

TÄTIGKEITSBERICHT 2010

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

**Institut an der
Universität Duisburg – Essen**



TÄTIGKEITSBERICHT 2010

1	Vorwort.....	7
2	Organisation, Arbeitsweise und Geschäftsverlauf.....	9
2.1	Organisation und Arbeitsweise.....	9
2.2	Geschäftsverlauf.....	10
2.3	Förderverein des Instituts für Energie- und Umwelttechnik e. V. (FVEU)	14
2.4	Industrielle Gemeinschaftsforschung	15
3	Kompetenzen der Bereiche - expertise of departments	16
4	Arbeitsschwerpunkte und technische Ausstattung der Bereiche	31
4.1	Luftreinhaltung & Prozessaerosole.....	31
4.1.1	Partikelabscheidung in Probenahmeleitungen unter Berücksichtigung von turbulenter Diffusion, Thermophorese und Kondensation	31
4.1.2	Kombinierte CFD/Monte-Carlo Methode zur Kontrolle der Produkteigenschaften bei der Nanopartikel-Synthese	32
4.1.3	Feinstpartikelabscheidung für Hochtemperaturprozesse unter Nutzung aktiver und passiver, thermisch induzierter Potenzialfelder	35
4.1.4	Entwicklung einer Schnellmethode zur Überprüfung der Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen im Rahmen der betrieblichen Eigenkontrolle	37
4.1.5	Verhalten von Quecksilber in der Gaswäsche.....	38
4.1.6	Technikumsversuche zur Abscheidung von CO ₂ aus Kraftwerksrauchgasen - Vergleich von Membrankontaktoren und strukturierten Packungen.....	40
4.2	Luftreinhaltung & Filtration.....	44
4.2.1	Zentrum für Filtrationsforschung und funktionalisierte Oberflächen in NRW - ZF ³	44
4.2.2	Filterprüfzentrum.....	52
4.2.3	Adsorption von Stickoxiden an katalytisch wirkenden Adsorbentien	55
4.2.4	Untersuchung der Filtereffizienz von Luftfiltern unter besonderer Berücksichtigung der elektrophoretischen Abscheidung	56
4.2.5	Test von Luftwäschern und einem Luftreiniger zur Beurteilung der Abscheidung von Zigarettenrauch.....	58
4.3	Luftreinhaltung & Nachhaltige Nanotechnologie	60
4.3.1	nanoGEM "Nanostrukturierte Materialien- Gesundheit, Exposition und Materialeigenschaften"	60
4.3.2	European Network on the Health and Environmental Impact of Nanomaterials – NanoImpactNet – FP7	62

4.3.3	Umweltrisiken von Nanomaterialien: Untersuchung des Verhaltens ausgewählter Nanomaterialien unter Umweltbedingungen in Abhängigkeit von Form, Größe und Oberflächengestaltung.....	62
4.3.4	Mobilität, Verhalten und Verbleib von Nanomaterialien in den verschiedenen Umweltmedien	64
4.3.5	Experimental and Numerical Simulation of the Fate of Airborne Nanoparticles from a Leak in a Manufacturing Process to Assess Worker Exposure	65
4.3.6	CarboSafe Sicherheit, Gesundheit und Qualität im Umgang mit CNT.....	66
4.3.7	Materialeigenschaften von CNT Materialien, Freisetzung und Verhalten in der Umwelt.....	67
4.3.8	Bestimmung der Konzentration eventuell gesundheitlich relevanter alternativer PM-Indikatoren.....	69
4.3.9	Technologien zur Luftqualitätsüberwachung in städtischen Gebieten	71
4.3.10	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	72
4.3.11	ENERGEO: Verfahren zur globalen Verfolgung der Auswirkungen von Änderungen im Energiesektor	73
4.4	Umwelthygiene	74
4.4.1	IUTA - Fortbildungen – Diskussion und Transfer von Forschungsergebnissen.....	74
4.4.2	Innovative Plasmatechnik zur Erzeugung photokatalytisch aktiver, hybrider Schichten - Plaskat	74
4.4.3	Untersuchungen zur Beschichtung von Glasfasergeweben mit photoaktiven Nanomaterialien.....	76
4.5	Technische Thermodynamik & Gasaufbereitung.....	79
4.5.1	Erarbeitung eines PAK-Schnellerkennungsverfahrens zur Abfalluntersuchung	79
4.5.2	Weiterentwicklung eines neuartigen Dampf-Reformers für die Hausenergieversorgung.....	80
4.5.3	Nachhaltiges dezentrales Holzvergaserkraftwerk mit gekoppelter Mikrogasturbine (DeHo-Gas).....	82
4.5.4	Alkalikarbonatwäsche für die Entfernung von Kohlendioxid aus Rauchgasen fossil befeuerter Kraftwerke	85
4.5.5	Rückführung von anthropogenen CO ₂ -Emissionen in den natürlichen Kohlenstoffkreislauf mittels Kalkprodukten	87
4.6	Energieversorgung & Wasserstoff-Technologie	90
4.6.1	Kathodenseitige Schädigungsmechanismen durch partikuläre und gasförmige Luftschadstoffe	90

4.6.2	Wandlung von Abwärme in elektrische Energie – Entwicklung und Herstellung eines thermoelektrischen Generators aus nanokristallinem Silizium.....	91
4.6.3	Messgerät für automatische Langzeit-Zykliertests zur praxisrelevanten Bewertung von Gasspeichermaterialien	93
4.6.4	Natriumalanat-Wasserstoffspeicher aus stranggepresstem Aluminium-Profil	94
4.6.5	Brenngaserzeugung aus Abfällen der Biodieselproduktion für die Verwertung in einem Verbrennungsmotor - Reformierung mit überkritischem Wasser.....	96
4.6.6	Entwicklung eines stationären Brennstoffzellensystems auf Basis Hochtemperatur-PEM zur Bereitstellung von Strom, Wärme und Kälte“	98
4.6.7	Entwicklung organischer flexibler Solarzellen durch Porphyrin- und CNT-Funktionalisierung textiler Oberflächen - OSoPo	100
4.7	Nano-Energie- & Nanopartikelsynthese	102
4.7.1	NanoEnergieTechnikZentrum (NETZ) Funktionale Nanopartikel-Kompositmaterialien für energietechnische Anwendungen.....	102
4.7.2	Wandlung von Abwärme in elektrische Energie – Entwicklung und Herstellung eines thermoelektrischen Generators aus nanokristallinem Silizium.....	106
4.7.3	Nanostrukturierte Materialien – Gesundheit, Exposition und Materialeigenschaften .	108
4.7.4	In-situ Temperaturmessungen am Flammenreaktor mittels Laserdiagnostik	109
4.8	Messstelle.....	111
4.8.1	Leistungsspektrum der Messstelle	111
4.9	Forschungsanalytik.....	116
4.9.1	Entwicklung eines Verfahrens zur Authentizitätskontrolle	116
4.9.2	Erfassung der enzymatischen Aktivität von Hausstaub.....	118
4.9.3	Entwicklung eines multidimensionalen HPLC-Verfahrens.....	119
4.9.4	Untersuchung der Katalysatorregenerierung unter dem Einfluss oxidierender und reduzierender Atmosphären bei Biomassevergasungsverfahren.....	121
4.9.5	Chemische und toxikologische Evaluierung von Transformationsprodukten bei der oxidativen Abwasserbehandlung	122
4.9.6	Energieeffiziente Eliminierung von persistenten Pharmazeutika aus Abwässern mittels eines schadstoffabhängig gesteuerten Oxidationsverfahrens (EPASGO)	124
4.9.7	Elimination von Spurenstoffen	125
4.9.8	Dienstleistungen	127
4.10	Entsorgungszentrum	128
4.10.1	Zerlegebetrieb.....	128
4.10.2	„Girls'Day“ 2010.....	129
4.10.3	Rückgewinnung von Indium, Gallium und Germanium aus Elektronikschrott	130

4.10.4	Entwicklung einer Demontagewerkbank für die gefahrenminimierte Sekundärrohstoffgewinnung aus der Zerlegung von LCD-Bildschirmgeräten	131
4.10.5	Feldversuch an ausgewählten genehmigten Kühlgeräte-recyclinganlagen in Deutschland - Ermittlung der zurück gewonnenen FCKW/ HFKW-Mengen.....	132
4.11	Wasser-Prozess-Technik.....	134
4.12	Industrielle Gemeinschaftsforschung.....	136
5	Anhang	138
5.1	Vorträge 2010	138
5.2	Veröffentlichungen 2010	145
5.3	Poster 2010	149
5.4	Vorträge und Besuche internationaler Gäste bei IUTA.....	153
5.5	Forschungsprojekte der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) der Forschungsvereinigung Umwelttechnik im Jahr 2010	154
5.6	Forschungspartner und Auftraggeber	158
5.7	Mitarbeit in Ausschüssen und Arbeitskreisen	159
5.8	Mitglieder des Verwaltungsrats des Instituts für Energie- und Umwelttechnik e. V.....	162
5.9	Mitglieder des IUTA e. V.....	163
5.10	Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirates des Instituts für Energie- und Umwelttechnik e. V.	165
5.11	Mitglieder des Fördervereins des Instituts für Energie- und Umwelttechnik e. V.....	167
5.12	Wegbeschreibung zum IUTA.....	168

1 Vorwort

Wirtschaftsaufschwung, steigende Exporte, sinkende Arbeitslosenzahlen, das waren die Schlagworte des Jahres 2010 für Deutschland und die deutsche Wirtschaft. Die Prognosen für 2011 sind positiv, aber dennoch sollten wir uns nicht allzu beruhigt zurücklehnen. Es gibt eine Reihe von Herausforderungen, bei denen wir in Deutschland noch keine wirklich zukunftsfesten Lösungen gefunden haben, sondern die öffentliche Debatte häufig von einer gewissen Schizophrenie geprägt zu sein scheint.

Wir reden über Innovation, aber immer wenn es um Risiken geht, plädieren wir schnell für das Altbekannte. Wir betonen den Wissensstandort Deutschland, haben aber noch keine Konzepte, wie wir den wissenschaftlich-technischen Nachwuchs für die nächsten Jahrzehnte optimal und in ausreichender Anzahl ausbilden wollen. Diese Liste ließe sich beliebig fortführen und zieht sich von großen gesellschaftlichen Fragestellungen bis in die Detailfragen der Energie- und Umwelttechnik.

Ein Beispiel aus unserer täglichen Arbeit: Da identifizieren wir im allgemeinen großen Konsens von Politik, Behörden und Bevölkerung Quecksilber als den Schadstoff, dessen Emissionen z. B. aus Müllverbrennungsanlagen man drastisch reduzieren sollte; gleichzeitig kaufen wir als Konsumenten immer größere, noch brillantere Fernsehbildschirme (mit noch mehr Quecksilber haltigen Hintergrundröhren) und noch mehr (Quecksilber haltige) Energiesparlampen. Und wo landen diese Bauteile nach ihrer Nutzung? Vermutlich trotz aller gegenteiligen Vorschriften zu einem erheblichen Anteil in einer Müllverbrennungsanlage ...

Und genau hier liegt eine der Stärken des IUTA. Wir befassen uns ideologiefrei und ganzheitlich mit den aktuellen Problemstel-

lungen. Bleiben wir beim Beispiel Quecksilber: Im Entsorgungszentrum untersuchen wir das umweltschonende und für die Mitarbeiter sichere Recycling von Elektronikschrott (z. B. Flachbildschirmen) und erfassen dabei alle Fraktionen, die Quecksilber enthalten. Im Bereich Luftreinhaltung und Prozessaerosole optimieren wir Wäscher für das Abgas von Verbrennungsanlagen zur Minimierung der Quecksilberemissionen. Beispiel Nanotechnologie: Im Bereich Nanopartikelsynthese entwickeln wir Nanopartikel, mit denen die Effizienz energietechnischer Aggregate (z. B. Batterien, Solarzellen, ...) gesteigert werden kann. Im Bereich Luftreinhaltung und Nachhaltige Nanotechnologie befassen wir uns mit den Risiken der Nanotechnologie und entwickeln z. B. personengetragene Messgeräte zum Schutz von Arbeitern in nanotechnologischen Anlagen.

Dieses ganzheitliche Konzept in Verbindung mit der Fokussierung auf die fünf Leitthemen

- Aerosole & Feinstaub
- (Nachhaltige) Nanotechnologie
- Funktionalisierte Oberflächen
- Zukünftige Energieversorgung
- Hochtoxische Substanzen

erwies sich auch im Jahr 2010 als sehr tragfähig.

Besondere Herausforderungen bildeten 2010 der Neubau des Hallenkomplexes für das Zentrum für Filtrationsforschung und funktionalisierte Oberflächen, umfangreiche Sanierungsmaßnahmen im Bereich des Entsorgungszentrums sowie die Integration der AiF-Mitgliedsvereinigung VEU e. V. in den IUTA e. V. Diese Ereignisse schlagen sich deutlich in den Geschäftszahlen nieder, so dass diese nur bedingt mit den Zahlen des Vorjahres verglichen werden können. Insgesamt erzielte der IUTA e. V. wie in den Vorjahren ein zufriedenstellendes Ergebnis mit einem leichten Überschuss bei einer stabilen Entwicklung der Mitarbeiterzahl. Eine detaillierte Analyse hierzu finden Sie in Kapitel 2.

Insgesamt erwies sich, wie in den Vorjahren, die Mixtur aus einigen wenigen Großprojekten und einer Vielzahl von kleinen und mittleren Projekten als sehr krisensicher. Für das Jahr 2011 erwarten wir eine stabile Projektlage und blicken optimistisch in die Zukunft, d. h. wir gehen von einer weiterhin positiven Entwicklung von Umsatz und Mitarbeiterzahl aus.

Die Wahrnehmung des Instituts und seiner Mitarbeiter im nationalen und internationalen Umfeld verbessert sich weiterhin stetig. Um nur einige Beispiele zu nennen: Wer heute über Luftreinhaltung, technische Filtersysteme, CFD-Simulationen partikelbeladener Strömungen, hochspezifische Nanopartikel, Chancen und Risiken der Nanotechnologie, technische Adsorptionsprozesse, CO₂-Abtrennung und Quecksilber-Entfernung aus Rauchgasen, Entfernung von Pharmazeutika aus Abwässern oder Hochtemperatur-Chromatographie redet, kommt am IUTA nicht vorbei. Dies zeigt nicht nur die deutlich gestiegene Anzahl an Vorträgen und Veröffentlichungen in Fachzeitschriften, sondern auch die Berufung von IUTA-Mitarbeitern in zahlreiche Gremien von der lokalen bis zur internationalen Ebene.

Positiv entwickelte sich auch die traditionell enge Verbindung des Hauses mit der Universität Duisburg-Essen, die sich u. a. in Lehrveranstaltungen von IUTA-Mitarbeitern, einem gemeinsamen Doktoranden-Seminar, 11 Promotionsvorhaben von IUTA-Mitarbeitern an der Universität, der Arbeit der wissenschaftlichen Direktoren und nicht zuletzt den vielen erfolgreichen Forschungsprojekten, die in den letzten Jahren durchgeführt bzw. beantragt wurden, manifestiert.

Einen ersten Überblick über alle Aktivitäten des IUTA können Sie sich auf den folgenden Seiten verschaffen. Dort finden Sie Beschreibungen zu allen Großprojekten und zu einer Auswahl der für das IUTA noch wichtigeren, vielen kleinen und mittleren Projekte. Diese

erwirtschaften den überwiegenden Teil der Einnahmen des IUTA und nehmen daher auch in diesem Tätigkeitsbericht einen breiten Raum ein.

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 möchte ich 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 2010 wieder hervorragend unterstützt haben. Mein besonderer Dank gilt dem Verwaltungsrat des IUTA e. V. und seinem Vorsitzenden, Herrn Prof. Schramm, sowie seinen beiden Stellvertretern, Herrn Ellerbrock (MdL) und Herrn Prof. Neukirchen. Gleichmaßen danke ich an dieser Stelle dem Förderverein des Instituts für Energie- und Umwelttechnik (FVEU e. V.) und seinem Vorsitzenden, Herrn Dr. Steudle, sowie seinem Stellvertreter, Herrn Dipl.-Ing. Mölter, für die exzellente Zusammenarbeit. Nicht unerwähnt bleiben soll auch die wertvolle Arbeit des wissenschaftlichen Beirats des ehemaligen VEU e. V., der im Jahr 2010 mit dem IUTA e. V. verschmolzen wurde. Dieser Beirat unter der Leitung von Herrn Dipl.-Ing. Kohl trägt wesentlich dazu bei, die Qualität der Forschungsanträge und damit deren Förderfähigkeit im Wettbewerb der Forschungseinrichtungen zu verbessern.

Ich wünsche Ihnen eine anregende und interessante Lektüre und würde mich freuen, Sie demnächst bei der einen oder anderen Gelegenheit im IUTA begrüßen zu dürfen.

Duisburg, im Februar 2011



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

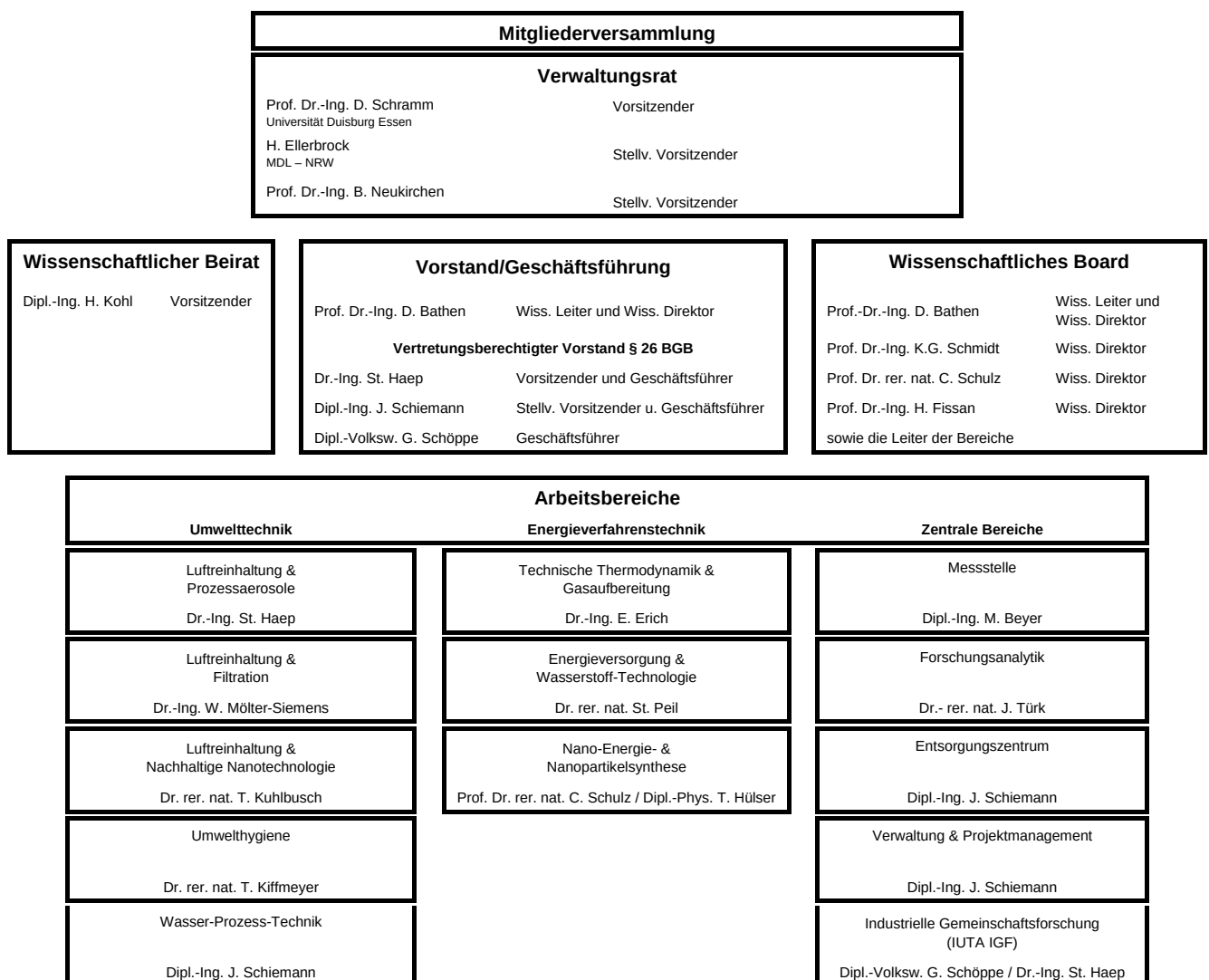
2 Organisation, Arbeitsweise und Geschäftsverlauf

2.1 Organisation und Arbeitsweise

Das Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V. (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 Entwick-

lungsprojekte 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 01.01.2011



Zum 31.12.2010 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 durch die Verschmelzung des VEU e. V. auf den IUTA e. V. etablierte Wissenschaftliche Beirat 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. 55 ehrenamtlich tätigen Gutachtern aus Wirtschaft und Wissenschaft. Der Beirat tagt 2 x pro Jahr, wobei in jeder Sitzung etwa 15 - 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 2010 schließt sich nahtlos an die des Vorjahres an. Das Institut hat von der gesamtwirtschaftlichen Erholung in Deutschland im Jahr 2010 profitiert und konnte ein zufriedenstellendes Geschäftsergebnis erwirtschaften. Investitionen in Infrastruktur und geräte-technische Ausstattung wurden genutzt, um die Basis für die weitere erfolgreiche Akquisition von Zuwendungen für anwendungsorientierte FuE-Vorhaben sowie direkte Kooperationen mit der Wirtschaft zu schaffen.

Ein wichtiger Schritt war der Abschluss der Verhandlungen mit dem Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes NRW über die Fortsetzung der Förderung aus der Titelgruppe 73 im Rahmen einer

Zielvereinbarung. Der Vertrag wurde am 24. März 2010 ratifiziert.

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 Maßgaben entspricht, entsprechende innovative Entwicklungen anzustoßen und Technologieplattformen zu entwickeln, die den Unternehmen als Sprungbrett für wirtschaftliches Wachstum dienen. Die Höhe der avisierten Förderung für die Jahre 2010 - 2012 schreibt den Status quo des Jahres 2009 fort.

Die für das Jahr 2010 definierten Ziele hat das Institut erfüllt. Maßgeblicher sogenannter *Key Performance Indikator* ist die Höhe der eingeworbenen Drittmittel im Rahmen von Industrieaufträgen sowie von Zuwendungen im Wettbewerb aus überregionalen Forschungsförderungsprogrammen, wie beispielsweise aus der Europäischen Union, dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), dem Bundeswirtschaftsministerium (BMW) etc.

Wie bislang profitiert das IUTA in hohem Maße von Programmen des BMWi wie die industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF), organisiert durch das industriegetragene Netzwerk der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), und dem Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM). Durch die Verschmelzung der Forschungsvereinigung „Umwelttechnik“ der AiF (Verein zur Förderung der Energie- und Umwelttechnik e. V. - VEU) im Juli 2010 mit dem IUTA ist der IUTA e. V. als Rechtsnachfolger rückwirkend zum 01.01.2010 selbst ordentliches Mitglied der AiF geworden und in alle Rechte und Pflichten des ehemaligen VEU eingetreten. Der IUTA e. V. hat damit die Berechtigung, IGF-Vorhaben beim BMWi über die AiF einzureichen und leitet als sogenann-

ter Erstzuwendungsempfänger rd. 7 Mio. Euro (inkl. des IUTA-Anteils) an Zuwendungsmitteln des BMWi an die partizipierenden Forschungsstellen in Deutschland weiter. Das Institut betreut im Jahr bis zu 50 laufende IGF-Vorhaben, woran mehr als 100 universitäre und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen beteiligt sind. Für jedes Vorhaben existieren ein konkreter Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft sowie ein industriell besetzter und KMU-dominierter Projektbegleitender Ausschuss. Die anwendungsorientierte Forschung bleibt somit weiterhin Markenzeichen des IUTA.

Mit den laufenden Projekten aus den NRW-Spitzentechnologiewettbewerben:

- *NETZ – NanoEnergieTechnikZentrum* (NRW-Wettbewerb NanoMikro&Werkstoffe: Projektvolumen rd. 12 Mio. € / IUTA rd. 2 Mio. €)
- *ZF³- Zentrum für Filtrationsforschung und funktionalisierte Oberflächen* (NRW Wettbewerb HighTech: Projektvolumen rd. 8 Mio. € / IUTA rd. 6 Mio. €)
- *Bau- und Einsatz einer mobilen Anlage zur CO₂-Abtrennung aus Rauchgasen* (NRW-Wettbewerb HighTech: Projektvolumen rd. 4,4 Mio. € / IUTA rd. 0,9 Mio. €)
- *Natriumalanat-H₂-Speicher* (NRW-Wettbewerb EnergieForschung. NRW: Projektvolumen rd. 1 Mio. € / IUTA rd. 0,36 Mio. €),

sowie mit der erfolgreichen Einwerbung von EU-, BMBF- und NRW-Landesprojekten von übergeordneter Bedeutung und Signalwirkung, die ebenfalls im Wettbewerb mit anderen Forschungseinrichtungen akquiriert wurden:

- *BMBF-Vorhaben NanoGem*, koordiniert durch das IUTA, worin die Arbeiten auf dem Gebiet der nachhaltigen Nanotechnologie

ihre Erweiterung finden (Projektvolumen: 6,4 Mio. €, IUTA: 0,9 Mio. €)

- *BMBF-Vorhaben Carbo-Lifecycle im Rahmen des InnoCNT-Rahmenprogramms*; Untersuchungsgegenstand ist die Freisetzung und das Umweltverhalten von Carbon Nanotubes
- *EU-Vorhaben Airmontech*, koordiniert durch das IUTA; Ziel ist die Erarbeitung von Empfehlungen zur Weiterentwicklung der europäischen Luftqualitätsrichtlinie und diesbezüglichen Forschungsplänen
- *EU-Vorhaben Energeo*, Forschungsgegenstand sind energiesektorbezogene Quellenzuordnungen von Luftschadstoffen in Europa
- 4 Projekte der Ausschreibung des MKUNLV NRW zum Thema "*Spurenstoff-elimination aus Abwässern*",

hat sich der IUTA e. V. für das Jahr 2011 ein solides Fundament an Projekteinnahmen gesichert. Die Positionierung des IUTA mit seinen Leitthemen und die enge Kooperation mit der Universität Duisburg - Essen sowie anderen Partnern mit komplementärem Profil tragen maßgeblich zu dieser Entwicklung bei.

Der Ausblick auf 2011 ist somit - wie der Forschungsplan mit den darin aufgelisteten bewilligten, den bereits positiv evaluierten und den sich in Vorbereitung befindlichen Vorhaben belegt - bei einer im Aufschwung befindlichen Gesamtwirtschaft wiederum positiv.

