld

Dr. Hans-Werner Rösler, CUT Membrane
Erkrath

Dr.-Ing. Hans Roth, Duisburg

Dipl.-Ing. Manfred Sauer-Kunze, GEA Delbag
Lufttechnik GmbH, Herne

Professor Dr.-Ing. Klaus Gerhard Schmidt,
Kleinmachnow

Professor Dr. C. Torsten Schmidt, Universität
Duisburg-Essen

Professor Dr. Winfried Schmidt, Deutsche
Gesellschaft für Membrantechnik, Münster

Dr. Bernd Schultheis, K-UTEC Salt
Technologies, Sondershausen

Professor Dr. rer. nat. Christof Schulz,
Universität Duisburg-Essen

Dipl.-Ing. Georg Schürmann, Air Filter
Europe, Reken

Hans-Michael Schuster, Donaldson Filtration
Deutschland GmbH, Haan

Dr. Michael Schwake, Deutsche
Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück

PD Dr. Mischa Seiter, IPRI gGmbH, Stuttgart

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtschaftsing. Dirk Sievert,
Aachen

Dr. Walter Steudle, Schlaitdorf

Dr.-Ing. Dirk Sunderer, Yokogawa
Deutschland GmbH, Ratingen

Professor Dr.-Ing. Mathias Ulbricht,
Universität Duisburg-Essen

Dr.-Ing. Ragnar Warnecke,
Gemeinschaftskraftwerk Schweinfurt

Professor Dr. rer. nat. Harald Weber,
Hochschule Niederrhein, Krefeld

Professor Dr.-Ing. Eckhard Weidner,
Fraunhofer-Institut UMSICHT, Oberhausen

Harald Weiten, Weiten Industrie-Service
GmbH & Co. KG, Wallenhorst

Professor Dr.-Ing. Udo Werner,
Recklinghausen

Professor Dr.-Ing. habil. Gerd Witt,
Universität Duisburg-Essen

Univ.-Professor Dr. Dr. h.c. mult. Horst
Wildemann, Technische Universität
München, Lehrstuhl für Betriebswirtschafts-
lehre mit Schwerpunkt Logistik

Ständige Gäste

MinR Klaus Sachs, Ministerium für
Innovation, Wissenschaft und Forschung des
Landes NRW, Düsseldorf (Gast)

Dr. Andreas Wecker, VGB PowerTech e. V.,
Essen (Gast)

5.10 Mitglieder des Fördervereins des Instituts für Energie- und Umwelttechnik e. V.

Vorsitzender

Dipl.-Ing. Leander Mölter,
PALAS® GmbH, Karlsruhe

Stellvertreter

Dr. Walter Steudle,
Schlaitdorf

Geschäftsführer

Dr.-Ing. Stefan Haep,
IUTA, Duisburg

Mitglieder

Professor Dr.-Ing. Dieter Bathen, Duisburg
Professor Dr.-Ing. Rüdiger Deike, Greiffrath
Dr.-Ing. Stefan Haep, Dinslaken
Dr. rer. nat. Günther Holtmeyer, Oberhausen
Dr.-Ing. Thomas Leclair, Gilching
Professor Dr.-Ing. Bernd Neukirchen, Kettwig
Dipl.-Ing. Jochen Schiemann, Duisburg
Professor Dr.-Ing. Frank Schmidt, Duisburg
Professor Dr.-Ing. K. G. Schmidt, Berlin
Dipl.-Volksw. Günter Schöppe, Meerbusch

Dr.-Ing. Dieter Schramm, Stuttgart
Dr. Walter Steudle, Schlaitdorf
Dr.-Ing. Ragnar Warnecke, Schweinfurt

AAF Lufttechnik GmbH, Oberhausen
BEFESA Zinc Duisburg GmbH, Duisburg
Berner International GmbH, Elmshorn
Blücher GmbH, Erkrath
DK Recycling und Roheisen GmbH, Duisburg
EGK Entsorgungsgesellschaft, Krefeld
Evonik Degussa GmbH, Marl
EMW Filtertechnik GmbH, Dietz
FST GmbH, Essen
Idealfilter GmbH, Wuppertal
Kreis Weseler Abfallgesellschaft mbH & Co.
KG, Kamp-Lintfort
PALAS® GmbH, Partikel- und
Lasermesstechnik, Karlsruhe
Parker Hannifin GmbH, Essen
Rubotherm GmbH, Bochum
Stadt Duisburg
Stadtwerke Duisburg AG, Duisburg
TROX GmbH, Goch
Universität Duisburg-Essen
Zentrum für BrennstoffzellenTechnik ZBT
GmbH, Duisburg

5.11 Wegbeschreibung zum IUTA

Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V. (IUTA)

Bliersheimer Str. 58 - 60

D-47229 Duisburg

Telefon +49 (0)2065 418 0

Ergänzender Hinweis für den Einsatz von Navigationssystemen:
Stadtteil Rheinhausen bzw. Friemersheim anwählen

Anfahrt mit dem PKW:

Von Essen, Oberhausen, Köln über die A40 Richtung Venlo, bei der Anschlussstelle DU-Homberg abfahren in Richtung Rheinhausen.

Von den Flughäfen Düsseldorf oder Köln über die A57 bis zur Anschlussstelle Krefeld-Gartenstadt, abfahren in Richtung Krefeld-Uerdingen, B509, dann die B57 in Richtung Moers bis Duisburg-Rumeln fahren, dann weiter bis Rheinhausen Mitte.