Durch rigide Maßnahmen zur Konsolidierung des Landes- und Bundeshaushalts besteht jedoch die Gefahr, dass die Etats für Forschung und Entwicklung stagnieren oder sogar sinken, und damit ein nochmals stärkerer Wettbewerb um die verbleibenden Mittel einsetzt. Das Institut wird sich deshalb um so mehr um Kooperationen und Auftragsforschungsprojekte mit Wirtschaftsunternehmen bemühen, zielgerichtet seine Alleinstellungsmerkmale weiter entwickeln und auf dieser

Basis versuchen, strategische Partnerschaften zur Mitwirkung in Exzellenz- bzw. Spitzenclustern zu schließen.

Für den Sommer 2011 ist die Einweihung der neuen Technikumshalle, in die die Aktivitäten im Bereich „Zentrum für Filtrationsforschung und funktionalisierte Oberflächen - ZF³“ zusammengefasst werden, geplant.

Umsatz- und Auftragsentwicklung

Der IUTA e. V. konnte im Jahr 2010 mit einem Jahresüberschuss in Höhe von 10.428,05 € (im Vorjahr 68.522,65 €) ein zufriedenstellendes Geschäftsergebnis erwirtschaften.

Aus Umsätzen öffentlicher und privater Herkunft erzielte das IUTA im Jahr 2010 Umsatzerlöse von 9.355.048,21 € (gegenüber 7.467.702,73 € im Jahr 2009). Hinzu kommen sonstige betriebliche Erträge in Höhe von 5.793.069,65 €. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um IGF-Fördermittel des BMWi zur Weiterleitung an externe Forschungsstellen.

Die Aufwendungen im Jahr 2010 betrugen für Personal inklusive Honorare 6.068.184,35 €, für Fremdleistungen 533.524,07 €, für Materialkosten 320.144,26 € und für Sonstige betriebliche Aufwendungen 1.278.624,59 € sowie für die weitergeleiteten IGF-Fördermittel 5.781.220,93 €.

Die Abschreibungen betrugen 981.935,43 €. An Körperschafts-, Gewerbe und KFZ-Steuer fielen 174.056,18 € an.

Der ideelle (nicht unternehmerische) Bereich des IUTA e. V. und die zweckbetrieblichen Aktivitäten (Auftragsforschung, Auftragsanalytik und Beratungstätigkeit) konnten 2010 im Vergleich zum Vorjahr wiederum gesteigert werden.

Qualifizierungsmaßnahmen mit 33 Teilnehmern in der zweckbetrieblichen Zerlegewerkstatt für beeinträchtigte Personen haben ebenfalls zu den Einnahmen beigetragen.

Die Teilnehmer wurden im Rahmen der Programme auch in die innovativen Technologien des Instituts eingearbeitet und konnten praktische Erfahrungen in externen Betrieben sowie im Rahmen laufender Forschungsprojekte sammeln. Darüber hinaus betätigt sich das Institut weiterhin in der Umweltausbildung und ist anerkannter Bildungsträger des Programmes "Werkstattjahr".

Der IUTA e. V. hat in den entwickelten Arbeitsschwerpunkten seinen guten Ruf gefestigt und damit sein Akquisitionspotenzial erweitert. An technisch und wirtschaftlich erfolgversprechenden neuen Entwicklungsideen 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 Jahr 2011 eine gute Auslastung der Institutskapazitäten. Die Laufzeiten der bereits bewilligten Projekte und Zuwendungen reichen derzeit zum Teil bis ins Jahr 2013.

Die Raumkapazitäten des IUTA-eigenen Gebäudes sind mittlerweile durch die gestiegene Anzahl der Mitarbeiter wie auch die Untervermietung von Labor- und Büroflächen ausgelastet. Entlastung verspricht der Neubau der Technikumshalle im Rahmen des Aufbaus des Zentrums für Filtrationsforschung und funktionalisierte Oberflächen, der inkl. Bürotrakt 2011 realisiert werden soll.

Mitarbeiter

Am 31.12.2010 waren am Institut für Energie- und Umwelttechnik einschließlich der wissenschaftlichen Direktoren 143 Mitarbeiter beschäftigt. Des Weiteren erhielten im Berichtsjahr weitere rd. 10 Personen im Rahmen von Gemeinwohlarbeit- und Qualifizierungsmaßnahmen eine praxisbezogene Fortbildung.

Den Hauptanteil der IUTA-Mitarbeiter stellen mit 75 Personen wissenschaftliche Angestellte

mit Universitäts- bzw. technischem Hochschulabschluss sowie Fachhochschulabschluss. An technischem Personal stehen IUTA 28 Mitarbeiter zur Verfügung. Das Institut beschäftigt 1 Auszubildenden im Bereich der chemischen Analytik sowie 1 Auszubildenden im Entsorgungszentrum und ist in diesem Bereich von der IHK geprüft und damit nach Berufsausbildungsgesetz anerkannter Ausbildungsbetrieb.

Der Altersaufbau der Mitarbeiter entspricht dem eines jung gebliebenen und lebendigen Instituts, wobei die Geschäftsleitung darauf bedacht ist, dass Mitarbeiter nach einer gewissen Qualifizierungszeit in eine Stelle in die Industrie wechseln. Im laufenden Jahr waren an längerfristig angestellten Mitarbeitern im wissenschaftlichen und technischen Bereich 5 Abgänge zu verzeichnen. Dem stehen 18 Zugänge an wissenschaftlichen und technischen Mitarbeitern im Jahr 2010 gegenüber.

Das Institut hat seit über 15 Jahren eine Arbeitszeitregelung, die eine flexible Arbeitszeit vorsieht. Diese Regelung hat sich bewährt. Es besteht ein Betriebsrat, der in regelmäßigen Abständen mit der Geschäftsleitung Gespräche führt. Probleme im Verhältnis zwischen Institutsleitung und Mitarbeitern sowie unter den Mitarbeitern waren im Jahre 2010 nicht zu verzeichnen.

Die Bezahlung der Mitarbeiter orientiert sich am TV-L, da die Zuwendungspraxis von Land und Bund fordert, dass Mitarbeiter von Forschungsinstituten, die Zuwendungen empfangen, nicht bessergestellt sind als Landes- bzw. Bundesbedienstete.

Die Möglichkeit, an qualifizierten Tagungen teilzunehmen, ist den Mitarbeitern in angemessenem Rahmen gegeben.

Der Qualitätssicherung wurde 2010 wiederum ebenso große Aufmerksamkeit gewidmet wie der Unfallverhütung und der Sicherheit am Arbeitsplatz sowie der Sorgfalt bei der Probenahme und Auftragsabwicklung bei Kunden

usw. Durch entsprechende Vorkehrungen konnte die positive Bilanz der vergangenen Jahre auch im Berichtsjahr fortgesetzt werden. Im Jahre 2010 ereignete sich ein meldepflichtiger Betriebsunfall.

Die mit Gefahrstoffen umgehenden Mitarbeiter werden regelmäßig über den ordnungsgemäßen Umgang mit diesen Stoffen belehrt. Die bislang zusätzlich durchgeführten ärztlichen Untersuchungen dieser Mitarbeiter zeigten diesbezüglich keine Befunde.

Anerkennungen

Bedeutsam war auch 2010 die erfolgreiche Teilnahme an wichtigen Ringversuchen, womit die Zulassungen der Messstelle gesichert werden. IUTA darf in allen Medien und für alle Stoffgruppen Messungen bzw. Analysen gemäß §§ 26, 28 BImSchG durchführen.

Die Bekanntgabe als Messstelle nach den §§ 26, 28 BImSchG gilt für die Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern, Brandenburg, Bremen, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein, und Thüringen. Als Forschungsinstitut sichert der IUTA e. V. die erzielte Qualität und wirkt an der Verbesserung der erreichten Standards zusammen mit Partnern aktiv mit.

Eine wichtige Ergänzung für die gutachterlichen Tätigkeiten in der Entsorgungsbranche ist die Zulassung als Prüfstelle im Sinne der TA Luft 5.4.8.10.3, 5.4.8.11.3, welche das IUTA als zurzeit einziges Unternehmen in NRW erlangt hat.

Die Zerlegewerkstatt für Massengüter, die nach 4. BImSchV als Abfallbehandlungsanlage genehmigt ist, wurde 2010 zum 7. Mal in Folge ohne Beanstandung gemäß Entsorgungsfachbetriebe-Verordnung zertifiziert.

Die vom IUTA e. V. seit mehr als 10 Jahren regelmäßig durchgeführten Fortbildungsveranstaltungen "Sicherer Umgang mit Zytostatika" werden inzwischen gemäß den Richtli-

nien für zertifizierte Fortbildungen u. a. von der Apothekerkammer Nordrhein mit entsprechenden Punkten für die Teilnahme anerkannt. Dies gilt auch für die Aufsichtsgremien einiger anderer Regionen Deutschlands.

Interne Audits und die Teilnahme an freiwilligen Arbeitskreisen zur Qualitätssicherung runden das Spektrum der Maßnahmen zur Sicherung der Qualität der Analysenleistungen ab.

Energie- und Umwelttechnik im Rahmen der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung

Das Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V. ist eines der Strukturhilfe-Institute des Landes NRW und wurde ausdrücklich mit dieser Vorgabe 1989 im Zuge der Stahlkrise gegründet.

IUTA hat sich u. a. mit Unterstützung des Ministeriums für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen zu einem der größten verfahrenstechnischen Institute Deutschlands im Bereich der Energie- und Umwelttechnik entwickelt. Den Arbeitsschwerpunkt der 143 Mitarbeiter bilden anwendungsorientierte F&E-Projekte, bei denen gemeinsam mit Industrie-Partnern wissenschaftliche Erkenntnisse in neue oder verbesserte Verfahren und Produkte überführt werden. In Kooperation mit Universitäten und Hochschulen, insbesondere der Universität Duisburg - Essen, befassen sich die Mitarbeiter der wissenschaftlichen Bereiche zudem mit der Beantwortung grundlegender wissenschaftlicher Fragestellungen (ausgehend von anwendungsorientierten Fragestellungen).

Die Bedeutung des Instituts für Energie- und Umwelttechnik für NRW sowie die Region und damit auch die Rechtfertigung für den Einsatz öffentlicher Mittel sowohl zum Erhalt als auch zum Ausbau der Forschungseinrichtung beruhen letztendlich auf dem Wissen, dass die Sicherung des Industriestandorts NRW eng mit dem Innovationsvermögen der Industrie verknüpft ist. Gerade kleine und mittelständische

Unternehmen benötigen dazu einen barrierefreien Zugang zu anwendungsorientierter Forschung und Entwicklung für innovative Verfahren und Produkte, die unter den Gesichtspunkten Nachhaltigkeit und Energieeffizienz einen neuen Stand der Technik definieren. Diesen Zugang liefert IUTA in Kooperation insbesondere mit der Universität Duisburg - Essen, die mit komplementären Strukturen auf der Seite der Grundlagenforschung als Forschungs- und Entwicklungspartner zur Verfügung steht. Der Ausbau dieser Strukturen ist ein maßgebliches Kriterium für die Attraktivität NRW's und somit für die erfolgreiche Ansiedlung neuer innovativer Unternehmen.

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 von IUTA hat seither durch seine umfangreiche Unterstützung im Bereich der praxisnahen Umweltforschung einen beispielhaften Beitrag durch finanzielle Zuwendungen und personelle Beratungsunterstützung 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 von IUTA dem neu gegründeten FVEU übertragen, dessen Mitglieder entsprechend einer Rege-

lung in der Satzung des IUTA e. V. auch zugleich Mitglieder des IUTA e. V. sind.

Der FVEU wird von Herrn Dr. Steudle als Vorsitzendem und Herrn Dr. Haep als Geschäftsführer geführt.

2.4 Industrielle Gemeinschaftsforschung

Der 1989 gegründete ursprüngliche Förderverein des IUTA, der VEU, hatte seit 1990 als zweiten Vereinszweck die Förderung und Organisation der industriellen Gemeinschaftsforschung auf dem Gebiet der Energie- und Umwelttechnik verfolgt. Seit 1991 war der Verein Mitglied der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke e. V." (AiF) und vertrat bis zur Verschmelzung mit dem IUTA im Jahr 2010 dort den genannten Bereich. Heute tritt der IUTA

e. V. als Rechtsnachfolger in alle Rechte und Pflichten des VEU - auch als Mitglied der AiF - ein und nimmt an der vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit geförderten industriellen Gemeinschaftsforschung teil. Das Institut fördert, wie bislang, in diesem Zusammenhang nie ausschließlich eigene Forschungsvorhaben. Inzwischen partizipieren etwa 100 Forschungsstellen aus nahezu allen Bundesländern an der vom IUTA im gleichnamigen Bereich organisierten "Industriellen Gemeinschaftsforschung" (IGF). Aktuell werden rd. 7,6 Mio. € an FuE-Mitteln des Bundeswirtschaftsministeriums für die IGF der Forschungsvereinigung „Umwelttechnik“ zur Verfügung gestellt.

3 Kompetenzen der Bereiche - expertise of departments

Umwelttechnik

Luftreinigung & Prozessaerosole

Dr.-Ing. St. Haep

Gasreinigung hinter Verbrennungsprozessen
Ausbreitungsrechnungen
Arbeitsplatzbezogene Luftreinhaltetechnologien
Numerische Mehrphasen-Strömungssimulation
Anlagenbezogene Oberflächenreinigungstechnologien
Partikelsensorik
Nanopartikel trenntechnik

Gas cleaning technologies & Aerosol technology

Dr.-Ing. St. Haep

Flue gas cleaning
Dispersion Modelling
Workplace related air purification
Computational fluid dynamics (CFD) modelling
Surface cleaning
Particle sensor technology
Separation of nanoparticles

Luftreinigung & Filtration

Dr.-Ing. W. Mölter-Siemens

Filterprüfung, bspw. DIN 71460/ EN 13725 / EN 779 / ISO 12500
Prüfinstitut für Anlagen zur Luftreinigung und Filtration
Geruchsfilter-Prüfstand
Adsorption von Schadgasen
Aerosole: elektrost. Aufladung und Neutralisierung
Modellierung: Aerosoldeposition, Dünnschichtadsorption
Olfaktometrie

Air Pollution Control & Filtration

Dr.-Ing. W. Mölter-Siemens

Air filter testing, e.g. DIN 71460/ EN 13725 / EN 779 / ISO 12500
Laboratory for testing of air conditioning and filtration
Test facility for odour-filters
Adsorptive gas separation
Aerosols: electrostatic charging and neutralisation
Modelling: aerosol deposition, thin film adsorption
Olfactometry

Luftreinigung & Nachhaltige Nanotechnologie

Dr. rer. nat. T. Kuhlbusch

Luftqualität, Exposition und Gesundheit
Nachhaltige Nanotechnologie und Nanopartikelkontamination
Chemische und physikalische Charakterisierung
Quellenidentifizierung und atmosphärische Prozesse
Nanopartikel und Exposition an Arbeitsplätzen
Partikelmesstechnik

Air Quality & Sustainable Nanotechnology

Dr. rer. nat. T. Kuhlbusch

Air Quality, exposure and health
Sustainable nanotechnology and nanoparticle contamination
Chemical and physical characterization
Source apportionment and atmospheric processes
Nanoparticles and exposure at workplaces
Particle measurement technology

Umwelthygiene

Dr. rer. nat. T. Kiffmeyer

Photokatalytische Verfahren
Arbeitsschutzrelevante Schadstoffe
Innenraumhygiene
Sensoren, Schnelltests
Tagungen, Fortbildungen

Environmental Hygiene

Dr. rer. nat. T. Kiffmeyer

Photocatalytic decontamination
Hazardous substances at the workplace
Indoor hygiene
Sensors, rapid tests
Training and Seminars

Wasser-Prozess-Technik

Dipl.-Ing. J. Schiemann

Entsalzung von Meerwasser
Nutzwasseraufbereitung

Water Process Technology

Dipl.-Ing. J. Schiemann

Desalination
Water Treatment

Energieverfahrenstechnik

Technische Thermodynamik & Gasaufbereitung

Dr.-Ing. E. Erich

Katalytische Gasaufbereitung
Absorptive Gasreinigung
Energetische Verwertung von Biomasse
Brennstoffzellenkonzepte

Technical Thermodynamics & Gas Processing

Dr.-Ing. E. Erich

Catalytic gas treatment
Gas cleaning by absorption
Energy production with bio-materials
Concepts for fuel cells

Energieversorgung & Wasserstoff-Technologie

Dr. rer. nat. St. Peil

PEM-Brennstoffzellentechnologie
Absorptionskältetechnik
Reformierung mit überkritischem Wasser
Wasserstoffspeicher
Organische Solarzellen
Thermoelektrische Generatoren

Energy Supply & Hydrogen Technology

Dr. rer. nat. St. Peil

PEM-fuel cell technology
Absorption refrigeration
Supercritical water reforming
Hydrogen storage
Organic photovoltaic cells
Thermoelectric generators

Nano-Energie- & Nanopartikelsynthese

Prof. Dr. rer. nat. C. Schulz
Dipl.-Phys. T. Hülser

Hochspezifische Nanopartikel-Synthese
Nanopartikel Prozesstechnik
Prozessbegleitende Analysemethoden

Nano-Energy & Nano Particle Synthesis

Prof. Dr. rer. nat. C. Schulz
Dipl.-Phys. T. Hülser

Synthesis of Highly Specific Nanoparticles
Nanoparticle Process Technology
In-Process Diagnostics

Zentrale Bereiche

Messstelle Dipl.-Ing. M. Beyer Emissionsmessungen BImSchG Immissionsmessungen BImSchG Feinstaub PM₁₀, org., an/org. Gase, EC/OC, NCBA Arbeitsplatzmessungen nach TRGS Messung der Partikelgrößen- verteilung in industriellen Abgasen Druckluft-Qualitätsuntersuchungen REM-Untersuchungen inkl. EDX Partikeluntersuchung in Flüssig- keiten	Measurement and Testing Dipl.-Ing. M. Beyer Measurement of emission Ambient air measurement Measurements at working place Measurement of particle size distribution in industrial waste gases Compressed air quality measure- ments Determination with slow scanning electronic microscope incl. EDX Measurement of particle distribution in liquid	Forschungsanalytik Dr. rer. nat. J. Türk Analysentechnik Abwassertechnik Arzneimittel und Spurenstoffe in der Umwelt Innovative chromatografische Verfahren und Kopplungstechniken Software gestützte Methodenent- wicklung Methodenentwicklung und Spezial- analytik für FuE Anwendungen PharmaMonitor Analysis-Cleaning	Research Analysis Dr. rer. nat. J. Türk Analytical Technologies Waste Water Technologies Pharmaceuticals and trace pollutants in the environment Innovative chromatographic and hyphenation techniques Computer assisted method develop- ment Method development and specialised analytical methods for R&D applica- tions PharmaMonitor Analysis-Cleaning
Entsorgungszentrum Dipl.-Ing. J. Schiemann Recycling von Massengütern Begutachtung und Bilanzierung von Kühlgeräteentsorgungsanlagen Aufbereitung technischer Kunststoffe Ausbildung im Bereich „Umwelt- und Kreislaufwirtschaft“ Untersuchungen von Shredderleichtfraktionen Rückgewinnung strategischer Materialien aus komplexen Produkten	Waste Treatement & Recycling Center Dipl.-Ing. J. Schiemann Recycling of bulk material Survey and evaluation of recycling plants for cooling units Processing and treatment of technical plastics Education and training „environment and recycling management“ Analysis of shredder "light" fractions Recovery of strategical materials from complex products	Verwaltung und Projekt- management Dipl.-Ing. J. Schiemann Finanzbuchhaltung, Lohnbuchhaltung Projektcontrolling Förderkonformes Beschaffungs- wesen Haustechnik, Sicherheitstechnik, Arbeitsschutz	Administration and Project Controlling Dipl.-Ing. J. Schiemann Financial Accounting System Project Controlling Procurement according to research funding Facility Management, occupational health & safety
		Industrielle Gemein- schaftsforschung Dipl.-Volksw. G. Schöppe Dr.-Ing. St. Haep Organisation, Netzwerk Vorhaben-Evaluation Wissenschaftlich-administrative Begleitung von FuE-Vorhaben Ergebnis-Transfer und Publikation Schulungsmaßnahmen	Collective research for SME's Dipl.-Volksw. G. Schöppe Dr.-Ing. St. Haep Networking Proposal evaluation Support concerning project administra- tion and scientific focusing Dissemination of results, publications Training

Bereich:

Geschäftsfeld:

Department:

Bereichsleitung / unit head:

Luftreinhaltung & Prozessaerosole

Umwelttechnik

Gas cleaning technologies & Aerosol technology

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
Konzeptanalysen und
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
evaluation of gas cleaning plants, expertises

Ansprechpartner/Contact person:

Dr.-Ing. Gerd Brosig (-257)
brosig@iuta.de

Dr.-Ing. Margot Bittig (-257)
bittig@iuta.de

Dipl.-Ing. Jörg Lindermann (-154)
lindermann@iuta.de

Ausbreitungsrechnungen

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

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
modelling software: AUSTAL2000, MISKAM®, FDM, CFD; Expertises

Ansprechpartner/Contact person:

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

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

Arbeitsplatzbezogene Luftreinhaltetechnologien

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

Workplace related air purification technologies

Reduction procedures (catalytic active filters), test methods (retention factor 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 nach Lagrange und Euler (Diffusion, Impaktion, Thermo- und Elektrophorese, Koagulation, Nukleation, Kondensation); Mehrphasensimulation von Wärme- und Stofftransport bzw. chemischen Reaktionen; Entwicklung von Subroutinen zur spezifischen Anpassung der CFD-Software

Computational fluid dynamics (CFD)-modelling

Modelling of steady and unsteady flows; simulation of particle dynamics (Lagrange an 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

Anlagenbezogene Oberflächenreinigungstechnologien

Verfahrensentwicklung (physikalische Einbindung von allergenen Partikeln 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, Tracerpartikel

Particle sensor technology

Device development, instrumentation, tracer particles

Ansprechpartner/Contact person:

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

Nanopartikeltrenntechnik

Überführen von Nanopartikel aus der Gasphase in prozessierbare Flüssigkeiten

Separation technique of nanoparticles

Nanoparticles, separation technologies for nanoparticles into processable liquids

Ansprechpartner/Contact person:

Dr.-Ing. Gerd Brosig (-257)
brosig@iuta.de

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

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

Optimisation of CCS

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

Ansprechpartner/Contact person:

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

Ansprechpartner/Contact person:

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

Bereich:

Geschäftsfeld:

Departement:

Bereichsleitung / unit head:

Wiss. Berater / scientific consultant:

Laborleitung / laboratory head:

Luftreinhaltung & Filtration

Umwelttechnik

Air Pollution Control and FiltrationDr.-Ing. Wolfgang Mölter-Siemens (-300),
moelter@iuta.de

PD Dr.-Ing. Frank Schmidt (-302), f.schmidt@iuta.de

Dipl.-Chem. Hartmut Finger (-220), 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 Filtermedien, konfektionierten Filtern, Schüttungen, Prüfung bei Temperaturen bis 100°C oder relativen Luftfeuchten bis ca. 100 %

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 %

Ansprechpartner/Contact person:Dipl.-Ing. Georg Lauber (-106)
lauber@iuta.deDipl.-Ing. Eckhard Däuber (-154)
daeuber@iuta.de**Filtertests für die Druckluftreinigung**

Messung nach ISO 12500 zur Bestimmung der Ölaerosolgehalte, Partikelgehalte, Öldampfgehalte und organischen und anorganischen Gasen

Filtertests for compressed air cleaning

Measurements according to ISO 12500 for determination of oil aerosol content, solid particle content, oil vapour content and organic and anorganic gaseous contents

Ansprechpartner/Contact person:Dipl.-Ing. FH Almut Kerßenboom (-106)
kerssenboom@iuta.deDipl.-Ing. G. Lauber (-106)
lauber@iuta.de**Filtertests für die allgemeine Raumlufttechnik**

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

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

Ansprechpartner/Contact person:Dipl.-Ing. Jörg Lindermann (-154)
lindermann@iuta.deDipl.-Ing. Eckhard Däuber (-154)
daeuber@iuta.de**GeruchsfILTER-Prüfstand**

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

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

Ansprechpartner/Contact person:Dipl.-Chem. Hartmut Finger (-220)
finger@iuta.deDipl.-Chem.-Ing. Engin Egrioglu (-334)
egrioglu@iuta.de**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

Olfactometry

Olfactometric measurement (VDA 270 and DIN EN 13725); odour analytic (GC-MS-Sniffing, Chemometrie); 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

Ansprechpartner/Contact person:Dipl.-Chem. Hartmut Finger (-220)
finger@iuta.deDipl.-Chem.-Ing. Engin Egrioglu (-334)
egrioglu@iuta.de

Prüfung von Anlagen zur Luftreinigung und Filtration

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

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:

Dr.-Ing. Wolfgang Mölter-Siemens (-300), moelter@iuta.de

Dipl.-Ing. Achim Breidenbach (0203-379-3787)
achim.breidenbach@uni-due.de

Dipl.-Ing. Jörg Lindermann (-154)
lindermann@iuta.de

Adsorptive Gasreinigung

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

Adsorptive gas separation

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

Ansprechpartner/Contact person:

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

Aerosole

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

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

Ansprechpartner/Contact person:

Dr.-Ing. Wolfgang Mölter-Siemens (-300), moelter@iuta.de

Dipl.-Ing. Achim Breidenbach (0203-379-3787)
achim.breidenbach@uni-due.de

Modellierung

Partikeldynamik und -deposition, dynamische Adsorptionsprozesse in Festbetten

Modelling

Particle dynamics and deposition, dynamic adsorption processes in fixed beds

Ansprechpartner/Contact person:

Dr.-Ing. Wolfgang Mölter-Siemens (-300), moelter@iuta.de

Dipl.-Ing. Achim Breidenbach (0203-379-3787)
achim.breidenbach@uni-due.de

ZF³

Entfernung von hochtoxischen Komponenten aus Gasen, Filtration von Flüssig-aerosolen und Partikelabscheidung an Faserfiltern

ZF³

Removal of toxic components from gas flows; filtration of liquid aerosol components and particle deposition on fabric filters

Ansprechpartner/Contact person:

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

Dr.-Ing. Wolfgang Mölter-Siemens (-300), moelter@iuta.de

Bereich:

Geschäftsfeld:

Department:

Bereichsleitung / unit head:

Entsalzung von Wasser

Thermische Entsalzungstechnik mittels Vakuumdestillation, vierstufige Multi-Effekt-Verdampfungsanlage mit thermischer Brüdenkompression (MED-TVC); Membrantechnikverfahren Mikrofiltration (MF), Nanofiltration (NF) sowie Nieder- (LP-RO), Mittel- (MP-RO) und Hochdruckumkehrosmose (HP-RO)

Wasser-Prozess-Technik

Umwelttechnik

Desalination and Water Treatment

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

Desalination

Thermal desalination with vacuum distillation, Multiple-effect distillation plant with thermal vapor compression (MED-TVC), Membrane processes: 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. Jochen Schiemann (-257)
j.schiemann@iuta.de

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

Bereich:

Geschäftsfeld:

Department:

Bereichsleitung / unit head:

Luftreinhaltung & Nachhaltige Nanotechnologie

Umwelttechnik

Air Quality & Sustainable Nanotechnology

Dr. rer. nat. Thomas. A. J. Kuhlbusch (-267), tky@iuta.de

Luftqualität, Exposition und Gesundheit

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 Toxikologen

Air quality, exposure and health

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 toxicologists

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. rer. nat. Astrid John (-214)
johnas@iuta.de

Dr. rer. nat. Ulrich Quass (-214)
quass@iuta.de

Quellenidentifizierung und atmosphärische Prozesse

Luv-/Lee-Messungen, Rückwärtstrajektorien, Multivariate Statistik, Positiv Matrix Faktorisierung, Partikeltransport, Umwandlung von Nitraten und Sulfaten, atmosphärenchemische Prozesse

Source apportionment and atmospheric processes

Upwind/downwind measurement, backward trajectories, multivariate statistics, positive matrix factorisation, particle transport, conversion of nitrate and sulphate, atmospheric chemistry

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. rer. nat. Ulrich Quass (-214)
quass@iuta.de

Dr. rer. nat. Tom Kammermeier (-214), kammermeier@iuta.de

Partikelmesstechnik

Entwicklung von Impaktoren für Emission und Immission, personengebundenen Messgeräten, Expositionsmessgeräten, Submikron-Partikeldepositionssensor, Messtechnik für Kohlenstoff-Nanoröhrchen (CNT)

Particle measurement technology

Development of impactors for emission and immission control, personal samplers, exposure meters, submicron particle deposition sensor, measurement technology for Carbon Nanotubes (CNTs)

Ansprechpartner/Contact person:

Dr.-Ing. Christof Asbach (-209)
asbach@iuta.de

Dipl.-Ing. Heinz Kaminski (-105)
kaminski@iuta.de

Dr. rer. nat. Burkhard Stahlmecke (-180) stahlmecke@iuta.de

Chemische und physikalische Charakterisierung

Chemisch: Anorganische und organische Inhaltsstoffe, Einzel- und Bulkanalysen; physikalisch: Anzahlgrößenverteilung (SMPSTM, FMPSTM, APS), Partikelmassenkonzentration diskontinuierlich (Filtersammler) und kontinuierlich (TEOM); Anzahlkonzentration (CPC), Rußkonzentration (Aethalometer), lungendeponierte Oberflächenkonzentration (NSAM)

Chemical and physical characterisation

Chemical: organic and inorganic analysis; Physical: number size distribution (SMPSTM, FMPSTM, APS), mass concentrations, discontinuous (filter sampler) and continuous (TEOM), number concentration (CPC); soot concentration (aethalometer); lung deposition surface area concentration (NSAM)

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. rer. nat. Ulrich Quass (-214)
quass@iuta.de

Dr. rer. nat. Astrid John (-214)
johnas@iuta.de

Dipl.-Ing. Heinz Kaminski (-105)
kaminski@iuta.de

Nachhaltige Nanotechnologie und Nanopartikelkontamination

Bestimmung der Emissionen und Immissionen; Wirkung von Nanopartikeln 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

Sustainable nanotechnology and nanoparticle contamination

Measurement of emission and ambient air; effect of nanoparticles on human beings and environment, Measurement and modelling of nanoparticle contamination on critical surfaces (e.g. in semiconductor industry) at atmospheric and low pressure Nanoparticles in soil and water

Ansprechpartner/Contact person:

Dr.-Ing. Christof Asbach (-209)
asbach@iuta.de

Dipl.-Umweltwiss. Carmen Nickel (-209) nickel@iuta.de

Nanopartikel und Exposition an Arbeitsplätzen

Bestimmung luftgetragener Nanopartikelkonzentrationen, personenbezogene Messungen, Agglomeratstabilitäten, Partikeloberflächenkonzentrationen, Expositionsbeurteilungen, Hygroskopizitätsuntersuchungen

Nanoparticles and exposure at workplaces

Measurement of airborne nanoparticle concentrations, personal measurement; Stability of agglomerates, particle surface area concentrations, exposure assessment, hygroscopicity study

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. rer. nat. Thomas Kuhlbusch (-267) tky@iuta.de

Dipl.-Ing. Heinz Kaminski (-105)
kaminski@iuta.de

Bereich:

Geschäftsfeld:

Department:

Bereichsleitung / unit head:

Umwelthygiene

Umwelttechnik

Environmental Hygiene

Dr. rer. nat. Thekla Kiffmeyer (-159), kiffmeyer@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 photo-catalytic active materials

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. rer. nat. Thekla Kiffmeyer (-159)
kiffmeyer@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 und 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. 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, Bewertungsstrategien, Entwicklung von Handhabungs-, Sanierungs- und Entsorgungsstrategien

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. Thekla Kiffmeyer (-159)
kiffmeyer@iuta.de

M. Sc. Christoph Portner (-216)
portner@iuta.de

Sensoren, Schnelltests

Entwicklung 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

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

Ansprechpartner/Contact person:

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

M. Sc. Christoph Portner (-216)
portner@iuta.de

Tagungen, Fortbildungen

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

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. Thekla Kiffmeyer (-159)
kiffmeyer@iuta.de

Maren Holzhauser (-296)
holzhauser@iuta.de

Bereich:	Technische Thermodynamik & Gasaufbereitung	
Geschäftsfeld:	Energieverfahrenstechnik	
Department:	Technical Thermodynamics & Gas Processing	
Bereichsleitung / unit head:	Dr.-Ing. Egon Erich (-268), erich@iuta.de	
Katalytische Gasaufbereitung	Catalytic gas treatment	Ansprechpartner/Contact person:
Oxidative Gasaufbereitung, Hydrocrack-katalysatoren, Redox-Katalysesystem zur Oxidation- und Reduktion von Kohlenwasserstoffen und NOx aus Abluftströmen	Oxidative gas treatment, catalysts for hydrocracking, redox catalysts for oxidation and reduction of hydrocarbons and NOx in exhaust gases	Dr.-Ing. Egon Erich (-268) erich@iuta.de
		Dipl.-Ing. Andrew Berry (-175) berry@iuta.de
Absorptive Gasreinigung	Gas cleaning by absorption	Ansprechpartner/Contact person:
Druckgaswäsche zur Absorption saurer Gasbestandteile, Empirische Optimierung von Druckgaswäschen, Untersuchung zur Degradation von Aminen, Einsatz von Aminwäschen und Pottasche zur CO ₂ -Abscheidung aus Rauchgasen und Biogasen	Pressurized gas scrubber for the absorption of acid gas compounds, empirical optimization of pressurized gas scrubber, investigation for the degradation of amines, CO ₂ -separation from flue gases and biogas with an amine scrubber and potash-solution	Dr.-Ing. Egon Erich (-268) erich@iuta.de
		Dipl.-Ing. Ralf Goldschmidt (-155) goldschmidt@iuta.de
Biomasse und energetische Verwertung	Biomass and energy recovery	Ansprechpartner/Contact person:
Ofenkatalysator für Kleinfeuerungsanlagen, Biomassevergasung, Gegenstromvergaser	Catalytic converter for domestic fire places, biomass gasification, updraft gasifier	Dr.-Ing. Egon Erich (-268) erich@iuta.de
		Dipl.-Chem., Dipl.-Ing. FH Frank Grüning (-213) gruening@iuta.de
Brennstoffzellenkonzepte	Concepts for fuel cells	Ansprechpartner/Contact person:
Reformierung von Methan, Entwicklung neuer Brennstoffzellen	Steam reforming of methane and natural gas, new concepts for fuel cells	Dr.-Ing. Egon Erich (-268) erich@iuta.de
		Dipl.-Ing. Andrew Berry (-175) berry@iuta.de
FuE-Dienstleistungen, Beratungen, Gutachten, Auftragsforschung	Research and development services, surveys, expertises, contract research	Ansprechpartner/Contact person:
Gewinnung von Metallen aus Abfallströmen, Eintrag von Metallen in die Umwelt Gutachten und Analysen zu: Abfall- und Umweltmanagement, Biomasseverwertung, Altlastensanierung	Recovery of metals from liquid waste mission oriented research on entry of metals into the environment surveys on waste- and environmental management, energy recovery of biomass, cleanup operation	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. C. Kube (-213) kube@iuta.de

Bereich:

Geschäftsfeld:

Department:

Bereichsleitung / unit head:

Energieversorgung & Wasserstoff-Technologie

Energieverfahrenstechnik

Energy Supply & Hydrogen Technology

Dr. rer. nat. Stefan Peil (-223), peil@iuta.de

PEM-Brennstoffzellentechnologie

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

Verdampfungskühlung für Brennstoffzellen:
Untersuchung und Optimierung von Verdampfungsstrukturen in Bipolarplatten zur Realisierung eines effektiven Wärmeaustauschs auf hohem Nutztemperaturniveau

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

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.

Reformierung mit überkritischem Wasser

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

Erzeugung von Brenngas aus Rohglyzerin der Biodieselherstellung zur energetischen Verwertung

Wasserstoffspeicher

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

Entwicklung eines Messgeräts für automatische Langzeit-Zykliertests zur praxisrelevanten Bewertung von Gasspeichermaterialien

Organische Solarzellen

Untersuchung der Effizienz und Langzeitstabilität gegenüber Witterungseinflüssen neuartiger organischer Solarzellen

Thermoelektrische Generatoren

Thermisch-elektrische Charakterisierung und Untersuchung der Langzeitstabilität

PEM fuel cell technology

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

Evaporation cooling for fuel cells:
Investigation and optimization of evaporation structures in bipolar plates for the realization of effective heat removal on a high usable temperature niveau

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

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

Supercritical water reforming

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

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

Hydrogen storage

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

Development of a measurement device for automatic long-term cycle-tests to evaluate gas storage materials under practical conditions

Organic photovoltaic cells

Investigation of the efficiency and the long term stability under climatic influence of new organic photovoltaic cells

Thermoelectric generators

Thermal-electrical characterization and investigation of the long term stability

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. rer. nat. Stefan Peil (-223)
peil@iuta.de

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

Dipl.-Ing. Georg Moldenhauer (-223)
moldenhauer@iuta.de

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. rer. nat. Yevgeny Makhynya (-224)
makhynya@iuta.de

Ansprechpartner/Contact person:

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

M. Sc. Sascha Heidrich (-223)
heidrich@iuta.de

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

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Ing. Georg Moldenhauer (-223)
moldenhauer@iuta.de

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

Ansprechpartner/Contact person:

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

Bereich:	Nano-Energie & Nanopartikelsynthese	
Geschäftsfeld:	Energieverfahrenstechnik	
Department:	Nano-Energy & Nano Particle Synthesis	
Bereichsleitung / unit head:	Prof. Dr. rer. nat. Christof Schulz (-208), schulz@iuta.de	
Wiss. Berater / scientific consultant:	Dr. rer. nat. Hartmut Wiggers (-302), hartmut.wiggers@uni-due.de	
Leiter Technikum / head of pilot plant stations:	Dipl.-Phys. Tim Hülser (-302) huelser@iuta.de	
Hochspezifische Nanopartikel-Synthese	Synthesis of Highly Specific Nanoparticles	Ansprechpartner/Contact person:
Betrieb und Optimierung von drei Reaktoren im Technikums-Maßstab für die Produktion von hochspezifischen Nanopartikeln für verschiedene Anwendungen	Operation and optimization of three reactors (pilot plant scale) for production of highly specific nanoparticles for various applications	Dipl.-Phys. Tim Hülser (-302) huelser@iuta.de
		Dr.-Ing. Sophie M. Schnurre (-302) schnurre@iuta.de
Nanopartikel-Prozesstechnik	Nanoparticle Process Technology	Ansprechpartner/Contact person:
Funktionalisierung Abscheidung aus der Gasphase Dispergierung von hochspezifischen Nanopartikel	Functionalization Deposition from the gas phase Dispersion of highly specific nanoparticles	Dipl.-Phys. Tim Hülser (-302), huelser@iuta.de
		Dr. Yee Hwa Sehlleier (-215), sehlleier@iuta.de
Prozessbegleitende Analyse-Methoden	In-process analysis	Ansprechpartner/Contact person:
In-situ Laserdiagnostik im Bereich der Partikelerzeugung Online Atmosphärendruck-Partikel-Massenspektrometer Gasphasenanalyse (GC/MS, QMS) Aggregatgrößenbestimmung (DLS) Oberflächenanalyse (BET)	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)	Dipl.-Phys. Tim Hülser (-302) huelser@iuta.de
		Dipl.-Ing. Mathias Spree (-301) spree@iuta.de
Bereich:	Industrielle Gemeinschaftsforschung	
Geschäftsfeld:	Zentrale Bereiche	
Department:	Collective research for SME's	
Bereichsleitung / unit head:	Dipl.-Volksw. Günter Schöppe (-208), schoeppe@iuta.de Dr.-Ing. Stefan Haep (-204), haep@iuta.de	
FuE-Organisation, Netzwerke	FuE-Networking	Ansprechpartner/Contact person:
FuE-Organisation, Netzwerk Vorhaben-Evaluation Wissenschaftlich-administrative Begleitung von FuE-Vorhaben Ergebnis-Transfer und Publikation Schulungsmaßnahmen	Networking Proposal evaluation Support concerning project administration and scientific focusing Dissemination of results, publications Training	Dr.-Ing. Gerd. Brosig (-333) brosig@iuta.de
		Claudia Flicka (-333) flicka@iuta.de

Bereich:

Geschäftsfeld:

Department:

Bereichsleitung / unit head:

Messstelle

Zentrale Bereiche

Measurement device

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 Gase, organische Gase und hochtoxische organische Stoffe (PCDD/F, PAK, PCB etc.)

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.)

Ansprechpartner/Contact person:

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

W. Backhaus (-193)
backhaus@iuta.de

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.

Measurement of airborne pollutants

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

Ansprechpartner/Contact person:

O. Sperber (-193)
sperber@iuta.de

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

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

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

Ansprechpartner/Contact person:

Hr. Backhaus (-193)
backhaus@iuta.de

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

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

Ansprechpartner/Contact person:

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

O. Hesse (-275)
hesse@iuta.de

Mobiler Druckluftprüfstand

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

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

Ansprechpartner/Contact person:

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

O. Hesse (-275)
hesse@iuta.de

Ausbreitungsrechnungen / Gutachten

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

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

Ansprechpartner/Contact person:

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

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

Partikelmessungen in Flüssigkeiten / Suspensionen

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

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

Ansprechpartner/Contact person:

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

Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen

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

Determination with slow scanning electronic microscope

Determination of materials with REM and element analysis with EDX, determination of damages, determination of asbestos and anorganic fibres (KI-Index). Determination of particle properties e. g. number

Ansprechpartner/Contact person:

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

concentration, size distribution

Bereich:

Geschäftsfeld:

Department:

Bereichsleitung / unit head:

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

Abwassertechnik

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

Arzneimittel und Spurenstoffe in der Umwelt

Bestimmung von organischen Spurenstoffen, Arzneimittel, POPs, Endokrin wirksame Stoffen, Industriechemikalien etc., Eintrag, Vorkommen und Verhalten in Luft, Wasser, Boden, Schlamm, Gülle etc.; Metaboliten; Resistenzen; Bilanzierung Oxidationsnebenprodukte

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

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

Forschungsanalytik

Zentrale Bereiche

Research Analysis

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

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

Waste Water Technologies

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

Pharmaceuticals and micro pollutants in the environment

Analysis of organic micro pollutants, pharmaceuticals, persistent organic pollutants (POP), endocrine disruptors, industrial chemicals etc., sources, occurrence and fate in air, water, soil, sludge, liquid manure etc., metabolites; antimicrobial resistance, mass balances, oxidation by-products

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

PharmaMonitor**Analysis-Cleaning**

Analysis of cmr-compounds according the German GefStoffV, cytostatic drugs, antibiotics, immunosuppressants, hormones etc, environmental and biomonitoring 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

Ansprechpartner/Contact person:

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

M. Sc. Steffen Wiese (-165)

Ansprechpartner/Contact person:

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

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

Ansprechpartner/Contact person:

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

Ansprechpartner/Contact person:

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

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

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. rer. nat. Jochen Türk (-179)

Christiane Balden (-157)

analysis@pharma-monitor.de

Bereich:

Geschäftsfeld:

Department:

Bereichsleitung / unit head:

Entsorgungszentrum

Zentrale Bereiche

Waste Treatment & Recycling Center

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 und EfbV, Entwicklung adäquater Recyclingwege für Elektro(nik)schrott, Forschungs- und Entwicklungsprojekte 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 electronical waste, Research and development on recycling technology, sorting of toner cartridges and other consumables

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Ing. FH Elisabeth Walter (-151)
walter@iuta.de

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

Begutachtungen und Bilanzierungen von Kühlgerätsentsorgungsanlagen

Überprüfung nach TA Luft 5.4.8.10.3/5.4.8.11.3 als zugelassene Prüfstelle; Ganzheitliche Begutachtung und Bilanzierung von Anlagen zur Verwertung von Haushaltskühlgeräten nach UBA Leitfadens, Desorptionsversuche 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, Analysis of foams and oils; system effectiveness improvement for recycling plants

Ansprechpartner/Contact person:

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

Dipl.-Ing. FH Elisabeth Walter (-151)
walter@iuta.de

Aufbereitung von technischen Kunststoffen

Entwicklung und Bau automatisierter Identifikationsanlagen für technische Thermoplaste; FuE: 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- und Weiterbildungsmaßnahmen sowie ABM, für Jugendliche, für Behinderte und für Berufsrückkehrer, Vorbereitungskurse zur IHK Prüfung Recyclingfachkraft, Schulungen für den Erwerb von Fahrberechtigungen für Flurförderfahrzeuge: Bildungsträger im Programm Werkstattjahr NRW, Durchführung modularer IHK Ausbildung zur Fachkraft für Kreislauf- und 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

Untersuchungen an Shredderleichtfraktionen

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

Examinations of shredder-fractions

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

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

4 Arbeitsschwerpunkte und technische Ausstattung der Bereiche

4.1 Luftreinhaltung & Prozessaerosole

4.1.1 Partikelabscheidung in Probenahmeleitungen unter Berücksichtigung von turbulenter Diffusion, Thermophorese und Kondensation

Das Forschungsprojekt verfolgte das Ziel, die durch aerosoldynamische Prozesse (Abscheidung und Wachstum) hervorgerufenen Veränderungen der Partikelgrößenverteilung in turbulent durchströmten Rohrleitungen zu beschreiben.

Beim Transport von Partikeln in Rohrleitungen, wie er beispielsweise bei der Emissionsüberwachung stattfindet, kann es aufgrund verschiedener Mechanismen zur unerwünschten Abscheidung von Partikeln und über die Kondensation von Dämpfen auf den Partikeln auch zur Veränderung der Partikelgrößenverteilung und damit letztlich zu Partikelverlusten kommen. In technischen Prozessen allgemein, wie auch bei den hier betrachteten Probenahmen, ist die Strömung meist turbulent und nur in Ausnahmefällen laminar. Die Turbulenz verändert das Geschwindigkeits- und Temperaturfeld und wirkt sich maßgeblich auf den Stofftransport aus. Für Partikel kleiner als $0,1\ \mu\text{m}$ ergibt sich aufgrund der turbulenten Diffusion eine erhöhte Abscheidung.

Zur Sicherung der Qualität der Messergebnisse beziehungsweise zu deren Interpretation gilt es, diese Effekte zu verstehen, zu quantifizieren und gegebenenfalls zu vermindern. Die für die Bewertung von Messergebnissen zu erstellende Übertragungsfunktion für Probenahmesysteme muss die turbulente Diffusion, die Wirbelträgheit, die Thermophorese und die Kondensation berücksichtigen. Ein Teilziel des Projektes war die Validierung

der theoretischen Untersuchungen durch eigene begleitende Messungen. Hierzu wurde ein Versuchsstand konzipiert, der aus zwei isolierten, doppelwandigen Rohren von jeweils 5 m Länge bestand. Das erste Rohr diente der Aerosolkonditionierung, wohingegen das zweite Rohr das zu untersuchende System darstellte. Die Temperaturkontrolle über Kryostaten machte es möglich, Versuche zur Partikelabscheidung infolge von turbulenter Diffusion und zusätzlich auftretender Thermophorese am selben Prüfstand durchzuführen. Experimente zur Wirbelträgheit wurden an einem zweiten Versuchsstand durchgeführt, der aus einem 2 m langen senkrecht angeordneten Rohr bestand.

Bei den Untersuchungen der Partikelabscheidung durch turbulente Diffusion konnte bei höheren Reynoldszahlen eine gute Übereinstimmung zwischen den numerischen Berechnungen und den Experimenten erzielt werden. Es konnte beobachtet werden, dass mit zunehmender Reynoldszahl die durch Turbulenz induzierte stärkere Abscheidung infolge der geringeren Verweilzeit der Partikel im Rohr kompensiert wurde.

Der Einfluss der Thermophorese auf die Partikelabscheidung zusätzlich zur turbulenten Diffusion ist exemplarisch für eine Reynoldszahl in Bild 4-1 dargestellt.

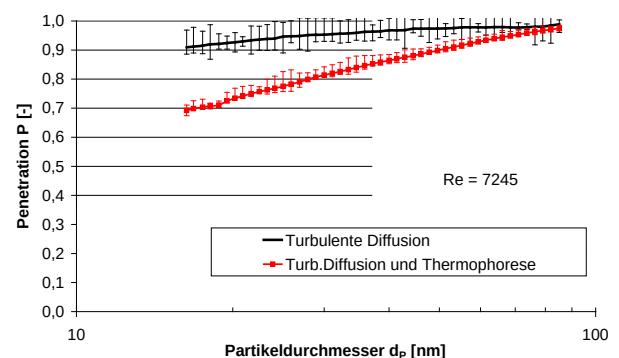


Bild 4-1: Vergleich der experimentell ermittelten Penetration bei turbulenter Diffusion und Thermophorese

Der zusätzliche Abscheideeffekt der Thermophorese ist umso größer, je kleiner die Partikeldurchmesser sind. Der Einfluss wird hingegen mit zunehmender Reynoldszahl immer geringer.

Ein maßgeblicher Abscheidemechanismus für Partikel mit Durchmessern größer 400 nm ist die Wirbelträgheit. In Experimenten wurde die Datenbasis zu ihrer Charakterisierung erheblich erweitert und ein verbesserter eigener empirischer Ansatz zur Beschreibung der Partikelabscheidung entwickelt.

Das Forschungsvorhaben 15821 N 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.-Ing. Thomas Engelke
+49 (0) 20 65 418 131
engelke@iuta.de

Dipl.-Ing. (FH) Bernd Kreckel
+49 (0) 20 65 418 219
kreckel@iuta.de

Dipl.-Ing. Achim Breidenbach
+49 (0) 203 379 3787
achim.breidenbach@uni-due.de

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

Für die großtechnische Herstellung von hochspezifischen Nanopartikeln bieten Gasphasenreaktoren eine Reihe von Vorteilen. Die beispielsweise im Flamm-, Heißwand- oder Mikrowellen-Plasma-Reaktor zur Anwendung kommenden unterschiedlichen Technologien für die Zersetzung des Prekursor-Materials sind geeignet, nahezu maßgeschneiderte Partikel herzustellen. Für die Weiterentwicklung der Reaktoren und die Vorhersehbarkeit der spezifischen Eigenschaften der Partikel ist es jedoch notwendig, die komplexen kinetikgesteuerten Zerfalls- und Partikelbildungsmechanismen innerhalb der Hauptreaktionszone beschreiben zu können. Dies ist bislang nur ansatzweise mit Hilfe kommerzieller Software und angekoppelter Partikelwachstumsmodelle möglich, z. B. FPM oder PARSIVAL.

Über die aus den Zerfall- und Bildungsprozessen resultierende Partikelgrößenanzahlverteilung und die Eigenschaften des dispersen Systems hinaus besteht von Seiten der industriellen Anwender großes Interesse, Informationen über die chemische Zusammensetzung, ggf. die Kristallmodifikationen und die Größe der kristallinen Bereiche innerhalb der Nanopartikel, die Anzahl der Primärpartikel innerhalb eines Agglomerats, die Primärpartikelgröße und den Sintergrad und damit Informationen über die morphologische Struktur zu erhalten. Besonders bei Anwendungen, die die funktionellen Eigenschaften der Nanopartikel nutzen - z. B. als Katalysator oder als Funktionsschicht in der Gas-Sensorik - sind diese Kenntnisse über die sogenannten verteilten Eigenschaften der Partikel von essentieller Bedeutung. Bislang sind in vielen Fällen die genauen Zusammenhänge zwischen den Eigenschaf-

ten der Nanopartikel und den Produkteigenschaften des Endproduktes nicht bekannt.

Die Situation wird dadurch noch komplexer, dass die Eigenschaften oft eine Verteilungsfunktion aufweisen. Verteilte Eigenschaften (wie z. B. Größe, Form, chemische Zusammensetzung, Ladungszustand, Sintergrad, Kristallmodifikation) werden bisher üblicherweise mittels Populationsbilanzen simuliert, was aber für Systeme mit mehrdimensionalen Eigenschaften sehr zeitaufwändig ist. Durch ein an der Universität Duisburg - Essen (Prof. E. Kruis, Lehrstuhl Nanostrukturtechnik NST) entwickeltes Monte-Carlo-Simulationsverfahren ist es möglich, multivariate Eigenschaften (d. h. verschiedene Eigenschaftsmerkmale, die eine Verteilungsfunktion aufweisen) numerisch effizient zu simulieren. Zwischen 2006 und 2008 wurde im Rahmen des IGF-Vorhabens 14720 N "Einfluss von Ladungseffekten bei Nano-Partikeln in Hochtemperaturverfahren" eine kombinierte Methode zur gekoppelten Simulation Gas getragener Partikelphasen erstmalig implementiert. Es handelt sich dabei um eine einseitige Kopplung. Keimbildung und Partikelwachstum werden mittels deterministischer Verfahren innerhalb einer cfd-Software berechnet und dann an das Monte-Carlo-Verfahren übergeben, welches auf statistischen Modellen beruht.