In Rheinhausen der Friedrich-Ebert-Straße folgen, über die Bahnbrücke bis zur nächsten Ampelkreuzung (Bismarckstraße/Gaterweg) und weiter geradeaus in den Gaterweg und damit in das Logport-Gelände hineinfahren (unter einer Brücke hindurch). Am ersten Kreisverkehr geradeaus, am zweiten Kreisverkehr rechts fahren (Bliersheimer Str.). IUTA finden sie nach 200 m auf der linken Seite. Von den Autobahnen bis zum IUTA sind es ca. 6 - 10 km, für die ca. 10 Minuten benötigt werden.

Anfahrt mit öffentlichen Verkehrsmitteln:

Die Bushaltestelle „Duisburg Logport Center“ befindet sich direkt gegenüber von IUTA. Die Buslinie 914 verkehrt vom Bahnhof Rheinhausen mehrmals täglich an Werktagen, Richtung: „Logport Center“, aussteigen an Haltestelle „Logport Center“, weitere Infos auch unter www.vrr.de.

Taxi vom Duisburger Hauptbahnhof zu IUTA (Preis ca. 13 €)

Taxi vom Bahnhof Rheinhausen zu IUTA (Preis ca. 6 €)

Fußweg:

Vom Bahnhof-Rheinhausen: Bahnhofvorplatz überqueren, in die Walther-Rathenau-Straße bis zum Walther-Rathenau-Platz gehen, weiter bis zur Bismarckstraße. Dort links abbiegen bis zur Ecke Friedrich-Ebert-Straße / Gaterweg. Dem Gaterweg in das Logport-Gelände hinein folgen. Am ersten Kreisverkehr weiter geradeaus, am zweiten Kreisverkehr rechts zu IUTA. Man muss mit etwa einer halben Stunde Fußweg rechnen.

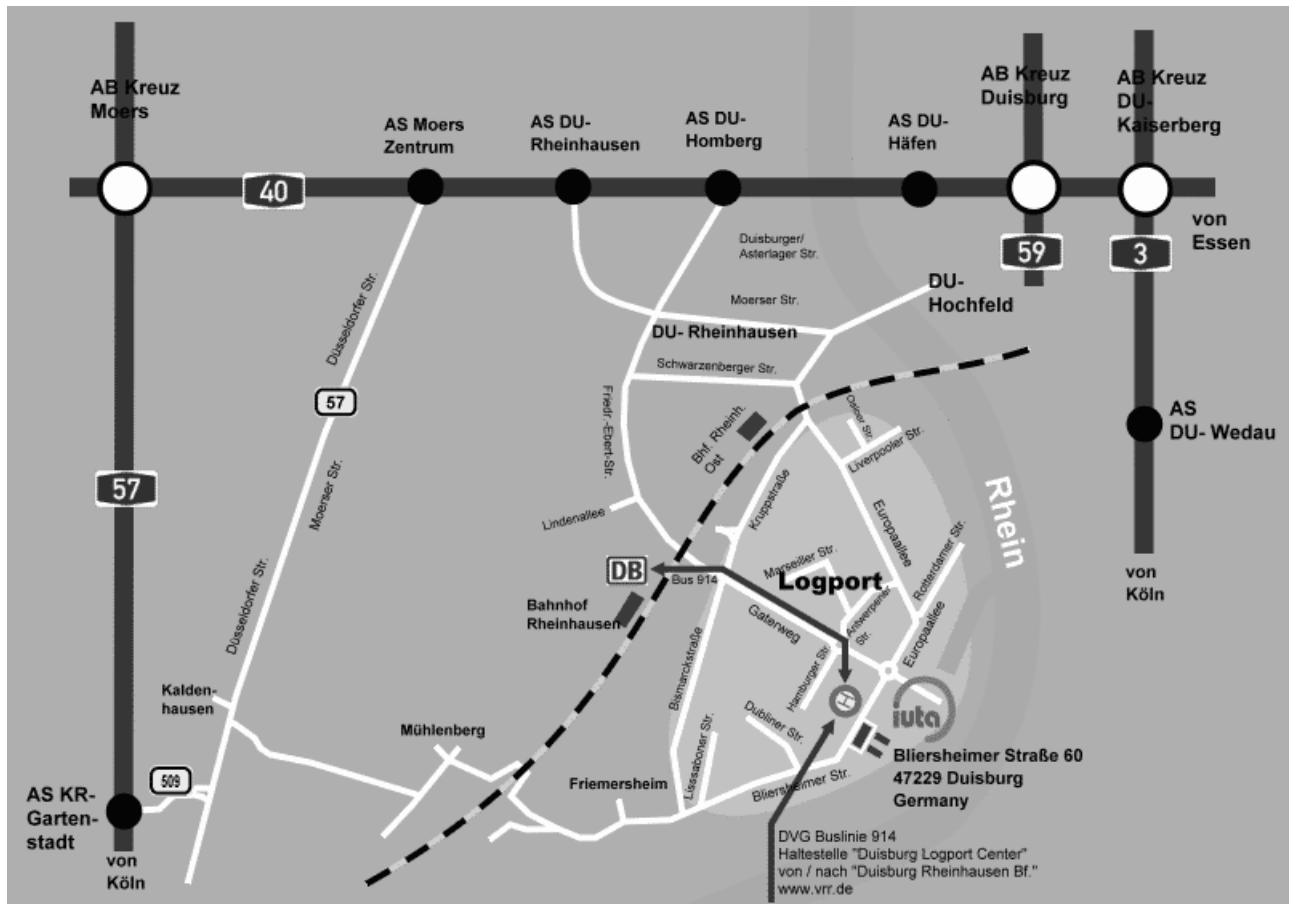


Abbildung 5.1: Skizze IUTA und Umgebung