Ziel des Anschlussvorhabens 330 ZN ist es, die Monte-Carlo-Simulationsmethode zur Berechnung von Produkteigenschaften von Nanopartikeln so weiterzuentwickeln, dass diese für die orts aufgelöste Simulation unter realen Prozessbedingungen eingesetzt werden kann, um damit erstmals eine umfassende Kontrolle der Produkteigenschaften zu ermöglichen. Darüber hinaus wird eine Rückkopplung der Monte-Carlo Software auf die Fluidodynamik implementiert (CFD-Zeitschritte für die kontinuierliche Phase wechseln sich mit Monte-Carlo Zeitschritten für die disperse Phase ab), so dass eine integrierte Software entsteht.

Im Gegensatz zum Vorläufervorhaben wird im aktuellen Projekt ein open source CFD-Simulationstool die Berechnung der für die Partikelsimulation wichtigen Größen wie Temperatur und Strömungsverhältnisse durchführen, während eine Monte-Carlo-Simulation die Partikeldynamik und die Entwicklung der relevanten Produkteigenschaften der Nanopartikel beschreibt. Als Modellfall wird der chemische Zerfall des Prekursors Eisenpentacarbonyl ($\text{Fe}(\text{CO})_5$) zu Eisen (Fe) und Kohlenstoffmonoxid (CO) untersucht.

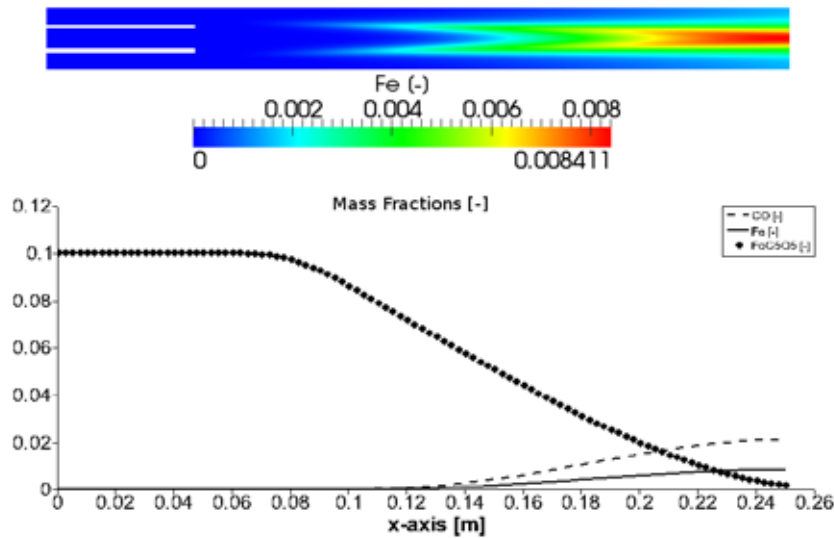


Bild 4-2: Verteilung der Massenanteile in einem virtuellen Testreaktor

Die Eisenatome bilden durch Nukleation stabile Primärpartikel, die dann als Ausgangspunkt für die weiteren Transport- und Agglomerationsprozesse dienen.

Bild 4-2 zeigt beispielhaft den Massenanteil von Fe als Konturplot in einem virtuellen Testreaktor sowie die Massenanteile von $\text{Fe}(\text{CO})_5$, Fe und CO entlang der Achse.

Die numerische Methode wird mittels ortsauflöser in situ Messungen der Produkteigenschaftsverteilung an einem Heißwandreaktor beim Projektpartner, der Universität DUE, Institut für Verbrennung und Gasdynamik, validiert. Im nächsten Schritt wird in Abstimmung mit dem Projektbegleitenden Ausschuss ein technischer Anwendungsfall mit besonders großer kmU-Relevanz ausgewählt und simuliert.

Das Forschungsvorhaben 330 ZN 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 Zeiner
+49 (0) 20 65 418 131
zeiner@iuta.de

Dipl.-Ing. Till van der Zwaag
+49 (0) 20 65 418 131
vanderZwaag@iuta.de

4.1.3 Feinstpartikelabscheidung für Hochtemperaturprozesse unter Nutzung aktiver und passiver, thermisch induzierter Potenzialfelder

Der Stand der Technik bei der Hochtemperatur-Feinstpartikelabscheidung ist durch keramische Filterkerzen definiert. Diese besitzen Einsatzgrenzen von etwa 800 – 900°C. Oberhalb dieser Temperatur sind Filterkerzen nicht mit ausreichenden Standzeiten einsetzbar, da der Staubkuchen weich und klebrig wird. Damit verschlechtert sich das Regenerierungsverhalten, und der Druckverlust steigt an. Für Prozesse oberhalb der genannten Temperatur ist z. Z. keine Feinstpartikelabscheidung großtechnisch realisiert.

Bei der Umsetzung einer nahezu isothermen Abgasreinigung im Hochtemperatur-Bereich wurde daher im Rahmen der Forschung zum Kombi-Kraftwerkskonzept mit Druckkohlenstaubfeuerung (DKSF) Pionierarbeit geleistet. Es konnte gezeigt werden, dass die Abgase der Kohleverbrennung bei Temperaturen von ca. 1400°C in einer elektrostatisch wirksamen Schüttichtanordnung bis hin zur Gasturbinenverträglichkeit (Partikelgehalt < 3 mg/m³ und Partikeldurchmesser < 3 µm, Alkalien < 1 ppm) gereinigt werden können.

Im Rahmen eines IGF-Vorhabens 149 Z wurden die dem empirisch entwickelten Abgasreinigungsverfahren für Feinstpartikeln zugrunde liegenden Wirkmechanismen in umfangreichen experimentellen und theoretischen Arbeiten untersucht. Diese zeigten, dass das Funktionsprinzip im Wesentlichen auf der Nutzung von Elektronenemissionen aus keramischen Systemkomponenten in Verbindung mit aktiven und passiven, thermisch induzierten Potenzialfeldern bei Temperaturen oberhalb von 800°C beruht.

Obwohl die Forschung am DKSF-Kraftwerkskonzept von Seiten der Industrie aufgrund strategischer energiepolitischer

Entscheidungen bis auf weiteres eingestellt wurde, zeigen die im Umfeld der technischen Versuchsanlage in Dorsten durchgeführten Forschungsprojekte ein großes Potenzial für die Umsetzung der Hochtemperatur-Feinstpartikelabscheidung auch auf andere Anwendungsgebiete, wie z. B. die Kohlevergasung (IGCC-Verfahren), die Kohleverbrennung in Sauerstoff/Rauchgas-Gemischen nach dem OXYCOAL-AC Prozess und Biomassevergasungsverfahren mit Heißgasreinigung.

Im Rahmen des IGF-Vorhabens 275 Z werden die für die DKSF erarbeiteten Grundlagen unter den Randbedingungen der Kohle- und Biomassevergasung überprüft. Damit soll die Basis für ein gegebenenfalls isothermes Feinstpartikelabscheideverfahren für Hochtemperaturprozesse im Temperaturbereich oberhalb von 800°C gelegt werden, wobei speziell der Einfluss unterschiedlicher Materialpaarungen auf die elektrische Aufladung von Modell- (TiO₂ und Metall) sowie Schlackepartikeln im elektrischen Feld untersucht wird.

Hierzu wurde, im Rahmen eines Verbundvorhabens des IUTA, dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT/MVM) und dem Forschungszentrum Jülich (IEF-2), am IUTA eine theoretische Modellbildung durchgeführt, die es erlauben soll, die komplexen partikeldynamischen Zusammenhänge an der Versuchsanlage des MVM nachzuvollziehen.

Bild 4-3 zeigt den schematischen Versuchsaufbau. Es wird ein eigens für dieses Vorhaben entwickelter 4-stufiger Ofenaufbau verwendet, der es erlaubt, die an der Versuchsanlage in Dorsten beobachteten Wirkmechanismen im Labormaßstab zu untersuchen.

Der Versuchsaufbau wurde in ein detailliertes CFD-Modell überführt, und erste Simulationen wurden inzwischen durchgeführt. Bild 4-4 zeigt einen Vergleich von experimentellen Daten mit den Simulationsergebnissen. Bereits beim ersten Vergleich wird deutlich, dass, trotz unbekannter Stoffdaten bezüglich

der Elektronenaustrittsarbeiten der eingesetzten Materialien, die Simulationsergebnisse das qualitative Verhalten gut wiedergeben, wobei die Variation der Austrittsarbeiten im Modell die Sensibilität des untersuchten Systems unterstreicht. Die größte Abweichung zwischen Experiment und Simulation entsteht, sofern kein elektrisches Feld angelegt wird. Experimentell ist dann eine etwa 40%-ige Abscheidung zu verzeichnen, wohingegen die Simulationen erwartungsgemäß keine Partikelabscheidung zeigen.

Inzwischen ist dieses Verhalten geklärt. Es handelt sich dabei um thermophoretische Effekte in der Abkühlzone des Reaktors und der Probenahme. Die mit einem um thermophoretische Effekte ergänzten Modell erzielten Berechnungsergebnisse bestätigen die Annahme.

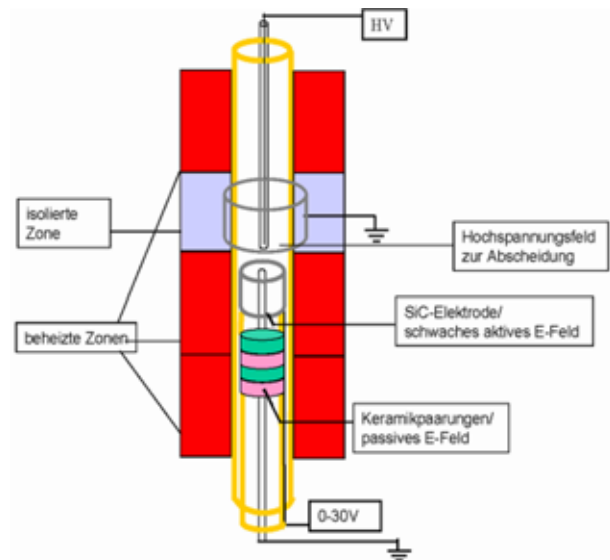


Bild 4-3: Schematischer Aufbau des 4-stufigen Rohrreaktors am KIT in Karlsruhe

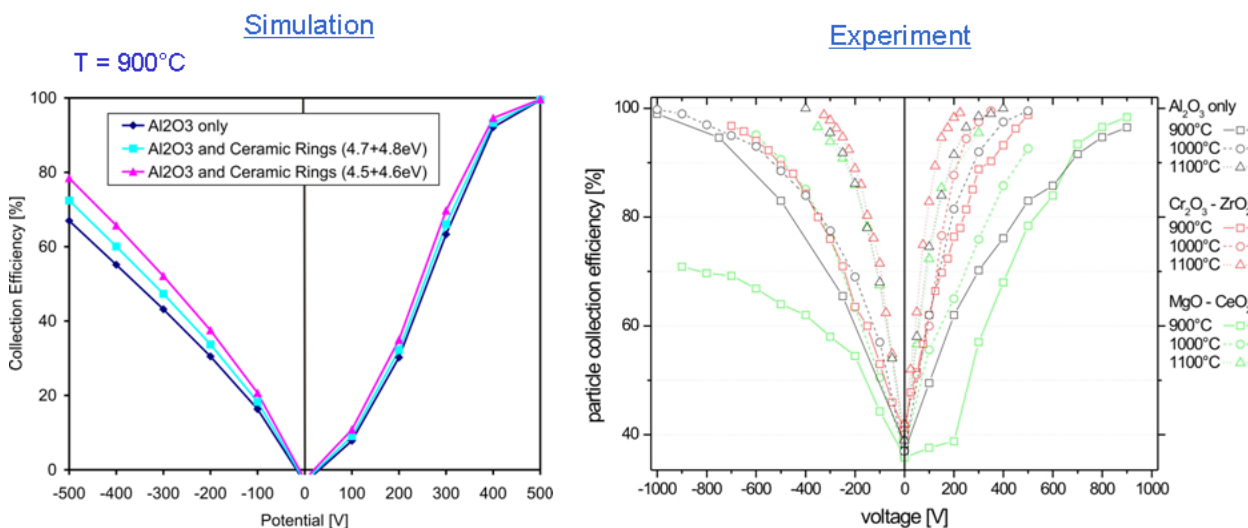


Bild 4-4: Erster Vergleich experimenteller Ergebnisse mit Simulationsrechnungen

Im weiteren Projektverlauf sollen am Forschungszentrum Jülich experimentell ermittelte Elektronenaustrittsarbeiten der keramischen Reaktorkomponenten in das Modell einfließen. Erste quantitative Vergleiche zwischen Experiment und Simulation werden im ersten Quartal 2011 folgen.

Das Forschungsvorhaben 275 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.

Das Vorhaben wird von Februar 2008 bis Mai 2011 durchgeführt. Der VGB-Arbeitskreis "Abgasreinigungstechnik" begleitet die Untersuchungen.



Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Till van der Zwaag
+49 (0) 20 65 418 131
vanderZwaag@iuta.de

4.1.4 Entwicklung einer Schnellmethode zur Überprüfung der Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen im Rahmen der betrieblichen Eigenkontrolle

Ziel des gemeinsamen Forschungsprojektes von IUTA, wfk in Krefeld und DIL in Quakenbrück war die Entwicklung einer Schnellmethode zur Wirksamkeitskontrolle von Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen auf Oberflächen mit komplexen Geometrien. Als Ergebnis steht eine Methode zur Verfügung, die in der Lebensmittelindustrie oder im Krankenhausbereich ohne externe Dienstleister durchgeführt werden kann. Der Lösungsansatz besteht darin, eine effiziente Beprobungsmethode mit der Durchflusszytometrie als Nachweisverfahren zu verbinden. Das neue Beprobungsverfahren basiert auf der Nutzung einer flüssigen Gelatinematrix, die auf die zu beprobenden Oberflächen aufgetragen wird. Sie hat den Vorteil, auch Oberflächen mit komplexen Geometrien zu benetzen. Nach dem Erstarren zu einem festen Film kann die Gelatinematrix rückstandsfrei von der Oberfläche abgenommen werden. In dem Gelatinefilm sind die gegebenenfalls vorhandenen mikrobiologischen Verunreinigungen, die als Rückstand nach einer unzureichenden Reinigung auf der Oberfläche verbleiben, eingebunden. In der wieder verflüssigten Gelatine werden die mikrobiologischen Anteile über durchflusszytometrische Analyse nachgewiesen. Die Verflüssigung wird durch einen en-

zymatischen Verdau mit Proteinase K irreversibel erreicht. Wichtig ist, dass durch diese Behandlung die Mikroorganismen nicht geschädigt werden.

Die Durchflusszytometrie ist insbesondere in der Medizin zur Untersuchung von Blutparametern oder mikrobiologischen Kenngrößen in einem Fluid weit verbreitet. Das zu charakterisierende Fluid wird durch eine enge Kapillare, die sogenannte Flusszelle, geleitet und dort von fokussiertem Laserlicht durchstrahlt. Anhand der Signale von Vorwärts- und Seitwärtsstreulicht der im Idealfall einzeln nacheinander in den Strahlbereich eintretenden, partikulären Bestandteile können diese charakterisiert werden, z. B. ihre Größe oder die Art der Zellbestandteile. Um zwischen lebenden und toten Mikroorganismen unterscheiden zu können, werden die in der flüssigen Gelatine eingebundenen Mikroorganismen mit zwei nukleinsäurebindenden Farbstoffen (Syto9[®] und Propidiumiodid) angefärbt.

Die Durchflußzytometrie ist vielseitig einsetzbar. Es ist möglich, grampositive und gramnegative Bakterien sowie Hefen und Schimmelpilze, die in Gelatine suspendiert sind, zu färben und durchflusszytometrisch zu analysieren. Mit Hilfe der Methode können auch hohe Konzentrationen (bis 25 %) analysiert werden. Zur Aufkonzentrierung geringer Zellmengen und zur Entfernung störender Bestandteile der Gelatine aus den Proben wird die Mikrofiltration eingesetzt. Damit ist es möglich, die Nachweisgrenze des Systems zu verbessern. Das Verfahren scheitert, wenn Schweineschwartengelatine verwendet wird, die sich nicht filtrieren lässt. Die Beprobungen von Oberflächen mit komplexen Geometrien wurden mit Rinderhautgelatine in einer ermittelten idealen Konzentration von 25 % durchgeführt.

Die Überführung mikrobieller Anhaftungen in das Gel wurde am wfk in Krefeld durchgeführt, ebenso die künstliche Anschmutzung von Oberflächen mit entsprechenden Bakterien-

kulturen und die anschließende Untersuchung der abgenommenen Proben im Zytometer.

Das Untersuchungsprogramm wurde beim IUTA um Schnelltests mit Suspensionen fluoreszierend eingefärbter 1 µm-Partikel erweitert. Diese werden verdünnt auf Oberflächen aufgetragen und nach Antrocknung mittels Gelapplikation entfernt. Fluoreszierende Partikel lassen sich im Gegensatz zu den mikrobiellen Verunreinigungen sehr einfach nachweisen. Damit steht ein vereinfachtes Verfahren für die Parametrisierung des Gels zur Verfügung.

Schwerpunkt der Arbeiten des IUTA war die Entwicklung der geeigneten Applikationstechnik auf Grundlage der optimierten Gelmatrix. Wesentliche Anforderungen ergeben sich aus der reversiblen Auftragung des Gelatine-Sols auf komplex geformten Oberflächen sowie den Anforderungen der Durchflusszytometrie an das von den Oberflächen abgenommene und erneut verflüssigte Gel.

Mittels geeignet geformter Teflon-Matrizen wurden unterschiedliche Oberflächengeometrien beprobt. Ein reversibler Gelauftrag ist sowohl an ebenen, gewinkelten und senkrechten Oberflächen sowie Innen- und Außengewinden möglich. Hochbloomige 25%ige Gelatine weist aufgrund ihrer Elastizität die geringste Neigung zur Rissbildung auf und lässt sich mit vertretbarem Aufwand von den Oberflächen entfernen. Eine Konfektionierung des Gelatinegels ist über handelsübliche Infusionsspritzen, die verschweißt und temperiert werden können, möglich.

Die entwickelte Methode macht es möglich, sowohl lebende als auch tote Mikroorganismen von Edelstahl, Kunststoff und Glas in die Gelatine einzubinden, abzunehmen und zu quantifizieren. Unter Praxisbedingungen konnte das neue Probenahmeverfahren im industriellen Umfeld erfolgreich an verschmutzten Stapelbehältern der Lebensmittelindustrie erprobt werden. Der gesamte Prozess bis zum Vorliegen der Ergebnisse dauert

etwa 90 Minuten. In einer Arbeitsanweisung, welche die praktische technische Umsetzung des Verfahrens im Betrieb beschreibt, wurden die im Verlaufe des Vorhabens gewonnenen Erkenntnisse zusammengefasst.

Das Forschungsvorhaben 276 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) 20 65 418 257
hugo@iuta.de

4.1.5 Verhalten von Quecksilber in der Gaswäsche

Die weiterführenden Arbeiten zur anwendungsorientierten Nutzung des in vorangegangenen Vorhaben entwickelten theoretischen Modells gliederten sich in die folgenden Schwerpunkte:

- Bewertung der für das Modell benötigten und in der Literatur verfügbaren Stoffdaten
- Labormessungen zur Bestimmung der Gleichgewichtslage
- Screening der Quecksilberspezies im Abwasser und im Abgas hinter großtechnischen Verbrennungsprozessen.

Neben der Verbesserung der sich aus den Modellrechnungen ergebenden Prognosen für die Zusammensetzung des Abgases hinter dem Wäscher ist ein weiteres Ziel der Arbeiten, die vorliegenden Quecksilberspezies mit Hilfe von Gaschromatografie und

Massenspektrometrie messtechnisch nachzuweisen. Dabei wird das Projekt vom Lehrstuhl für Umweltanalytik der Universität Duisburg - Essen als Kooperationspartner des IUTA unterstützt.

Eine ausführliche Literaturrecherche zeigte, dass die experimentellen Ergebnisse z. T. weder untereinander noch mit den in Standardwerken genannten Daten vergleichbar sind. Eine Klärung dieser Inkonsistenz schließt die Beurteilung der Methoden ein, über die die experimentellen Daten ermittelt und die theoretischen Daten berechnet wurden. Dies war im Rahmen der laufenden Projektarbeiten nicht möglich. Die Erstellung einer validierten Stoffdatenbasis für die Auslegung und Optimierung nasser Abgasreinigungssysteme wurde deshalb als eigenständiges Forschungsvorhaben beantragt.

Zur Ermittlung fehlender Gleichgewichtsdaten wurden Messungen an einem im Labormaßstab aufgebauten Wäscher durchgeführt.

Trotz umfangreicher und fortlaufender Optimierungsmaßnahmen an dieser Anlage ist es zunächst nicht gelungen, reproduzierbare Ergebnisse zu erzielen. Bei Temperaturen oberhalb der Umgebungstemperatur konnte Kondensation im Probegasvolumen nicht verhindert werden. Im Kreislaufbetrieb wurde die Konzentration der Gasphase aus einem Probenvolumen von 1 Liter ermittelt. Selbst bei sehr hohen Quecksilberkonzentrationen in der flüssigen Phase lagen die Konzentrationen in der Gasphase innerhalb der Messgenauigkeit. Deshalb wurde der Versuchsaufbau grundlegend verändert, Bild 4-5. Für diese Versuchsanordnung ist der Einsatz eines kontinuierlichen Hg-Analysators erforderlich. Inzwischen wurde dem IUTA von der Firma VEREWA Umwelt- und Prozessmesstechnik GmbH ein kontinuierlich arbeitender Quecksilbergenerator (HM 1400 TR) kostenlos zur Verfügung gestellt.

Ein Wäschermodell, das belastbare Vorausagen der Hg-Abscheidung ermöglicht, muss

vollständig sein. Dazu gehört die Kenntnis aller relevanten Liganden. Da die Ligandenstärke in der Reihe $\text{Cl}^- < \text{Br}^- < \text{I}^- < \text{CN}^-$ zunimmt und sich Bromid und Iodid als auch in geringen Konzentrationen nicht vernachlässigbar erwiesen haben, wurde die Konzentration von Cyanid in einer großtechnischen Rauchgaswäsche erneut überprüft. Durch zeitnahe Analyse wurde einerseits CN^- sowohl in sauren(!) als auch neutralen Waschstufen erstmals nachgewiesen, aber auch gezeigt, dass die Konzentrationen im Verhältnis zu den Hg(II)- und Halogenidkonzentrationen so klein waren, dass der Einfluss vernachlässigt werden kann. Die Stichprobe soll durch Analysen von Rauchgaswaschwasser hinter weiteren Feuerungsanlagen vergrößert werden.

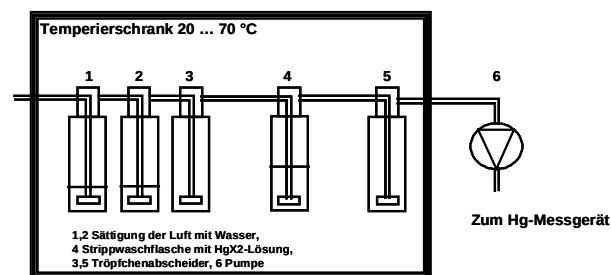


Bild 4-5: Schematischer Versuchsaufbau

Das Forschungsvorhaben 15975 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:

Dr.-Ing. Bernd Pieper
+49 (0) 20 65 418 300
pieper@iuta.de

Dr.-Ing. Margot Bittig
+49 (0) 20 65 418 300
bittig@iuta.de

4.1.6 Technikumsversuche zur Abscheidung von CO₂ aus Kraftwerksrauchgasen - Vergleich von Membrankontaktoren und strukturierten Packungen

Gemeinsam mit der TU Dortmund wurde das IGF-Projekt 15234 „Verbesserung der Druckgaswäsche für CO₂ aus Rauchgasen durch Membrankontaktoren und Simulation von Wirkungsgrad optimierten Kraftwerksprozessen mit postcombustion decarbonisation“ erfolgreich abgeschlossen.

Projektziel war die Optimierung einer CO₂-Wäsche nach einem Kohlekraftwerk. Für die experimentellen Untersuchungen wurde die Absorptionsanlage des IUTA mit einem zweistufigen Membrankontaktor erweitert. Damit wurde es möglich, den Leistungsvergleich zwischen den ursprünglich verwendeten strukturierten Packungen und den Membrankontaktoren unter gleichen Randbedingungen durchzuführen.

Die Auswahl der Waschmittel erfolgte entsprechend der Laborergebnisse des Lehrstuhls für Umwelttechnik der TU Dortmund. Als geeignet sowohl für die Labor- als auch die Technikumsuntersuchungen haben sich Monoethanolamin, Diglykolinamin und Kaliumglycinat ergeben.

Weitere Versuche an der Laboranlage der TU Dortmund zielten darauf ab, die technischen Randbedingungen und Betriebsparameter beim Einsatz von PP-Hohlfasermembranen zu ermitteln. Insbesondere galt es festzustellen, welche Verhältnisse von Waschmittel und Gas

für eine 90%-ige CO₂-Abscheidung benötigt werden. Daraus ergaben sich schließlich auch Anforderungen an die Verweilzeit der fluiden Phasen und damit die Konstruktion der Kontaktormodule für die Technikumsanlage des IUTA.

Für die Laborversuche wurde ein handelsüblicher Membrankontaktormodul aus der Wassertechnik verwendet. Sie zeigten einen deutlich reduzierten Stoffübergang des CO₂ auf der Waschmittelseite. Dem wurde bei der Ausführung des Membrankontaktors für die Technikumsanlage durch eine verbesserte Strömungsführung begegnet. Ferner wurde sie zweistufig ausgeführt, mit der Option, sowohl das Waschmittel als auch das Gas jeweils parallel oder seriell durch die beiden Kontaktormodule zu führen. Damit wurde die Spannweite bei der Einstellung des L/G-Verhältnisses wesentlich erweitert.

Das Waschmittel und das Gas werden dem Kontaktor selbst im Gegenstrom zugeführt. Das Gas strömt durch das Lumen der Kapillarmembranen, das Waschmittel hingegen umströmt die Kapillarmembranen. Der Stoffaustausch erfolgt durch die Poren der Membran, wobei entsprechend ihrer Löslichkeit bzw. Reaktivität im Waschmittel verschiedene Gaskomponenten bevorzugt durch die Membranporen diffundieren. Da der Stoffübergang an der Phasengrenze zum Waschmittel geschwindigkeitsbestimmend für die CO₂-Absorption ist, wurde die Strömungsführung des Waschmittels durch eine Zuführung über ein Zentralrohr, eine Strömungsumlenkung und Waschmittelabführung über ein weiteres Zentralrohr verändert. Erzielt wurden auf diese Weise eine Queranströmung der Kapillarmembranen und eine Verlängerung der Verweilzeit des Waschmittels im Modul.

Durch Technikumsversuche hat das IUTA Erfahrungen bezüglich des Betriebsverhaltens von Membrankontaktoren gesammelt. Die Technikumsanlage mit dem zweistufigen Membrankontaktor ist in Bild 4-6 dargestellt.

Während des Betriebs des Membrankontaktors bzw. der Absorptionkolonne mit strukturierten Packungen (Sulzer Mellapak Plus 252.Y) wird die jeweils andere Absorptionseinheit im Bypass betrieben. Die Waschmittelregeneration erfolgt durch Druckentspannung, Erhitzung und Strippen mit Dampf. Da die Stoffaustauschfläche der beiden Stufen des Membrankontaktors deutlich geringer als jene

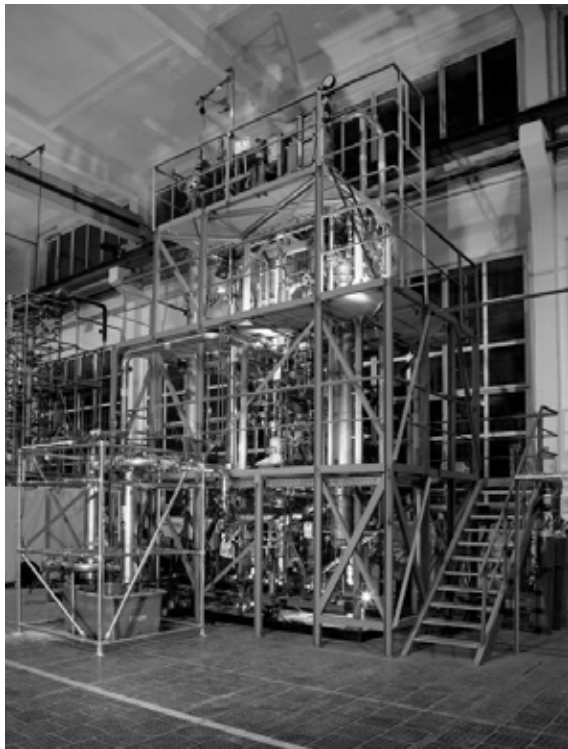


Bild 4-6: Technikumsanlage mit zweistufigem Membrankontaktor (Foto: T. Stelzmann)

der Absorptionskolonne mit strukturierten Packungen ist, wurde die CO_2 -Abscheiderate bezogen auf eine Stoffaustauschfläche von 50 m^2 ermittelt. Diese Stoffaustauschfläche stellt die Absorptionskolonne mit strukturierten Packungen zur Verfügung. Dabei unterliegt die experimentelle Bestimmung der CO_2 -Abscheiderate des Membrankontaktors Unsicherheiten, da die exakte Stoffaustauschfläche aufgrund des Auftretens von Waschmittelübertritt in die Gasphase nicht bestimmt werden konnte. Alle Technikumsversuche wurden mit $5 \text{ bar}_{\text{abs}}$ bei der Absorption und $1,8 \text{ bar}_{\text{abs}}$ bei der Regeneration durchgeführt. Es zeigte sich, dass ein stabiler Betrieb der

Technikumsanlage mit dem Membrankontaktor problemlos möglich ist und neue Betriebspunkte rasch eingestellt werden können.

Physikalische Absorption in Wasser

Der Vergleich von Membrankontaktor und strukturierten Packungen für die physikalische Absorption wurde unter anderem mit reinem CO_2 durchgeführt. Die Regeneration erfolgte durch Druckreduzierung und Erwärmen auf 65°C . Das L/G-Verhältnis wurde zwischen $0,5$ und $2,5 \text{ kg/kg}$ variiert. Die Differenzbeladung zwischen Absorption und Desorption betrug für den Membrankontaktor $5,5 \text{ g CO}_2/\text{l}$ Wasser bei einem L/G-Verhältnis von $0,5 \text{ kg/kg}$. Bei den eingestellten Betriebsbedingungen ist im thermodynamischen Gleichgewicht eine maximale Beladungsdifferenz von $6 \text{ g CO}_2/\text{l}$ Wasser zwischen Ab- und Desorption möglich. Dieser Wert wird bereits mit einem Membrankontaktor mit einer Stoffaustauschfläche von ca. 24 m^2 nahezu erreicht. Wie in Bild 4-7 dargestellt, sind mit einem Membrankontaktor mit einer Stoffaustauschfläche von 50 m^2 deutlich bessere CO_2 -Beladungen des Wassers erreichbar, als mit der Absorptionskolonne mit strukturierten Packungen. Unter dieser Voraussetzung wird bei nahezu allen L/G-Verhältnissen eine vollständige Beladung des Wassers mit CO_2 erreicht. Mit strukturierten Packungen konnte eine Differenzbeladung von $4,2 \text{ g CO}_2/\text{l}$ Wasser für alle L/G-Verhältnisse erreicht werden. Die unterschiedliche Beladungsdifferenz ergibt sich aus den verschiedenen Stofftransportvorgängen in Membrankontaktoren (Diffusion) und in Packungskolonnen (Dispersion).

Die Ergebnisse zur Physisorption zeigen das Potenzial von Membrankontaktoren als Stoffaustauschapparate bei der Druckwasserwäsche für Gase mit höheren CO_2 -Partialdrücken, wie sie beispielsweise in Synthese- oder Biogasen auftreten.

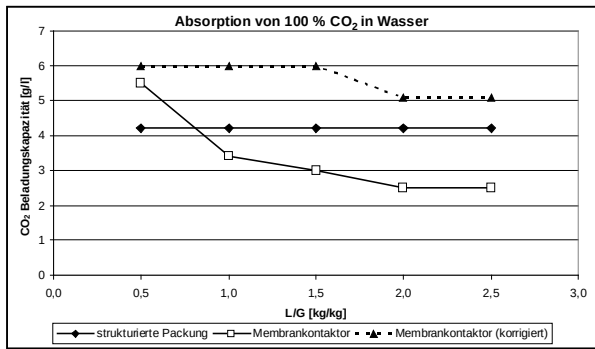


Bild 4-7: CO₂-Beladungskapazität bei der Physisorption von CO₂ in Wasser

Chemische Absorption

Ermittelt wurde auch die Effizienz der CO₂-Abscheidung in chemischen Waschmitteln im unmittelbaren Vergleich zum dispersiven Stoffaustausch in einer Absorptionskolonne mit strukturierten Packungen. Die Versuche wurden mit einem Modellgas mit 14 Vol.-% CO₂ und 6 Vol.-% O₂ in Stickstoff durchgeführt, entsprechend den Hauptkomponenten von Rauchgas aus Kohlekraftwerken. Untersucht wurde eine Auswahl von 1,6 molaren Lösungen von Monoethanolamin (MEA), Diglykollamin (DGA) und Kaliumglycinat in Wasser.

Dabei ergab sich, dass die eingesetzte Membran aufgrund ihrer Wandstärke einen deutlichen Widerstand bei der Diffusion des CO₂ durch die Poren auf die Waschmittelseite darstellt. Eine Erhöhung des Waschmittelsstroms führte daher nicht für jedes Waschmittel zu einer signifikanten Steigerung der CO₂-Abscheidung, da der Stofftransport durch die Membran gehemmt ist. Lediglich bei der Absorption in 1,6 molarer MEA zeigten die Membrankontaktoren ihr Potenzial, indem bei einer Steigerung des L/G-Verhältnisses auch die CO₂-Abscheidung zunahm. Allerdings wurde mit den Membrankontaktoren eine Abscheiderate von 33,3 % erst bei einem L/G-Verhältnis von 3,1 (kg/kg) erzielt. Bei der Absorptionskolonne mit strukturierten Packungen wurde dieser Wert bereits bei einem L/G-Verhältnis von 2,1 (kg/kg) erreicht. Dabei ist davon auszugehen, dass für die Absorpti-

onskolonne mit strukturierten Packungen eine deutliche Verbesserung des Stoffaustausches und damit der CO₂-Abscheidung in der Nähe der Flutgrenze erzielt werden könnte. Die Flutgrenze liegt bei den Technikumsversuchen mit 1,6 molarer MEA-Lösung bei einem L/G-Verhältnis von 5,7 kg/kg. Höhere L/G-Verhältnisse als 2 kg/kg ließen sich allerdings aufgrund der technischen Beschränkungen der Technikumsanlage bei den gegebenen relativ niedrigen Absorptionsdrücken nicht einstellen.

Die Ergebnisse zur CO₂-Abscheidung in MEA sind in Bild 4-8 dargestellt. Die Untersuchungen mit den beiden Membrankontaktoren in serieller Schaltung sind an zwei Tagen durchgeführt worden, wobei die Membrankontaktoren vor dem zweiten Versuchstag getrocknet wurden. Damit ist die niedrigere CO₂-Abscheiderate bei L/G ~ 2,2 kg/kg auf eine reduzierte Stoffaustauschfläche am Ende des ersten Versuchstages wegen Waschmittelübertritt auf die Gasseite zu erklären. Dargestellt ist ferner die CO₂-Abscheiderate beim parallelen Betrieb der beiden Membrankontaktoren (sowohl gas- als auch waschmittelseitig). Der maßgebliche Einfluss des Stoffdurchgangs durch die Membran auf die erreichbare CO₂-Abscheidung wird durch den flacheren Kurvenverlauf bei einer Steigerung des L/G-Verhältnisses von 1,1 kg/kg auf 1,6 kg/kg deutlich. Die Menge des die Membran passierenden CO₂ reicht nicht aus, die Aufnahmekapazität des Waschmittels für CO₂ auszuschöpfen, so dass durch ein höheres Angebot an Waschmittel keine signifikante Steigerung der CO₂-Abscheidung erzielt werden kann.

Die Absorption von CO₂ in den ausgewählten Waschmitteln ist ein exothermer Prozess, so dass es typischerweise zu einem deutlichen Temperaturanstieg im Waschmittel kommt. Durch die höhere Waschmitteltemperatur wird die chemische Reaktion von CO₂ mit den Aminen beschleunigt. Bei allen Untersuchungen mit Membrankontaktoren lag die Wasch-

mitteltemperatur wegen des geringeren Stoffübergangs deutlich unterhalb der Temperaturen in der Absorptionskolonne mit strukturierten Packungen. Nur bei den Untersuchungen mit MEA wurden Temperaturen im Waschmittel ermittelt, die für einen nennenswerten Umsatz von CO_2 ausreichen.

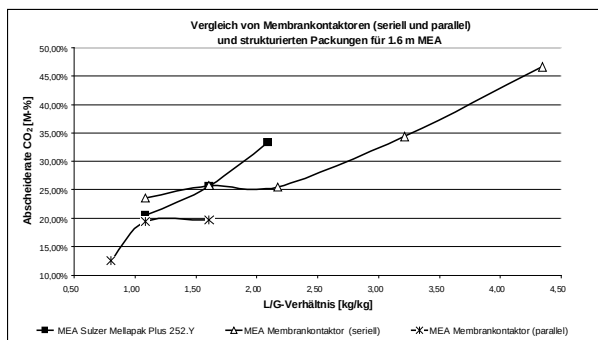


Bild 4-8: Abscheiderate von CO_2 in 1,6 molarer MEA-Lösung

Die Untersuchungen zum Einfluss des L/G-Verhältnisses auf die CO_2 -Abscheidung belegten aber auch die postulierte große Flexibilität und Betriebsstabilität der Membrankontaktoren. Bestätigt wurde auch der deutlich reduzierte Stoffübergang von O_2 in das Waschmittel MEA beim Betrieb von Membrankontaktoren. Die Sauerstoffaufnahme bei den beiden anderen chemischen Waschmitteln (DGA und Kaliumglycinat) ist generell sehr niedrig, wie auch die Laborversuche des Lehrstuhls Umwelttechnik der TU Dortmund ergaben. Während der Betriebsdauer der Technikumsanlage konnte für diese Waschmittel daher kein signifikanter Einfluss der Membrankontaktoren festgestellt werden.

Trotz der grundsätzlich gezeigten Machbarkeit der CO_2 -Abscheidung aus Kraftwerksrauchgasen in Membrankontaktoren zeigte sich noch weiterer Entwicklungsbedarf bei den eingesetzten Membranen. Vor allem die Hydrophilierung der Membran schreitet schon nach kurzem Einsatz rasch voran, so dass bereits nach wenigen Betriebsstunden beträchtliche Waschmittelübertritte auf die

Gasseite beobachtet wurden. Dieser Effekt nimmt im Laufe der Einsatzzeit der Membrankontaktoren zu, so dass der Einfluss bei den zuerst durchgeführten Technikumsversuchen mit Wasser und MEA weniger deutlich auftritt als bei den Untersuchungen mit DGA und Kaliumglycinat. Zurückgeführt wird dieser Effekt auf eine Veränderung der Morphologie und der Oberflächenenergie der Polypropylenmembran durch chemische und thermische Einflüsse.

Das Forschungsvorhaben 15234 N 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.

Der Abschlussbericht steht unter www.iuta.de zum Download bereit.



Ansprechpartner:

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

4.2 Luftreinhaltung & Filtration

4.2.1 Zentrum für Filtrationsforschung und funktionalisierte Oberflächen in NRW - ZF³

IUTA hat in Kooperation mit dem Institut für Verbrennung und Gasdynamik (IVG) und dem Lehrstuhl für Thermische Verfahrenstechnik (TVT) der Universität Duisburg - Essen sowie dem Deutschen Textilforschungszentrum Nord-West (DTNW) in Krefeld das F&E-Projekt „Zentrum für Filtrationsforschung und funktionalisierte Oberflächen in NRW - ZF³“ initiiert. Dieses Projekt zählt zu den 12 Gewinnern des Spitzentechnologie-Wettbewerbs „Hightech.NRW“ des Ministeriums für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie. Für die Durchführung stellt das Land NRW rund 7,65 Mio. € bereit, von denen 5,65 Mio. € auf IUTA und rund 2 Mio. € auf anderen Partner entfallen. Die Projektlaufzeit beträgt drei Jahre und endet 2012.

Den Schwerpunkt der Forschungsarbeiten bilden drei Themenkomplexe:

- Entfernung von hochtoxischen Komponenten aus Gasen
- Filtration von Flüssigaerosolen
- Partikelabscheidung an Faserfiltern.

Um die Industrierelevanz und die Umsetzung der erzielten Forschungsergebnisse sicher zu stellen, wurde ein Industriebeirat gegründet, in dem Filterhersteller, Textilveredler, Nano-Partikel-Produzenten, Adsorbens- und Katalysator-Hersteller und Anwender filtertechnischer Produkte vertreten sind. Der Industriebeirat tagt ein bis zwei Mal pro Jahr, ausgewählte Mitglieder halten im Steering Committee permanent engen Kontakt zum Projektteam.

Am 04. November 2010 traf sich das Gremium bereits zum zweiten Mal. 37 Unternehmensvertreter, überwiegend von kleinen und mittleren Unternehmen aus Nordrhein-Westfalen, konnten sich nicht nur vom Fortschritt der Projektarbeiten überzeugen, sondern auch die fast fertiggestellte neue Technikumshalle besichtigen, in der zukünftig die Arbeiten des Zentrums ZF³ gebündelt werden sollen (Bild 4-9). Die Übergabe dieses Neubaus wird für die erste Jahreshälfte 2011 erwartet.

In den nachfolgenden Kapiteln werden bisher im Rahmen des Projekts erzielte Ergebnisse an ausgewählten Beispielen dargestellt.

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





Bild 4-9: Neubau mit Technikumshalle und Bürokomplex

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 Beispiel sei das Wehrwissenschaftliche Institut für Schutztechnologien (WIS) der Bundeswehr in Munster/Niedersachsen genannt. Als Adsorbentien werden in diesen Anwendungen Aktivkohlen, häufig mit anorganischen Imprägnierungen versehen, verwendet.

Da hochtoxische Substanzen aber in vielen zivilen Anwendungsfeldern auftreten, z. B. als Zwischenprodukte der chemischen Industrie (z. B. HCN , COCl_2) oder in Konsumentennahen Produkten (z. B. HCN in Mandeln, Zigarettenrauch), ist insbesondere die systematische Vermessung der Adsorption von Toxinen in niedrigen Konzentrationsbereichen von Interesse.

Vor diesem Hintergrund adressiert der Teilbereich 1 des Projekts ZF³ folgende Themen:

1. Aufbau von Adsorptions- und Filter-Testständen für den unteren Konzentrationsbereich

2. Entwicklung neuer hochselektiver (Konzentrations-/Charakterisierungs-) Messtechnik
3. Vermessung der Toxin-Adsorption im unteren ppm- und ppb-Bereich
4. Entwicklung neuer Adsorptionssysteme auf Basis reaktiver Nanopartikel
5. Entwicklung neuer Adsorptionssysteme auf Basis textiler Matrices.

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

Ein Fließbild dieser Versuchsanlage, mit der Durchbruchkurven von Filtern, Schüttungen, Schäumen und Kanistern (Gasmasken) gegenüber einer Vielzahl von Gasen und Dämpfen gemessen werden sollen, ist in Bild 4-10 dargestellt. Die Untersuchungen zur Adsorption werden im Temperaturbereich 10°C bis 50°C durchgeführt, die Dekontamination und die Desorption der Adsorptivfiltermedien erfolgt in einem Temperaturbereich bis 250°C . Im strömungsführenden System liegt Unterdruck vor. Geplant sind Untersuchungen u. a. mit folgenden Toxinen:

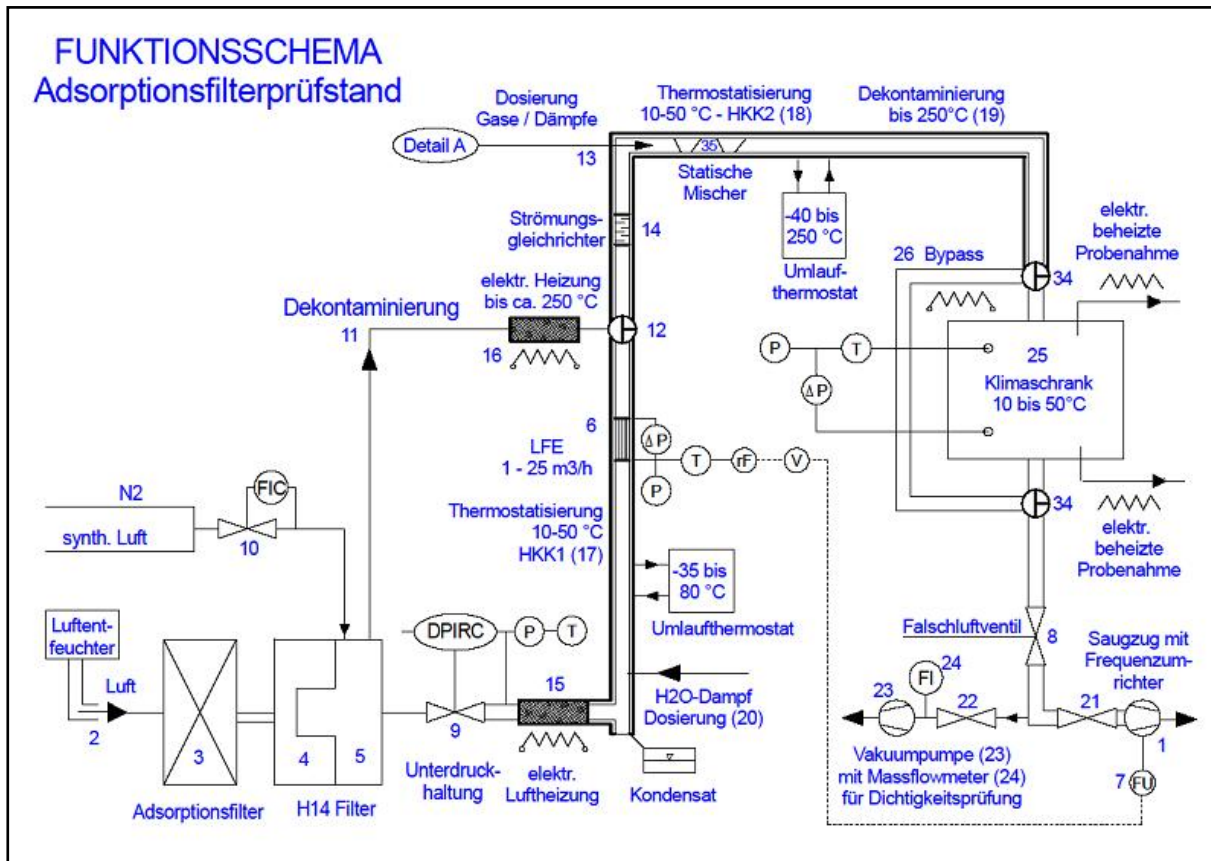


Bild 4-10: Versuchsanlage zur Adsorption toxischer Gaskomponenten

Acetaldehyd, Acrylnitril, Allylalkohol, Acrolein, Ammoniak, Benzol, Blausäure, Brommethan, Chloroform, Formaldehyd, Methylamin, Methyljodid, Schwefeldioxid und Siloxan.

Im Rahmen des Forschungsprojekts werden an dieser Anlage verschiedene Messtechniken getestet und (weiter-) entwickelt. Ein Online-Massenspektrometer-System dient als stationäres Referenzsystem, das zur Konzentrationsüberwachung von gasförmigen Filterdurchbrüchen im ppb-Bereich eingesetzt wird. Eine Funktionsskizze des Messsystems aus zwei Online-PTR-MS (Protonen-Transfer-Massenspektrometern P1 und P2) und einer Gaskalibriereinheit (GCU) ist in Bild 4-11 dargestellt. Zusätzlich dient es zur Validierung der im Projektverlauf einzusetzenden mobilen Gasdetektionseinheiten, die im Labor und an wechselnden Standorten in der Praxis das Gebrauchsdauer-Ende (End of Service Life Indicator - ESLI) von Gasfiltern mit funktionalisierten Oberflächen anzeigen sollen. Der

Aufbau der Gasdetektionseinheit ist in Bild 4-12 zu sehen.

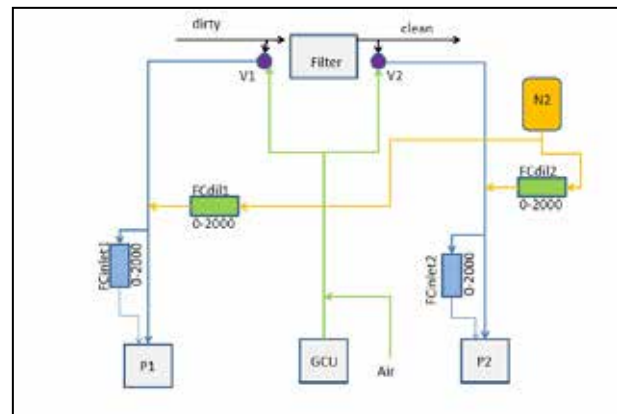


Bild 4-11: PTR-MS-Messsystem

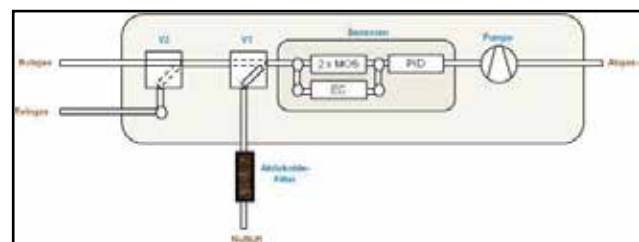


Bild 4-12: End of Service Life Indicator

Ansprechpartner:

Prof. Dr.-Ing. Dieter Bathen
+49 (0) 2065 755 207
bathen@iuta.de

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

Themenbereich 2: Filtration von Flüssig-aerosolen

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

Im Jahr 2010 wurden zum Einen grundlegende Untersuchungen des Filtrationsvorganges in und an Druckluftfiltermedien durchgeführt und zum Anderen das Grobkonzept für den Druckluftfilterprüfstand verfeinert und technisch verbessert. Zusammen mit der Lieferfirma wurde das detaillierte Pflichtenheft abgeschlossen.

Basisuntersuchungen an Filtermedien

Grundlegende Untersuchungen, die Hinweise auf Optimierungspotentiale liefern, erfolgen in einem Strömungskanal. Darin werden die Filtermedien, bzw. die Medienkombinationen (Filtermedium plus Drainagemedium) wie im realen Anwendungsfall lotrecht eingespannt (Filterflächennormale $\perp$ Erdbeschleunigung). Bild 4-13 zeigt den Strömungskanal mit dem eingebauten Filtermedium und den abströmseitig installierten Sensoren für die Strömungsgeschwindigkeit (Staudrucksonde) und für die Partikelanzahl (Probenahmesonde des Partikelzählers).

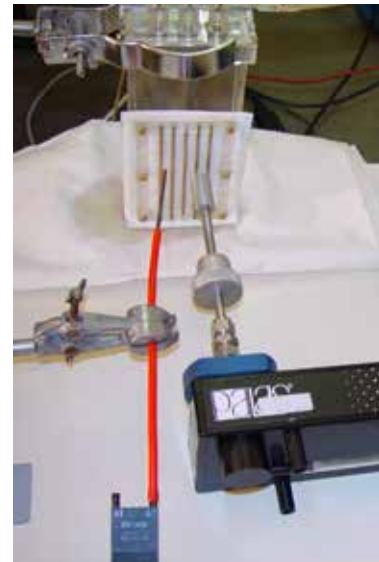


Bild 4-13: Strömungskanal mit Staudrucksonde (links) und Probenahmesonde des Partikelzählers (rechts)

Mit diesem Messaufbau wurde die Abströmgeschwindigkeit an fünf verschiedenen Positionen (10 mm, 30 mm, 50 mm, 70 mm und 90 mm vom oberen Rand) gemessen. Die Messungen wurden an verschiedenen Medien bzw. Medienkombinationen zunächst trocken und anschließend tauchgesättigt (mit Kompressorenöl bestimmter Viskosität) durchgeführt. Der Luft-Volumenstrom betrug 0,1 m³/min bei einer freien Filterfläche von 60 cm². Bei allen Versuchen mit gesättigten Filtermedien stellte sich tendenziell ein ähnliches Profil ein; im unteren Filterbereich wurde eine erhöhte Strömungsgeschwindigkeit und im oberen Bereich eine entsprechend verringerte Strömungsgeschwindigkeit gemessen. Bei den trockenen Medien war die Geschwindigkeitsverteilung homogen.

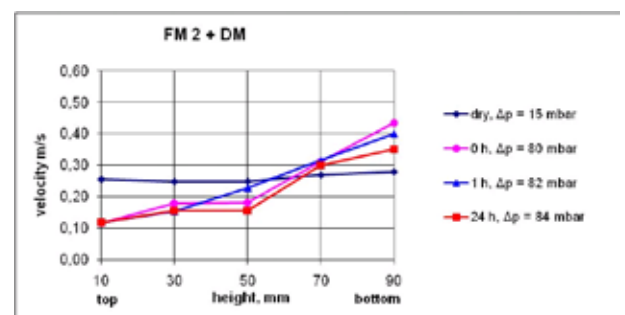


Bild 4-14: Strömungsprofil am Filtermedium 2 mit nachgeschaltetem Drainagemedium

Bild 4-14 zeigt beispielhaft das gemessene Strömungsprofil für eine bestimmte Medienkombination im trockenen und in verschiedenen gesättigten Zuständen (direkt nach der Tauchsättigung, 1 Stunde danach und 24 Stunden danach).

Für die Versuche mit nachgeschaltetem Drainagemedium wurden Filter mit drei unterschiedlichen nominalen Abscheidegraden verwendet: FM 1 mit 92 %, FM 2 mit 97 % und FM 3 mit 99,96 %.

In Tabelle 4-1 sind die Ergebnisse zusammengestellt. Der obere Dreierblock enthält die Ergebnisse der Messungen an den reinen Filtermedien, im unteren Dreierblock die Ergebnisse der Messungen an den jeweiligen Kombinationen mit Drainagemedium. Neben dem jeweiligen Druckverlust ist die Anzahl der pro Zeiteinheit penetrierten Partikel (gemittelt über den Ort) angegeben, die bei gleicher Rohgaskonzentration gemessen wurden.

Man erkennt, dass die gemessene Anzahl penetrierter Partikel bei den Versuchen im oberen Dreierblock für die ölgesättigten Filter ohne Drainagemedium in der gleichen Größenordnung lag, ganz im Gegensatz zu den trockenen Filtern. Das „gute Medium“ wurde also schlechter und das „schlechte Medium“

wurde durch die Flüssigkeitseinlagerung besser. Dies gibt Anlass zu der Vermutung, dass der gemessene Abscheidegrad der Medien von der eingelagerten Flüssigkeitsmenge bestimmt wird und diese den Beitrag der einzelnen Fasern aufhebt.

Betrachtet man den unteren Dreierblock, so ist zu erkennen, dass durch das Hinzufügen der Drainageschicht der ursprüngliche Abscheidegrad wieder reaktiviert und sogar verbessert wird.

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

Druckluftfilterprüfstand für große Volumenströme

Im IUTA werden seit Jahren Druckluftfilterprüfstände betrieben, deren Volumenströme auf 50 m³/h begrenzt sind. Im Rahmen des Projektes ZF³ soll ein weiterer Druckluftfilterprüfstand für Volumenströme bis zu 3000 m³/h aufgebaut werden, bei dessen Auslegung der energetische Aspekt eine wesentliche Rolle spielte.

Tabelle 4-1: Anzahl der penetrierten Partikel (Spalten #) gemittelt über Ort

Medium	Filtrationseigenschaften bei 28 cm/s Anströmgeschwindigkeit							
	trocken		Zeitabstand nach Vollsättigung					
			0 h		1 h		24 h	
	Δp / mbar	#	Δp / mbar	#	Δp / mbar	#	Δp / mbar	#
FM 1 (92%, 80Pa bei 5,3 cm/s)	8	20000	58	18000	58	16000	56	5000
FM 2 97%, 160Pa bei 5,3 cm/s)	14	1000	60	15000	58	8000	58	5000
FM 3 (99,96%, 290Pa bei 5,3 cm/s)	18	15	97	19000	95	14000	91	6000
FM 1 + Drainmedium	12	18000	54	8000	60	2500	55	3000
FM 2 + Drainmedium	15	1300	80	2500	82	500	84	500
FM 3 + Drainmedium	22	35	82	3000	94	500	94	50

Für die Verdichtung eines Luftvolumenstroms von ca. 3000 m³/h von 1 bar (a) auf 8 bar (a) müsste eine elektrische Leistung von ca. 360 kW bereit gestellt werden. Um dies zu umgehen, wurde ein neues Konzept der Strömungsführung entwickelt; die offene Strömungsführung wurde durch die Strömungsführung in einem nahezu geschlossenen Kreislauf ersetzt. Bild 4-15 zeigt das Verfahrensfliessbild des neuen Prüfstands.

Der nahezu geschlossene Kreislauf kann prinzipiell in drei Baugruppen unterteilt werden: die Druckluftversorgung mit einem 2 m³ Tank, die Vierfach-Zwischenverdichtung mit Kühlung, Temperatur-, Feuchte-, und Durchflussregelung und die Messstrecke mit Aerosolgeneratoren, Filterhalter und Partikelmesssystem. Das Partikelmesssystem ist ausgelegt nach ISO 8573 (three layer membrane). Zusätzlich

kann ein optischer Partikelzähler eingesetzt werden, der weitergehende Informationen über Partikelgrößenverteilung und -konzentration in einem Quasi- Online Messverfahren zur Verfügung stellt.

Der Prüfstand wird im Jahr 2011 geliefert und in der neuen ZF³ - Halle betrieben.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Wolfgang Mölter-Siemens
+49 (0) 2065 418 300
moelter@iuta.de

Dipl.-Ing. Georg Lauber
+49 (0) 2065 418 106
lauber@iuta.de

Dipl.-Ing. Almut Kerßenboom
+49 (0) 2065 418 106
kerssenboom@iuta.de

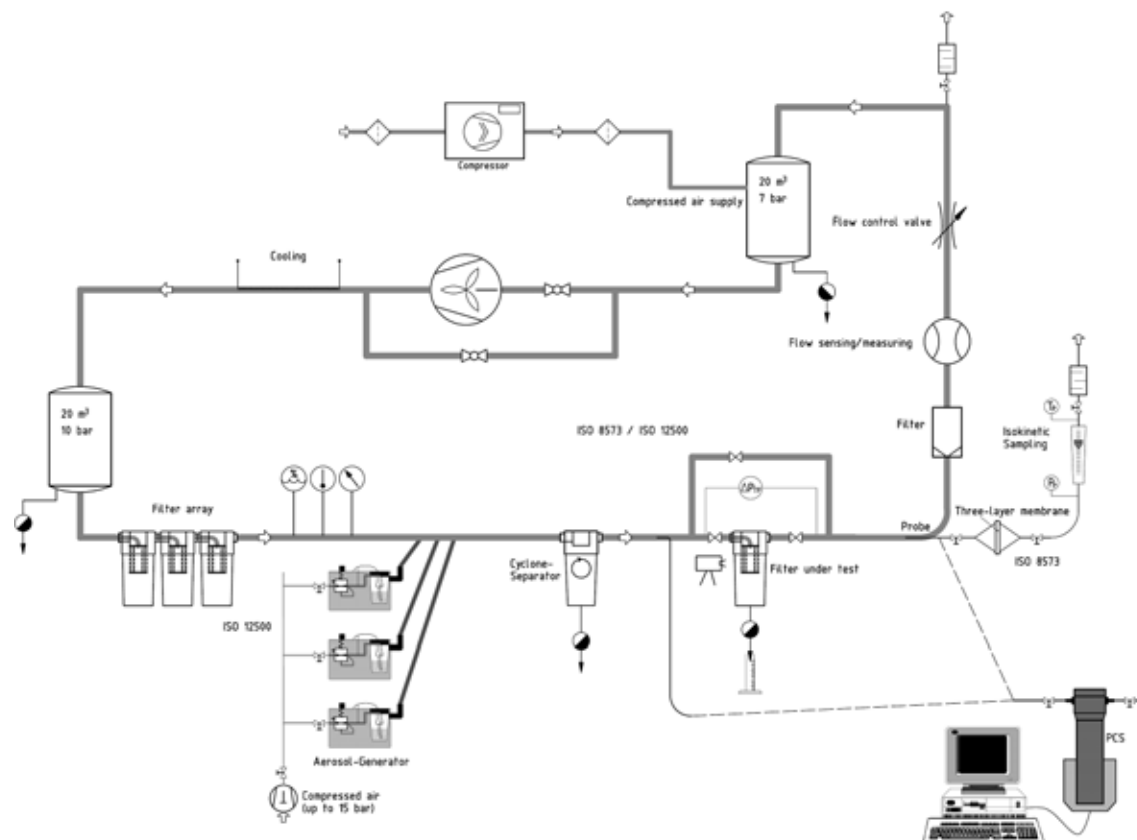


Bild 4-15: Verfahrensfließbild zum neuen Prüfstand

Themenbereich 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 das IUTA die Leistungstests und den Vergleich mit kommerziell verfügbaren Medien und Filtern durchführt. Es wurden 2010 insbesondere die Veränderung der elektrostatischen Eigenschaften nach der Funktionalisierung und der Einfluss einer Nanofaserschicht untersucht.

Innerhalb des Themenbereiches 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 wie auch der Unterscheidung von agglomerierten oder faserförmigen Partikeln. Ein Ansatz zur Analyse der Abscheideeffizienz ist die Verwendung von

fluoreszierenden Tracer-Partikeln. Hier soll vorhandene Messtechnik weiterentwickelt werden, 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. Im Jahr 2010 wurde besonders der Einfluss der Oberflächenrauheit sowie einer zusätzlich aufgetragenen Nanofaserschicht berücksichtigt.

Funktionstest von Filtermedien mit Nanofasern

Bild 4-16 zeigt das Rückhaltevermögen der Medien als Funktion des Partikeldurchmessers für das Medium im ursprünglichen Zustand und mit zwei Nanofaserauflagen. Für Partikel unterhalb von 1,0 μm ergibt sich ein sehr geringer Abscheidegrad von weniger als 10 %, der sich offensichtlich durch die Nanofaserauflage deutlich steigern lässt. Damit geht allerdings eine Erhöhung des Druckverlusts einher und eine deutliche Verschlechterung der Staubspeicherkapazität (nicht dargestellt).

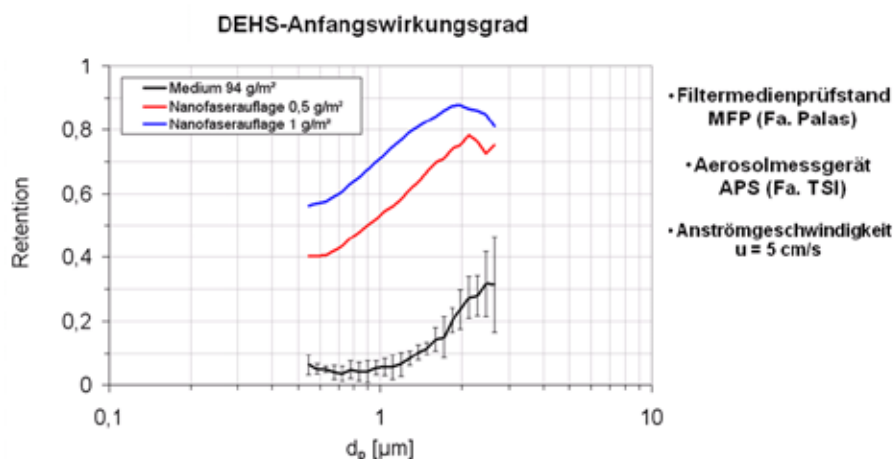


Bild 4-16: Veränderung des Rückhaltevermögens nach Aufbringen von Nanofasern

Messtechnik

Im dem Teilprojekt wurde in 2010 u. a. ein hochauflösendes Flugzeit-Aerosol-Massenspektrometer in Betrieb genommen (Bild 4-17) und der erste funktionstüchtige Prototyp eines optischen Partikelzählers für fluoreszierende Partikel aufgebaut (Bild 4-18).



Bild 4-17: Flugzeit-Aerosol-Massenspektrometer

Modellierung der Oberflächenrauheit

Ziel dieses Teilprojektes ist es, mit Hilfe numerischer Strömungssimulationen (CFD) die Prozesse, die zur Abscheidung von Partikeln in Filtern führen, besser zu verstehen und über die gezielte Veränderung von geometrischen Eigenschaften der Fasern die Entwicklung neuartiger, verbesserter Filter voranzutreiben. Hierzu wird die Partikelabscheidung auf glatten und strukturierten Einzelfasern über numerische Strömungssimulation mit FLUENT modelliert.

Bild 4-19 zeigt die entsprechende Diskretisierung der Mikrofasern und Bild 4-20 das berechnete Profil der Partikelanzahl. Bei geringfügig besserer Abscheideeffizienz wurde eine signifikante Druckverlustverringerng berechnet.

Ansprechpartner:

PD Dr.-Ing. Frank Schmidt
+49 (0) 203 379 2780
f.schmidt@iuta.de



Bild 4-18: Optischer Partikelzähler für fluoreszierende Partikel

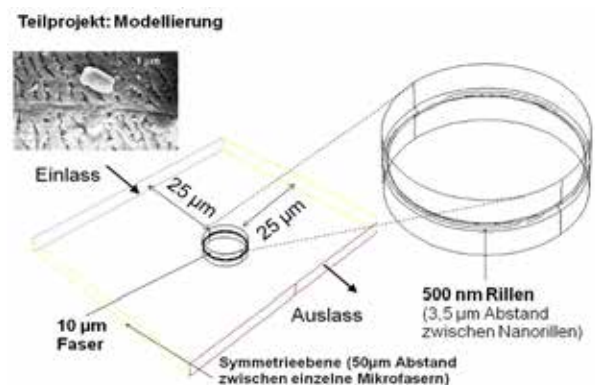


Bild 4-19: Modellierung der rauhen Faser

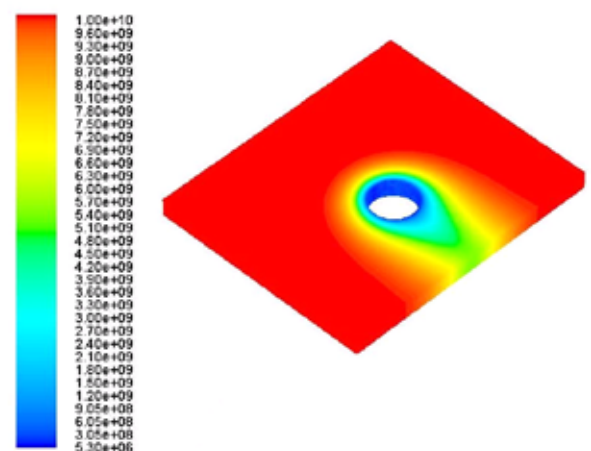


Bild 4-20: Partikelkonzentrationsprofil um angeströmte Einzelfaser

4.2.2 Filterprüfzentrum

Das Filterprüfzentrum des IUTA ist organisatorisch in den Bereich „Luftreinhaltung & Filtration“ eingebettet.

Schwerpunkt der Forschungs- und Entwicklungsaufgaben, aber auch des Dienstleistungsbereichs, bilden die verschiedensten Filterprüfungen, für die mehrere Prüfstände betrieben werden. Mit ihnen wird das Abscheideverhalten von Filtern für Partikel, Gase, Ölaerosole und Gerüche durch vielfältige Prüfungen untersucht:

- Filtersysteme gemäß DIN EN 779
- Filtermedien gemäß DIN 1822
- Geruchsfilter gemäß EN 13725
- Druckluftfilter gemäß ISO 12500
- Kfz-Innenraumfilter gemäß DIN 71460

Neben den Filterprüfungen nach Norm werden weitere Fragestellungen untersucht. Dazu zählen das Nachlassen der Abscheideeffizienz während der Betriebsphase oder Alterungsvorgänge an den Filtern, die durch unterschiedliche äußere Einwirkungen ausgelöst werden können. Das Abscheideverhalten von Partikeln an gealterten Filtern ist ein zentrales Thema (siehe Bild 4-21). Die Alterung wird z. B. mit Zigarettenrauch, verschiedenen Russarten (Dieselabgas) oder Außenluft durchgeführt.

Das Filterprüfzentrum ist zentraler Bestandteil im Forschungsprojekt ZF³ (Zentrum für Filtrationsforschung und funktionalisierte Oberflächen) sowie im Projekt Oxi-Filter (BMBF-Projekt Nr. 03X0065B, Laufzeit: 01.03.2009 - 29.02.2012).

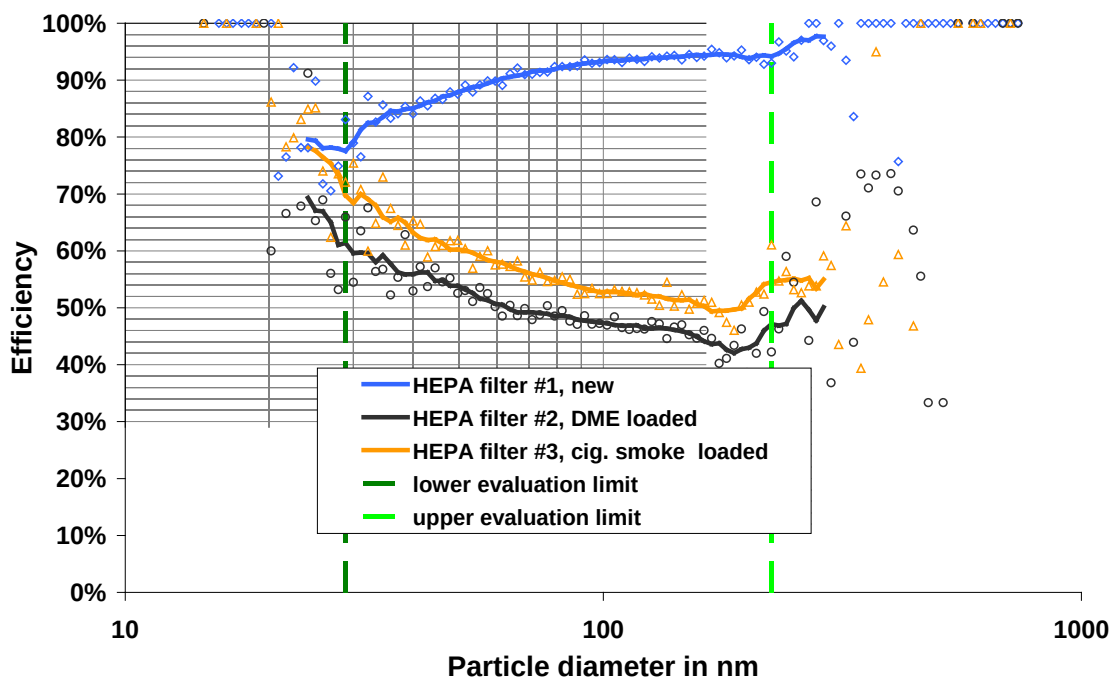


Bild 4-21: Abscheideverhalten von Dieselruß an neuen und gealterten Filtern

Emissionsminderung mittels funktionalisierter Textilien

Im vorliegenden Fall sollte IUTA untersuchen, ob funktionalisierte Textilien zur Reduzierung der Emissionen im Kfz-Innenraum beitragen können. Hierbei war auch die Möglichkeit der Geruchsminderung in Betracht zu ziehen.

Die Textilien wurden mit unterschiedlichen Adsorptionsmitteln und Verarbeitungsverfahren modifiziert bzw. behandelt, um den Oberflächen funktionale Eigenschaften aufzuprägen. Als Testsubstanz für die Überprüfung der Wirksamkeit wurde n-Butanol gewählt, da der Alkohol mit dem Siedepunkt von 118 °C in der Gruppe der VOC eingeordnet werden kann und alle Standardkriterien für eine Geruchssubstanz erfüllt - er ist flüchtig sowie wasser- und fettlöslich. Außerdem ist die Geruchsschwelle von n-Butanol mit 123 µg/m³ genauestens bekannt, da es als Referenzsubstanz zur Kalibrierung von Geruchspanels mittels dynamischer Olfaktometrie nach DIN EN 13725 eingesetzt wird.

Nach erfolgreicher Methodenentwicklung wurden mehrere Proben von jeweils 100 cm² der zu testenden Textilien 4 Stunden im Klimaschrank bei 60°C getrocknet und danach über Nacht mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50 % bei 25°C konditioniert.

Die in dieser Form vorbereiteten Textilproben wurden für die verschiedenen Testreihen in Versuchskammern von 17 l eingebracht. Das entspricht einem Flächen-Raum-Koeffizienten von 0,5882 l/m².

Die Versuchskammern wurden evakuiert und danach aus einer Prüfgasflasche mit einer n-Butanol-Konzentration von 178 mg/m³ (Geruchskonzentration = 1447 GE/m³) gefüllt, (siehe Bild 4-22).

Bei einer Einwirkzeit (Adsorptionszeit) von 10 min unterscheiden sich die Ausgangskonzentration (178 mg/m³ n-Butanol = 1447 GE = 31,6 dB_{od}) und Endkonzentration (65 mg/m³

n-Butanol = 528 GE = 27,2 dB_{od}) um mehr als den Faktor 2 voneinander bzw. weisen die logarithmischen dB_{od}-Werte (Dezibel-Odour) eine größere Differenz als 3 dB_{od} auf. Demnach ist die menschliche Nase in der Lage, eine geruchsmindernde Wirkung eindeutig festzustellen.

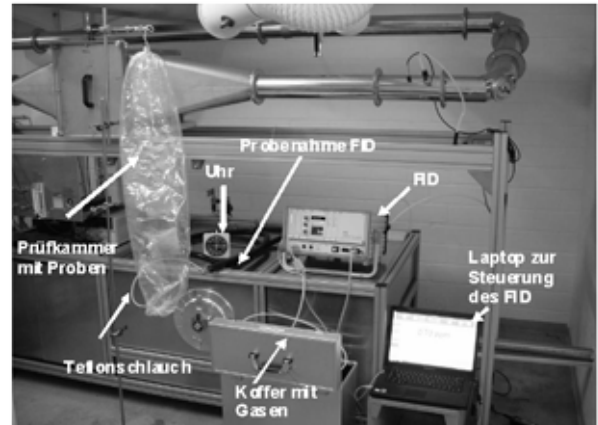


Bild 4-22: Versuchsanordnung

In Bild 4-23 ist die jeweilige Restkonzentration in der Versuchskammer nach der festgelegten Adsorptionszeit (10 min) für drei Proben (à 100 cm²) dargestellt (2 Minuten Messzeit).

Für den Textilvergleich wurden aus solchen Diagrammen Durchschnittskonzentrationen errechnet und als Restkonzentration mit einer Standardabweichung von 5 mg/m³ angegeben.

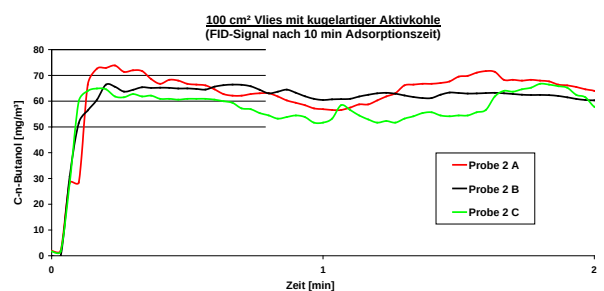


Bild 4-23: Messung der Restkonzentration in der Versuchskammer nach der Adsorption (hier für das Referenzmaterial)

Es wurden verschiedene Textilien (Tabelle 4-2) nach der beschriebenen Methode untersucht und mit einem Referenzmaterial (Probe 2) verglichen. Bild 4-24 zeigt einen Vergleich der erreichten Restkonzentration für die in der Tabelle angegebenen Textilien. Die Differenz zur Ausgangskonzentration von 178 mg/m^3 entspricht der von der Probe aufgenommenen Menge. Die eingezeichneten Fehlerbalken von $\pm 5 \text{ mg/m}^3$ geben die Messunsicherheit der Methode an.

Im folgenden Bild 4-25 ist dasselbe Ergebnis im Geruchsmaß [dB_{od}] dargestellt. Zu Beginn der Adsorptionstests lag der Ausgangspegel in der Prüfkammer bei $31,6 \text{ dB}_{\text{od}}$, berechnet aus der vorgelegten Konzentration und der Geruchsschwelle für n-Butanol.

Die eingezeichneten Balken von $+ 3 \text{ dB}_{\text{od}}$ entsprechen dem von der menschlichen Nase unterscheidbaren Pegel. Demnach ist mit den Proben 1, 2, 5 und 6 die Absenkung der Geruchsstoffkonzentrationen olfaktometrisch deutlich wahrzunehmen.

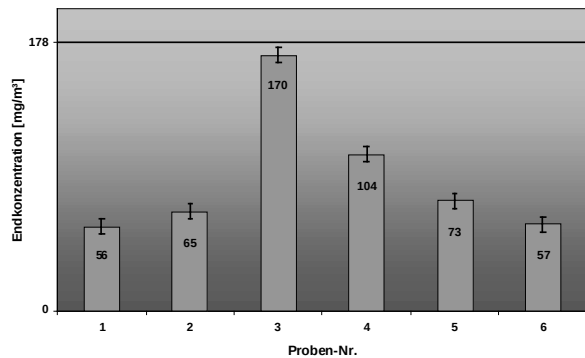


Bild 4-24: Restkonzentrationen n-Butanol nach dem Adsorptionstest mit Textilien nach Tabelle 4-2

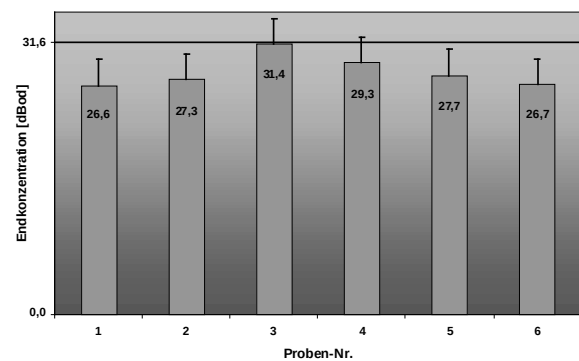


Bild 4-25: Restpegel n-Butanol [dBod] nach dem Adsorptionstest für die Proben aus Tabelle 4-2

Ansprechpartner:

Dipl.-Chem. Hartmut Finger
+49 (0) 20 65 418 220
finger@iuta.de

Tabelle 4-2: Übersicht der untersuchten Textilien

Probe	Bezeichnung	Bemerkung
1	Vlies mit Granulat-Aktivkohle	nicht abgedeckt
2	Vlies mit Kugelnkohle	nicht abgedeckt
3	Blind-Material	Trägermaterial (Autohimmel ohne Aktivkohle)
4	Komposit-Material mit Granulat-Aktivkohle	verklebter Autohimmel
5	Vlies mit Granulat-Aktivkohle	laminiert (abgedeckt)
6	Vlies mit Kugelnkohle laminiert	laminiert (abgedeckt)

4.2.3 Adsorption von Stickoxiden an katalytisch wirkenden Adsorbentien

Im Rahmen des Projektes „Katalytische Umsetzung von NO_x an nanoskaligen Materialien in Dünnschichtfiltern“ wurden katalytisch wirkende Adsorbentien für Dünnschichtfilter entwickelt und ihre Wirksamkeit hinsichtlich der Stickoxid-Abscheidung im Bereich der Kfz-Innenraumfiltration untersucht. Charakteristisch für diese Anwendung sind moderate Temperaturen und lange Verweilzeiten zwischen den Beladungsvorgängen während der Stillstandzeiten der Kraftfahrzeuge.

Der Grundgedanke war, in Aktivkohlen nanoskalige Katalysatoren einzuschleusen, die auf der inneren Oberfläche adsorbiertes NO_x zu physiologisch neutralen Stoffen umsetzen und so zu einer fortlaufenden Regeneration des Adsorbens führen. Das Ausgangsadsorbens (Aktivkohle) sollte über Chemisorption der Stickoxide als Pufferspeicher wirken. Die bei Umgebungstemperatur sehr langsame katalytische Umsetzung der abgeschiedenen Stickoxide kann über die Verlängerung der Verweilzeit ausgeglichen werden. Dies wird über die im Allgemeinen langen Stillstandzeiten der Kraftfahrzeuge erreicht.

Die Untersuchung und Prüfung der modifizierten Aktivkohle hinsichtlich der Abscheidung von Stickstoffdioxid erfolgte durch wiederholte Beladungsversuche mit NO_2 an einem Filterprüfstand (nach DIN 71460, Teil 2). Die Adsorbens-Schüttung wurde bis zu sechsmal mit Stickstoffdioxid (Volumenanteil 4 ppm) für ca. 1,5 Stunden bei 23°C und 50 % relativer Luftfeuchte durchströmt. Vor und hinter der Schüttung wurde ein Teilstrom für die Analyse des NO_2 - und NO -Anteils entnommen und den Stickoxid-Analysatoren zugeführt. Um aussagekräftige Ergebnisse hinsichtlich der Stickoxidabscheidung zu erhalten, muss der NO -Anteil mit erfasst werden, da es auch an nicht modifizierter Aktivkohle zu einer katalytischen

Reduktion des Stickstoffdioxids zu Stickstoffmonoxid kommt.

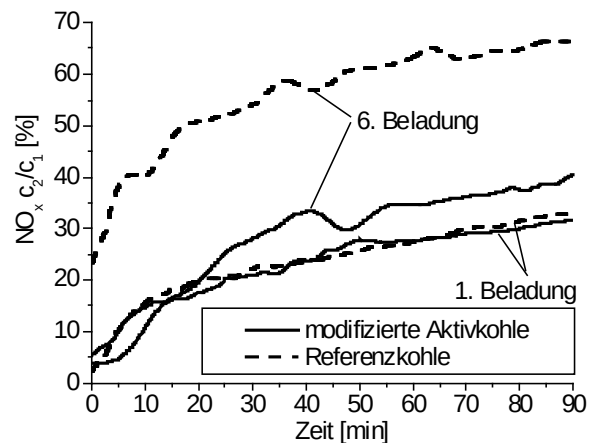


Bild 4-26: Relative NO_x -Durchbrüche durch modifizierte Aktivkohle und das Referenzmaterial bei der ersten und sechsten Beladung

Zwischen den Beladungszyklen wurde das Material ohne Durchströmung gelagert. Diese Ruhephasen wurden von zwei Stunden bis hin zu mehreren Monaten ausgedehnt, um so den Einfluss des Zeitfaktors zu untersuchen. Alle Tests wurden zum Vergleich auch an dem nicht infiltrierten Ausgangsadsorbens durchgeführt.

Die Ergebnisse zeigen, dass es bei der Abscheidung von Stickoxiden an Aktivkohle, die über die Flüssigphase mit Metalloxiden infiltriert wurde, ab der dritten Beladung zu der beabsichtigten Leistungssteigerung kommt. Mit weiteren Beladungen setzt sich diese fort. In Bild 4-26 sind als Beispiel die relativen Durchbrüche von NO_x (Konzentration hinter der Schüttung, bezogen auf die vor der Schüttung gemessene Konzentration) durch eine mit Zn/Cu -Oxid infiltrierte Kugelkohle sowie das Referenzmaterial jeweils bei der 1. und der 6. Beladung dargestellt.

Während beide Materialien bei der ersten Beladung die gleiche Charakteristik aufweisen, ist die modifizierte Aktivkohle bei der sechsten Beladung deutlich besser. Sowohl die Werte des Sofortdurchbruchs als auch die des Durchbruchs bei Versuchsende sind wesentlich geringer als bei dem Referenzma-

terial. Die verbesserten Adsorptionscharakteristiken, die sich nach den Ruhephasen bei den modifizierten Aktivkohlen einstellen, werden auf die angestrebte katalytische Umsetzung der adsorbierten Stickoxide an den infiltrierte Metallkatalysatoren zurückgeführt.

Weiterhin wurden die Koadsorption von Stickstoffdioxid und Toluol oder n-Butan an den modifizierten Adsorbentien sowie mit Dieselmotorschlagung der Einfluss einer Alterung des Sorbensmaterials auf die Stickoxidabscheidung untersucht.

Das beschriebene Forschungsprojekt wurde in Kooperation mehrerer Forschungsstellen bearbeitet, dazu gehörten neben IUTA das Institut für Verbrennung und Gasdynamik der Universität Duisburg - Essen und das Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, Mülheim an der Ruhr.

Das Forschungsvorhaben 15751 N 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.-Ing. Uta Sager
+49 (0) 203 379 3923
sager@iuta.de

4.2.4 Untersuchung der Filtereffizienz von Luftfiltern unter besonderer Berücksichtigung der elektrophoretischen Abscheidung

Ziel des Forschungsprojektes ist die Entwicklung eines Verfahrens, welches es ermöglicht, die Filtereffizienz von Luftfiltern unbeeinflusst von der durch die Partikelgenerierung verursachten Ladungsverteilung zu bestimmen. Untersuchungsgegenstand sind Filter aus zwei verschiedenen Anwendungsbereichen, einerseits Kraftfahrzeuginnenraumfilter (standardgemäße Prüfung nach DIN 71460-1 bzw. ISO/TS 11155-1), andererseits Filter für raumlufttechnische Anlagen (standardgemäße Prüfung nach DIN EN 779). Messungen werden sowohl an konfektionierten Filtern für die jeweilige Anwendung als auch an entsprechenden Filtermedien durchgeführt. Je nach verwendetem Prüfaerosol (A2, NaCl, DEHS) ist eine graduelle Annäherung an das elektrische Ladungsgleichgewicht durch die Bereitstellung von Luftionen beider Polaritäten mehr oder minder gut zu realisieren. Daher wird in diesem Projekt ein alternativer Sollzustand des Prüfaerosols vorgeschlagen. Er wird durch Verwendung nur der neutralen Fraktion des bereitgestellten Aerosols erreicht. Für die Klassierung wird ein elektrischer Abscheider eingesetzt, der möglichst alle elektrisch mobilen Partikel vor der Zudosierung in den Prüfkanal aus dem Aerosol entfernt. Die Untersuchungsergebnisse werden genutzt, um ein Routine-Verfahren für die Filterprüfung zu entwickeln, welches die Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit von Effizienzmessungen verbessert und es ermöglicht, mechanische und elektrophoretische Abscheidebeiträge besser zu unterscheiden.

Des Weiteren werden unterschiedliche Methoden untersucht, die Filter hinsichtlich ihrer elektrostatischen Eigenschaften zu neutralisieren bzw. sie zu altern. Die Neutralisierung erfolgt durch eine Behandlung der Filter mit Isopropanol oder durch eine Klimabehand-

lung. Die Konditionierung der Filter bei der Alterung erfolgt mit Außenluft und alternativ mit Dieselruß. Bild 4-27 zeigt exemplarisch Fraktionsabscheidegrade, die an einem Elektretfiltermedium bei einer Anströmgeschwindigkeit von 5 cm/s ermittelt wurden. Als Prüfaerosol dient hierbei DEHS, welches im generierungsbedingten Ladungszustand und im angenäherten Ladungsgleichgewicht verwendet wird.

Das Medium wird im unbehandelten Neuzustand und nach einer Behandlung mit Isopropanol untersucht. Als Messgeräte kommen ein Fast Mobility Particle Sizer (FMPSTM, Fa. TSI) und ein Aerodynamic Particle Sizer (APS, Fa. TSI) zum Einsatz. Das verwendete Filtermedium hat, wie rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen zeigen, durch das Isopropanol keine strukturelle Schädigung bzw. Änderung erfahren. Je nach Ladungszustand des Mediums und des Prüfaerosols werden in den vier Varianten der Fallunterscheidung unterschiedliche Abscheideprofile erzeugt. In Bild 4-28 wird die Auswirkung einer Alterung desselben Medientyps mit Außenluft veranschaulicht. Das Prüfaerosol DEHS befindet sich im generierungsbedingten Ladungszustand. Je nach Dauer der vorherigen Durchströmung mit Außenluft liegt der Fraktionsabscheidegrad näher an dem des unbehandelten Mediums oder nähert sich sukzessive dem Ergebnis für die isopropanolbehandelte Variante an.

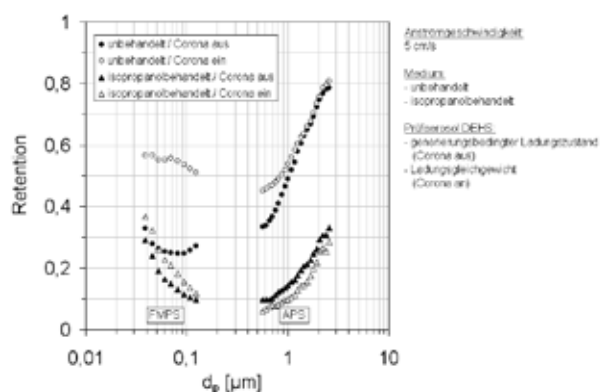


Bild 4-27: DEHS-Abscheidegrad an einem Elektretfiltermedium, Einfluss unterschiedlicher Ladungszustände von Medium und Prüfaerosol

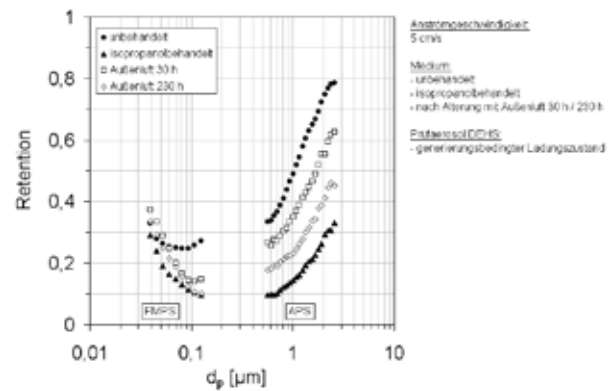


Bild 4-28: DEHS-Abscheidegrad an einem Elektretfiltermedium, Einfluss einer Alterung des Mediums mit Außenluft

Das Forschungsvorhaben 16076 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. Achim Breidenbach
+49 (0) 203 379 3787
achim.breidenbach@uni-due.de

Dipl.-Ing. Thomas Engelke
+49 (0) 20 65 418 131
engelke@iuta.de

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

4.2.5 Test von Luftwäschern und einem Luftreiniger zur Beurteilung der Abscheidung von Zigarettenrauch

Eine gute Raumluft bekommt in der heutigen Zeit, in der vermehrt über Feinstäube, Nicht-raucherschutz und Grippewellen diskutiert wird, einen immer höheren Stellenwert. Aus diesem Grund werden immer häufiger Luftreiniger eingesetzt. Die Luftreiniger verfügen zumeist über einen austauschbaren HEPA-Filter, der die Feinstäube und andere Partikel wie z. B. Pollen zurück hält. In Verbindung mit einem zusätzlichen Aktivkohlefilter werden auch Gerüche (wie z. B. von Zigarettenrauch) und darüber hinaus Schadstoffe abgeschieden.

Zu einem guten Raumklima gehört jedoch nicht nur eine saubere Luft, sondern auch eine relative Feuchte von ca. 50 - 60 % bei einer Temperatur von 20 - 23° C. Gerade in den Wintermonaten kann aufgrund der kalten Außentemperaturen die relative Feuchte in den Räumen nicht erreicht werden. Zum Ausgleich werden Luftbefeuchter eingesetzt. Hierbei unterscheidet man zwischen verdampfenden, ultraschallbetriebenen und verdunstenden Luftbefeuchtern. Eine besondere Klasse sind die als „Luftwäscher“ angebotenen Geräte, denen neben der Befeuchtung noch eine Luft reinigende Wirkung zugeschrieben wird.

Im Vorfeld einer Bewertung dieser Geräte wurde zunächst die Leistungsfähigkeit eines Luftreinigers untersucht (Weitere Untersuchungen zum Vergleich der Reinigungsleistung dieser Geräte mit den sog. Luftwäschern sind geplant).

Um die Wirkung des Luftreinigers gegenüber Zigarettenrauch zu testen, wurde in einem Raum mit Abmaßen von 4 m x 2,5 m x 2,5 m mit Zigarettenrauch eine „schlechte Raumluft“ generiert. Die Generierung erfolgte hierbei mit einem computergesteuerten Zigarettenrauchgenerator (Bild 4-29), mit dem innerhalb von

5 Minuten reproduzierbar 12 Zigaretten gleichzeitig abgeraucht werden können. Ein zusätzlich eingebrachter Ventilator sorgte für eine homogene Durchmischung im Testraum.

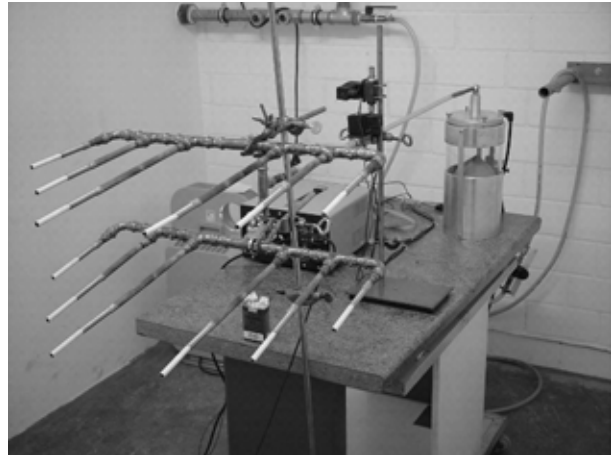


Bild 4-29: Computergesteuerter Zigarettenrauchgenerator

Für die Bewertung des Reinigers wurden über einen Zeitraum von 6 Stunden nach Beginn des Abrauchens der Zigaretten die Partikelanzahl und -konzentration mittels eines SMPSTM (Scanning Mobility Particle Sizer, TSI GmbH, Aachen) und die Gesamtkohlenstoffkonzentration mittels FID (Flammenionisationsdetektor, Testa GmbH, München) gemessen.

Der Vergleich der so gemessenen Abklingkurve mit der Abklingkurve ohne Einsatz des Gerätes konnte als Maß für eine Raumluftreinigung genutzt werden

Bild 4-30 stellt die Partikelmassenabklingkurven des untersuchten Gerätes und der Leermessung ohne Geräteeinsatz dar. Das Bild zeigt ebenfalls, dass mit dem Einsatz des Zigarettenrauchgenerators eine Partikelmassen-Konzentration von ca. 4200 µg/m³ nach 5 Minuten reproduzierbar erreicht wurde.

Erwartungsgemäß wurde diese Partikelmassenkonzentration beim Test des Luftreinigers nicht erreicht, da der HEPA-Filter schon während der Zigarettenrauchgenerierung einen Teil der Partikel aus der Luft entfernt.

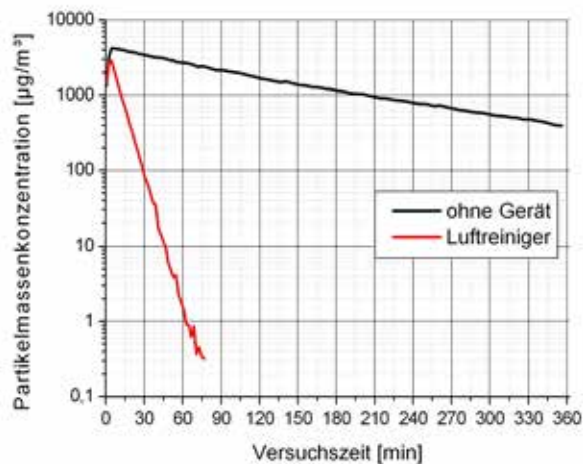


Bild 4-30: Abklingkurven Partikelmassenkonzentration

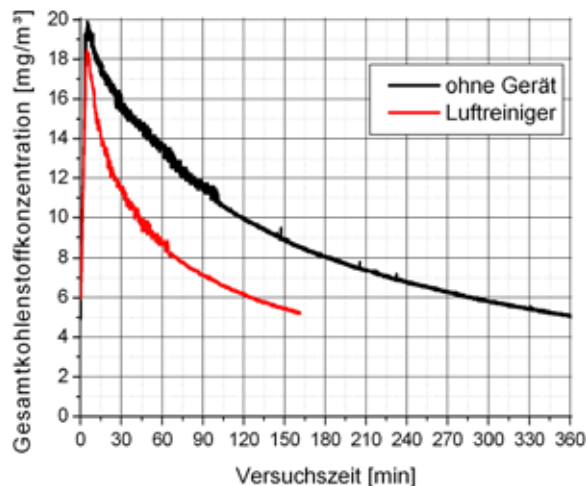


Bild 4-31: Abklingkurven Kohlenwasserstoffkonzentration

Der Null-Test - ohne Einsatz des Gerätes - zeigte, dass aufgrund von Sedimentation und Deposition auf Wänden und Oberflächen des Raumes die Gesamtpartikelmasse innerhalb von 360 Minuten von ca. 4200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ auf ca. 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sank.

In gleichartigen Test mit dem Luftreiniger konnte eine deutliche Reinigungswirkung bezüglich der Partikelfracht erzielt werden: Innerhalb von 75 Minuten nahm die Partikelmassenkonzentration auf ca. 0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ab.

Beide Kurven weisen den erwarteten exponentiellen Verlauf (entsprechend einer Gerade bei halblogarithmischer Darstellung) auf.

Bild 4-31 zeigt zusätzlich die zugehörigen Abklingkurven für die Gesamtkohlenstoffkonzentration. Nach Abrauchen der Zigaretten wurde eine Konzentration von ca. 20 mg/m^3 im Raum erreicht. Innerhalb von 6 Stunden sank diese beim Null-Test auf ca. 5 mg/m^3 .

Der Luftreiniger hatte auch diesbezüglich eine eindeutige Reinigungswirkung. Er senkte die Gesamtkohlenstoffkonzentration schon nach 160 min auf 5 mg/m^3 . Allerdings stellt sich der Verlauf der Abklingkurve als „unterexponentiell“ dar, was u. a. auf die zunehmende Sättigung des Aktivkohlefilters zurückgeführt werden kann.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Jörg Lindermann
+49 (0) 20 65 418 154
lindermann@iuta.de

4.3 Luftreinhaltung & Nachhaltige Nanotechnologie

4.3.1 nanoGEM

“Nanostrukturierte Materialien- Gesundheit, Exposition und Materialeigenschaften“



Die Kernfragen, an denen nanoGEM forscht, sind:

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

Diese und weitere Forschungsfragen werden von dem interdisziplinären und interessensübergreifenden Konsortium „nanoGEM“ aus Wissenschaft, Forschungseinrichtungen, Behörden und Industrie bearbeitet (Bild 4-32).

Nanotechnologie ist ein wesentlicher Wachstumstreiber. Über 800 mittels Nanotechnologie veredelte Produkte sind bereits für den Endverbraucher erhältlich. Mit NanoCare (2006-2009) startete das BMBF ein Projekt zur Wissensgenerierung und Schaffung einer

allgemeinen Informations- und Wissensbasis über eine mögliche Gefährdung des Menschen durch Nanomaterial. Darüber hinaus forderte die NanoKommission der Bundesregierung im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung der Nanotechnologie, der weiteren Erforschung der Risiken von Nanomaterialien für Mensch und Umwelt höchste Priorität beizumessen.

NanoGEM greift diese Forderung auf und sucht Antworten auf offene Fragen, die eine erste Risikoabschätzung erlauben. Dabei verfolgt NanoGEM zusätzliche Forschungsrichtungen, wie die Freisetzung, Exposition und toxikologische Bewertung von Nanomaterialien in Abhängigkeit von z. B. Dosis, Struktur, Oberflächeneigenschaften. Weitere Schwerpunkte sind die Arbeits- und Produktsicherheit bei der Herstellung, Verarbeitung, Anwendung und Entsorgung von Nanopartikeln bzw. Nanokompositmaterialien.

Im Rahmen von NanoGEM werden für eine Risikoabschätzung sowohl die interne und externe Exposition als auch die Toxizität sowie die Biokinetik ausgewählter, industriell relevanter Nanoobjekte untersucht.

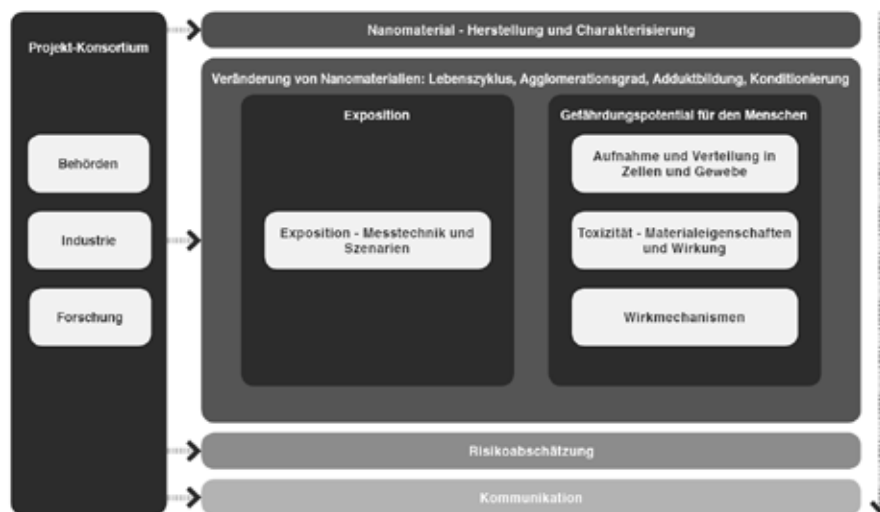


Bild 4-32: NanoGEM umfasst die Herstellung, Charakterisierung von Nanomaterialien, Untersuchungen zu Exposition und toxikologischen Effekten, Risikoabschätzung und Kommunikation in die Wissenschaft und Öffentlichkeit

Nanoobjekte sind häufig ein Zwischenprodukt der industriellen Herstellung von nanostrukturierten Materialien. In den Handel für Endverbraucher kommen aber Produkte aus Nanokompositen, also durch ihre interne Nanostruktur (z. B. eingelagerte Nanopartikel) veredelte Thermoplasten, Lacke, Membranen etc. Für die Arbeitssicherheit in industrieller Produktion und mittelständischer Weiterverarbeitung wurde die Inhalation als kritische Route zur Aufnahme erkannt; für die Produktsicherheit und die gefühlte Bedrohung der Endverbraucher steht hingegen Nanomaterialienhaltige Nahrung und eine mögliche Aufnahme über den gastrointestinalen Trakt im Vordergrund.

Die Arbeiten in diesem Projekt unterteilen sich in verschiedene Arbeitspakete. Eine eingehendere Beschreibung erfolgt in weiteren Artikeln. Hier erfolgt nur eine kurze Zusammenfassung:

Im **AP1 „Nanomaterial-Herstellung und Charakterisierung“** werden kommerzielle sowie gezielt funktionalisierte und fluoreszenzmarkierte Nanopartikel hergestellt und charakterisiert. Diese Partikel stehen anschließend für die Untersuchungen der Exposition sowie der Toxizität zur Verfügung. Die umgebungsabhängige und dynamische Veränderung der Testmaterialien (Adduktbildung, Beschichtung, Transport) zieht sich als Querschnittsthema in **APQ „Veränderung von Nanomaterialien: Lebenszyklus, Agglomerationsgrad, Adduktbildung, Konditionierung“** durch diese Arbeitspakete. Die Studien zur Exposition und Toxizität erfolgen in zwei parallelen Strängen. In **AP2 „Messtechnik und Szenarien“** werden neue Messgeräte und Methoden entwickelt sowie die Expositionen und Freisetzungsszenarien untersucht. Hierzu zählen u. a. die Entwicklung von Monitoring- und Messstrategien, die Untersuchung von Freisetzungsszenarien sowie mögliche Veränderungen der Partikel nach einer Freisetzung, z. B. Veränderungen der ROS-Aktivität (ROS = Reactive Oxygen

Species). Die Arbeiten zur Toxizität sind in drei Arbeitspakete untergliedert. Schwerpunkte in **AP3 „Aufnahme und Verteilung in Zellen und Gewebe“** sind biokinetische Untersuchungen, die die Mobilität und den Transport von Nanopartikeln untersuchen. Ein wichtiger Ansatzpunkt hierbei ist die nicht radioaktive Markierung der Partikel zur vereinfachten Detektion. In **AP4 „Toxizität – Materialeigenschaften und Wirkung“** liegt der Schwerpunkt auf Arbeiten zu Dosis-Wirkungsbeziehungen in Abhängigkeit der Variation des Partikelmaterials, hier mit Schwerpunkt auf der Oberflächenmodifizierung. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Validierung bestehender Toxizitätsmodelle für Nanopartikel zur späteren Diskussion (in z. B. OECD, EU). In **AP5 „Wirkmechanismen“** werden *in vitro* gezielt Wirkmechanismen von Nanopartikeln in Zellsystemen, insbesondere in Abhängigkeit von der Partikeloberfläche untersucht. In **AP6 „Risikoabschätzung“** werden die gewonnenen Daten bezüglich der Exposition sowie der Toxizität zusammengefasst, um das vom Nanomaterial ausgehende Risiko abzuschätzen. **AP7 „Kommunikation“** ist von übergeordneter Natur und dient der Kommunikation der Ergebnisse in einschlägigen nationalen und internationalen Gremien.

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 ist ein multidisziplinäres Europäisches Netzwerk, das sich mit den Auswirkungen von Nanomaterialien auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt befasst. NanoImpactNet möchte eine wissenschaftliche Basis schaffen, um einen sicheren und verantwortungsvollen Umgang mit Nanopartikeln und auf Nanotechnologie basierenden Materialien und Produkten sicherzustellen. Zudem wird die Definition regulatorischer Metriken für gesetzliche Maßgaben in der Europäischen Union unterstützt.

Das NanoImpactNet Konsortium wird von 24 Instituten gebildet – zu denen das IUTA gehört – die in führenden europäischen Forschungsgruppen, aus den Bereichen Nanosicherheit, Nanorisikobewertung und Nanotoxikologie, mitwirken.

Durch ein weites Angebot an Workshops, Konferenzen und „Trainingschools“ über einen Zeitraum von vier Jahren wird NanoImpactNet Forscher und Nachwuchswissenschaftler verschiedenster Fachrichtungen zusammenbringen, um Zukunftsstrategien zu diskutieren, Ideen auszutauschen, weiteren Forschungsbedarf aufzuzeigen und so die Nachhaltigkeit und den verantwortungsvollen Umgang mit der Nanotechnologie zu unterstützen.

Im laufenden Projektjahr wurden verschiedenste Workshops und Konferenzen durchgeführt, bei denen das IUTA auch durch Vorträge aktiv beteiligt war, zum Beispiel zum Thema „Methods to describe and measure exposure routes“. Im Februar 2011 wird zum Abschluss des Projektjahres die dritte NanoImpactNet Konferenz in Lausanne stattfinden.

Weiterführende Informationen sind im Internet zu finden unter www.nanoimpactnet.eu.

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



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Thomas Kuhlbusch
+49 (0) 20 65 418 267
tky@iuta.de

Dipl. Umweltwiss. Carmen Nickel
+49 (0) 20 65 418 209
nickel@iuta.de

4.3.3 Umweltrisiken von Nanomaterialien: Untersuchung des Verhaltens ausgewählter Nanomaterialien unter Umweltbedingungen in Abhängigkeit von Form, Größe und Oberflächengestaltung

Technisch hergestellte Nanomaterialien werden in verschiedenen Produktionsprozessen und einer Vielzahl alltäglicher Produkte eingesetzt. Eine Freisetzung der Nanomaterialien während des Lebenszyklus solcher Produkte ist möglich und wurde durch verschiedene Studien bestätigt. Allerdings liegen noch immer wenige Informationen zum Verhalten und Verbleib in der Umwelt vor.

Im Rahmen dieses Projektes wird am IUTA in Kooperation mit weiteren Partnern das Umweltverhalten von verschiedenen Modifikationen von nanoskaligen Titandioxidpartikeln untersucht. Als Untersuchungsobjekte wurden zwei Umweltmedien gewählt, in denen eine Freisetzung von nanoskaligen Materialien möglich ist.

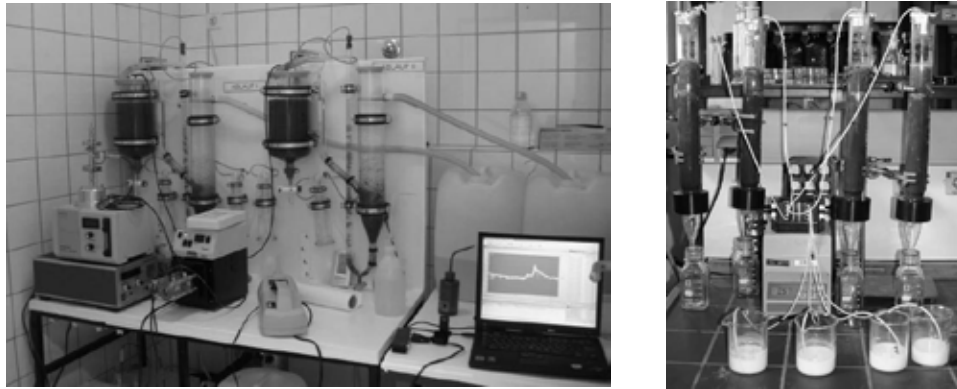


Bild 4-33: Versuchsaufbau zum Verhalten und Verbleib der Titandioxidmaterialien, in einer Laborkläranlage (links) und in Bodensäulen (rechts)

Dazu werden die Mobilität von Nanomaterialien in Bodensäulen und das Verhalten in einer Laborkläranlage analysiert (in Anlehnung an die OECD Testrichtlinien 312, 106 und 303A). In Bild 4-33 sind die Versuchsaufbauten des Laborkläranlagenversuches und der Bodenversickerungstests dargestellt. Für die Versuche wurden die Materialien zunächst in verschiedenen aquatischen Medien suspendiert. Dazu wurde eine Standard Operation Procedure (SOP) zur Dispergierung der Nanomaterialien erstellt.

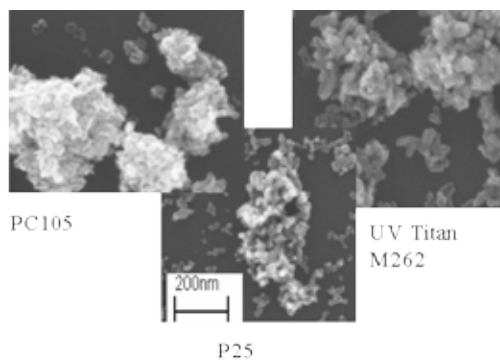


Bild 4-34: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen der getesteten Nanomaterialien in wässriger Suspension (Konzentration 1g/l)

In der Suspension wurden die Materialien mittels REM, TEM-Aufnahmen, DLS Größmessungen und Messungen des Zetapotentials charakterisiert. In Bild 4-34 sind exemplarisch Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen der getesteten Titandioxidmaterialien dargestellt.

Inzwischen sind die Simulationen und Versuche zu den Vorgängen in der Kläranlage und

bei der Bodenversickerung abgeschlossen. Die Ergebnisse der chemischen Analyse stehen noch aus, so dass derzeit noch keine abschließende Bewertung der Mobilität der Materialien in den Umweltmedien möglich ist. Erste Ergebnisse des Projektes wurden auf einem Internationalen Workshop - ausgerichtet von der wasserchemischen Gesellschaft - im Rahmen eines Vortrages dargestellt. Des Weiteren werden die Ergebnisse auf der dritten NanoImpactNet Konferenz in Lausanne im Februar 2011 vorgetragen.

Die im Rahmen dieses Projektes erarbeiteten Erkenntnisse werden durch das Folgeprojekt erweitert (FKZ: 3710 65 414). In diesem Vorhaben werden Mobilität, Verhalten und Verbleib von verschiedenen Titandioxidmaterialien in Böden und der erwartete Abbau aus Nano-Oberflächenbeschichtungen untersucht (vgl. nachfolgenden Abschnitt 4.3.4).

Das Projekt wird vom Umweltbundesamt unter dem Kennzeichen 3709 65 417 gefördert.



Ansprechpartner:

Dipl. Umweltwiss. Carmen Nickel
+49 (0) 20 65 418 209
nickel@iuta.de

Dr. rer. nat. Thomas Kuhlbusch
+49 (0) 20 65 418 267
tky@iuta.de

4.3.4 Mobilität, Verhalten und Verbleib von Nanomaterialien in den verschiedenen Umweltmedien

Technisch hergestellte Nanomaterialien bieten viele neuartige Möglichkeiten und werden in verschiedenen Produktions- und Weiterverarbeitungsprozessen eingesetzt. Eine Vielzahl alltäglicher Produkte, wie Hautcremes, Lacke oder Sportausrüstungen beinhalten Nanomaterialien. Im Rahmen verschiedener wissenschaftlicher Studien wurde die Freisetzung der bereits weit verbreitet eingesetzten Nanomaterialien während ihres Lebenszyklus, von der Produktion über die Nutzung bis hin zur Entsorgung, bestätigt. Allerdings liegen noch immer zu wenige Informationen zum Verhalten und Verbleib in der Umwelt vor.

Um Aussagen über das Verhalten, wie Transport, Verbleib oder die Anreicherung von synthetischen Nanomaterialien in den verschiedenen Umweltkompartimenten und unter variablen Umweltbedingungen treffen zu können, müssen die für das Verhalten maßgeblichen Eigenschaften betrachtet werden. Darunter fallen z. B. physikalische Größen wie Agglomerationsgrad, Partikelgröße und -verteilung, Oberfläche, Ladung, etc. Aber auch die vorliegenden Umweltbedingungen (z. B. unterschiedliche pH-Werte, unterschiedlicher Anteil an Huminstoffen und organischen Substanzen etc.) können die Eigenschaften und das Verhalten der betrachteten Materialien ändern.

Im Rahmen dieses Vorhabens wird untersucht, wie sich ausgewählte Nanomaterialien unterschiedlicher Größe und Oberflächengestaltung unter verschiedenen Umweltbedingungen verhalten.

Zum einen wird der Aspekt der Mobilisierung von Schadstoffen in Anwesenheit von Titandioxid Nanomaterialien untersucht. Dazu wird die Verfrachtung von Kupfer und von radioaktiv markiertem Triclocarban untersucht. Bodensäulen werden zunächst mit diesen Stoffen beimpft und anschließend das Nanomate-

rial aufgegeben. Anschließend werden das Eluat und verschiedene Segmente der Säule chemisch bzw. mittels eines Szintillationszählers analysiert (Bild 4-35), um eine mögliche Mobilisierung der Stoffe bei Anwesenheit der Nanomaterialien zu detektieren.

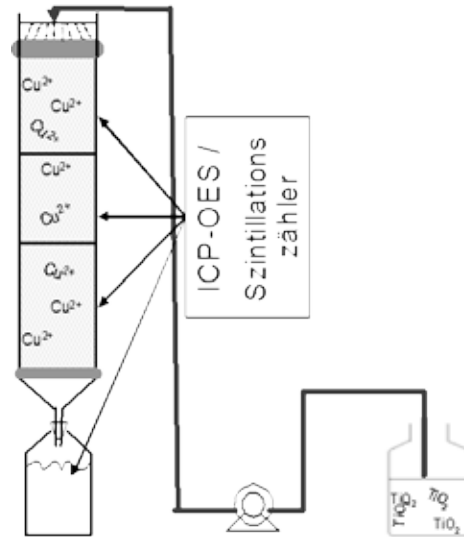


Bild 4-35: Säulenversuche zum Mobilisierungsverhalten von Titandioxidmaterialien – Beispielhaft für Kupfer dargestellt

Des Weiteren werden experimentelle Simulationsmethoden zur Analyse der Änderung von Oberflächenfunktionalisierungen von (hydrophil und hydrophob) funktionalisierten Titandioxid Nanomaterialien unter verschiedenen Umwelteinwirkungen entwickelt und getestet. Ziel ist es, hierdurch Rückschlüsse über möglicherweise verändertes Umweltverhalten, z. B. Agglomeration oder Transport in Umweltmedien, zu ziehen.

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



Ansprechpartner:

Dipl. Umweltwiss. Carmen Nickel
+49 (0) 20 65 418 209
nickel@iuta.de

Dr. rer. nat. Thomas Kuhlbusch
+49 (0) 20 65 418 267
tky@iuta.de

Dipl.-Geograf Bryan Hellack
+49 (0) 20 65 418 188
hellack@iuta.de

4.3.5 Experimental and Numerical Simulation of the Fate of Airborne Nanoparticles from a Leak in a Manufacturing Process to Assess Worker Exposure

Die mögliche Toxizität von Nanopartikeln hat in den vergangenen Jahren verstärkt Aufmerksamkeit erregt. Existiert eine Exposition gegenüber toxischen Partikeln, so entsteht daraus ein Risiko für den Menschen. Toxikologen haben in letzter Zeit zunehmend die Oberflächenkonzentrationen luftgetragener (Nano-)Partikel als gesundheitsrelevantes Maß ins Spiel gebracht. Ein Szenario, bei dem ein Arbeiter einer potenziell sehr hohen Exposition gegenüber Nanopartikeln ausgesetzt ist, existiert, wenn in einer Produktions- oder Verarbeitungsanlage für Nanopartikel eine Leckage entsteht und die Partikel freigesetzt werden. Zwischen der Leckage und dem Ort der menschlichen Exposition können physikalische und chemische Reaktionen zu Verän-

derungen der Partikel und Aerosoleigenschaften führen. Um die Exposition besser erfassen und verstehen zu können, ist die Kenntnis dieser Veränderungsprozesse wichtig. Ziel des im Jahr 2010 erfolgreich abgeschlossenen Projektes war es daher, eine solche Leckage und die resultierende Ausbreitung der Partikel und deren Veränderungen sowohl experimentell als auch modelltechnisch zu simulieren. Hierzu wurden an der University of Minnesota mit Unterstützung des IUTA bekannte Partikel durch eine Blende bei definierter Geschwindigkeit und Temperatur in einen Windkanal eingedüst und die Veränderungen der Partikel mit Hilfe eines SMPSTM (Anzahlgrößenverteilung) und NSAM (in der Lunge deponierter Anteil der luftgetragenen Partikeloberflächenkonzentration) untersucht. In gemeinsam durchgeführten Versuchen konnte so z. B. gezeigt werden, dass insbesondere sehr kleine Partikel von größeren Partikeln durch intermodale Koagulation eingefangen werden.

Am IUTA wurden parallel zu den Experimenten Modellierungen durchgeführt und mit den experimentellen Ergebnissen verglichen. Ein Beispiel für die im IUTA durchgeführten Modellierungen ist in Bild 4-36 gezeigt. Hierzu kam die mit dem Fine Particle Model gekoppelte Software FLUENT zum Einsatz, um die Strömung im Windkanal abzubilden und die partikeldynamischen Prozesse zu simulieren.

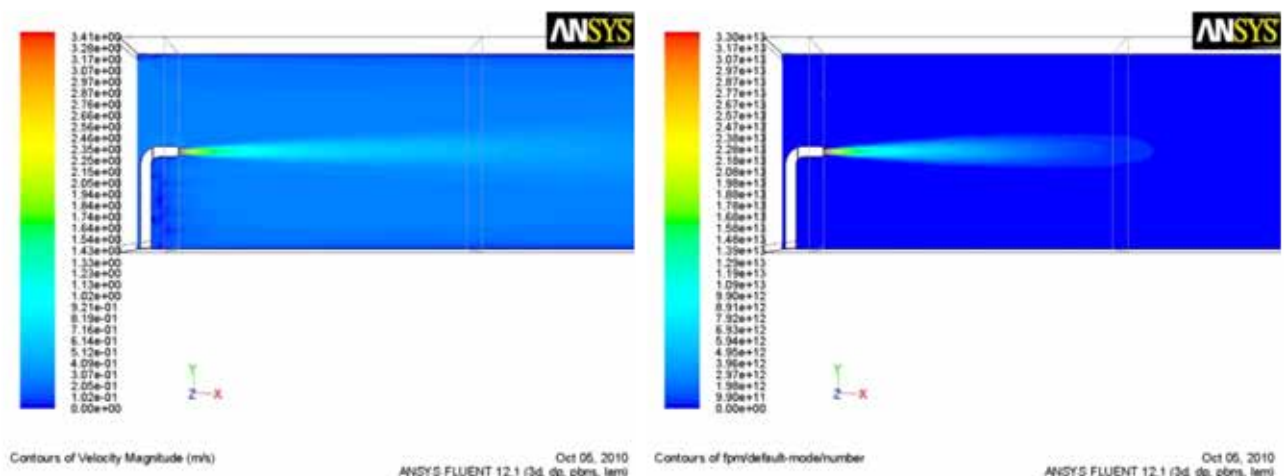


Bild 4-36: Simuliertes Strömungsprofil (links) und Anzahlkonzentration (rechts) von Rußpartikeln (Modaldurchmesser 113 nm, geom. Standardabweichung 1,91) im Windkanal

Diese CFD Modellierungen ermöglichen eine deutlich höhere räumliche Auflösung der Aerosolparameter als die Messungen und liefern somit ein besseres Verständnis der Prozesse.

Das Projekt wird in Kooperation mit der University of Minnesota (Prof. David Pui) bearbeitet und durch die National Science Foundation, USA unter der Kennung G2006-Star-F2 gefördert.



Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Christof Asbach
+49 (0) 20 65 418 209
asbach@iuta.de

4.3.6 CarboSafe

Sicherheit, Gesundheit und Qualität im Umgang mit CNT

Im Rahmen des Projekts CarboSafe, einem Teilprojekt der Innovationsallianz Carbon Nanotubes des BMBF – Inno.CNT, entwickelt IUTA neue Auswerteroutinen für die vorhandene Messtechnik für luftgetragene Partikel (Scanning Mobility Particle Sizer, SMPSTM; Nanoparticle Surface Area Monitor, NSAM) sowie geeignete Probenahmeverfahren für weitergehende Analysen, welche die spezielle Form der faserförmigen Carbon Nanotubes (CNT) berücksichtigen. Darüber hinaus wird die mögliche Freisetzung von CNT bei typischen Recyclingvorgängen (Schreddern, thermische Verwertung) untersucht.

Anzahlgrößenverteilungen für Partikel unter etwa 500 nm Größe beruhen bislang üblicherweise auf dem gemessenen elektrischen Mobilitätsdurchmesser der Partikel und berücksichtigen nicht das für Fasern typische, hohe Aspektverhältnis. Mit Hilfe der Oberfläche als vom Mobilitätsdurchmesser unabhängige Messgröße sollen daher die bislang nur für kugelförmige Partikel vorhandenen Auswerterroutinen erweitert werden, um den Durchmesser und die Länge von CNT im luftgetragenen Zustand bestimmen zu können. Hierbei spielt die Ladung der Fasern eine wesentliche Rolle, so dass das Hauptaugenmerk der theoretischen Untersuchungen auf der Entwicklung geeigneter Modelle zur Beschreibung des Ladungsverhaltens liegt. Ergänzend werden experimentelle Untersuchungen zur Klassierung von idealisierten Fasern vorgenommen, um die entwickelten Algorithmen zu verifizieren.

Neben der Modellentwicklung zur Online-Messung von faserförmigen luftgetragenen Partikeln wird ihr Abscheideverhalten in gebräuchlichen Aerosolsammlern untersucht. Bild 4-37 zeigt REM-Aufnahmen von zwei unterschiedlichen faserförmigen Materialien (Carbon Nano Fibres, CNF und Carbon Nano Tubes, CNT), die mittels eines Atomizers in den luftgetragenen Zustand gebracht und anschließend auf Glaskohlenstoffsubstraten abgeschiedenen wurden. Man erkennt anhand der rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen deutliche Unterschiede in der Fasermorphologie. Diese Untersuchungen sollen systematisch die Unterschiede der Sammlung von faserförmigen Partikeln bei unterschiedlichen Bedingungen (Art der Partikel, Ladungszustand, Einsatz Vorabscheider) aufzeigen. Hierdurch lassen sich die Sammel-effizienz und damit die Validität einer Probe bei unterschiedlichen Bedingungen beurteilen.

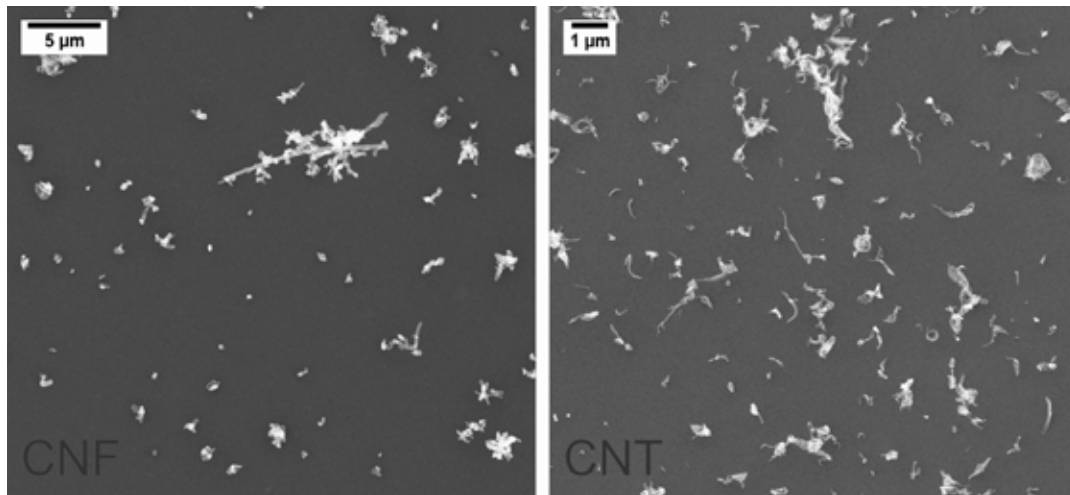
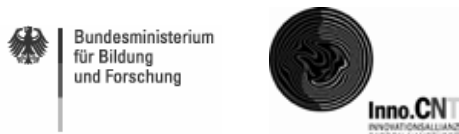


Bild 4-37: REM Aufnahmen von Kohlenstoffnanofasern und Kohlenstoffnanoröhren

Die mögliche Freisetzung von CNT aus verschiedenen Kompositmaterialien bei typischen Recyclingvorgängen ist ebenfalls Gegenstand der Untersuchungen. Hierzu werden z. B. Polycarbonatplatten mit und ohne CNT mittels eines eingehausten Schredders zerkleinert. Die Freisetzung von Partikeln in den luftgetragenen Zustand wird in einem weiten Größenbereich gemessen, und die Partikel selbst werden für nachfolgende Analysen gesammelt. Neben der mechanischen Zerkleinerung wird auch eine mögliche Freisetzung bei der thermischen Verwertung/Verbrennung unter verschiedenen Parametern mittels eines Rohrofens untersucht.

Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 03X0043D im Rahmen der Innovationsallianz Carbon Nanotubes – Inno.CNT – gefördert.



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Burkhard Stahlmecke
+49-(0) 20 65 418 180
stahlmecke@iuta.de

Dr. rer. nat. Thomas Kuhlbusch
+49 (0) 20 65 418 267
tky@iuta.de

4.3.7 Materialeigenschaften von CNT Materialien, Freisetzung und Verhalten in der Umwelt

CarboLifeCycle

Mit dem im November 2010 gestarteten Projekt CarboLifeCycle ist das IUTA in einem weiteren Teilprojekt der Innovationsallianz Carbon Nanotubes des BMBF beteiligt. In diesem Projekt wird, neben grundlegenden Untersuchungen zur Charakterisierung und zum Nachweis von Kohlenstoffnanoröhren (Carbon Nano Tubes, CNT) sowie deren Mobilität in Böden, ein mögliches Standardverfahren zur Analyse der Freisetzungswahrscheinlichkeit von Kohlenstoffnanoröhren aus Produkten/Halbzeugen (wie z. B. Polycarbonaten) entwickelt.

Ein Bestandteil der Grundcharakterisierung ist der Einsatz thermischer EC/OC Analysemethoden. Diese werden üblicherweise als Grundlage zur Beurteilung der Arbeitsplatzhygiene im Hinblick auf Rußexpositionen verwendet. Bild 4-38 zeigt ein Beispiel für ein mittels EC/OC Analyse erhaltenes Thermogramm.

Dargestellt ist die Analyse einer Filterprobe mit Informationen zur Gaszusammensetzung, der Intensität des Lasersignals, dem Temperaturverlauf und dem FID-Signal als Maß für

den Kohlenstoffgehalt. Der "Split" bedeutet die Trennung zwischen OC und EC anhand des Lasersignals, wobei "PEC" den aus OC pyrolytisch entstandenen Artefakt-EC bezeichnet.

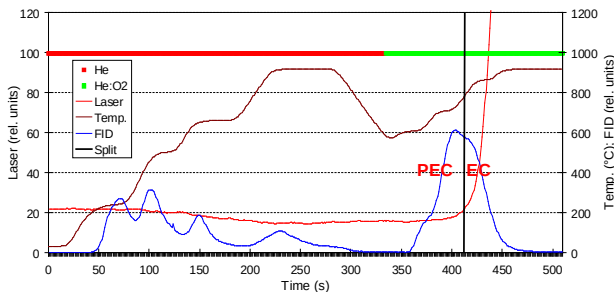


Bild 4-38: Beispiel für ein Thermogramm (Quelle: Willy Maenhaut, Beitrag EC/OC Workshop 2009, Ispra)

Zurzeit ist noch nicht untersucht, wie sich unterschiedliche Anteile von CNT (eventuell eingebettet in einem Komposit) auf die Bestimmung der Russexpositionen auswirken. Ziel dieses Teilprojektes ist es daher, die Einflussparameter auf die EC/OC Analyse wie die Art der CNT und die Art der Matrix auf diese Analyse zu verstehen und quantitativ zu erfassen. Eine Kombination der standardmäßig eingesetzten Kohlenstoffanalyse mit einer Wasserstoffanalyse dient dazu, Auskunft über das C-/H-Verhältnis der Probe zu geben und somit eine detaillierte Untersuchung der Einflussparameter sowie eine Differenzierung von CNT und anderen Kohlenstoffverbindungen zu ermöglichen.

Weiterhin wird in dem von IUTA zu bearbeitenden Projektteil die Mobilität von CNT in verschiedenen bodenähnlichen Substraten systematisch untersucht, um qualitative sowie quantitative Zusammenhänge des Transportverhaltens zu beschreiben. Der Aufbau der Bodenversuche ist schematisch in Bild 4-39 gezeigt.

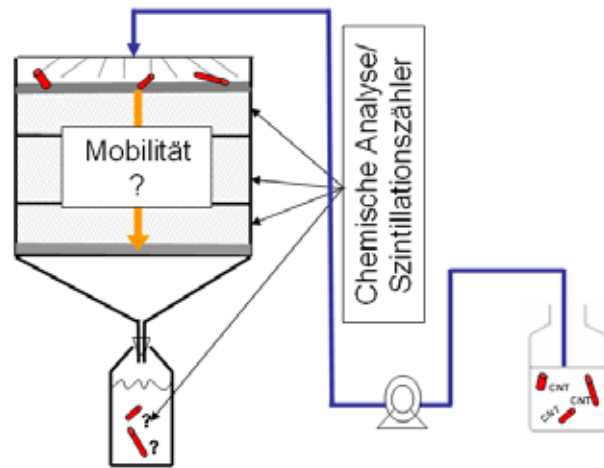


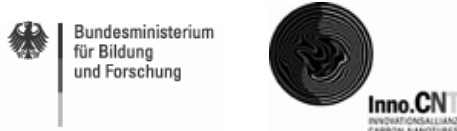
Bild 4-39: Schematischer Aufbau der Versuche zur Ermittlung der Mobilität von CNT in verschiedenen Bodensubstraten

Neben der Dispersionsherstellung, Festlegung der Substrate, Aufbau und Test der Bodensäulen sowie der Erfassung grundlegender substratbedingter Eigenschaften wird unter Variation von verschiedenen Einflussparametern (z. B. pH-Wert und Korngröße) das Durchflussverhalten untersucht. Hierzu werden die Bodensäulen in Segmente unterteilt, die, neben dem Eluat, chemisch und ergänzend mittels rasterelektronenmikroskopischer Untersuchungen auf ihren CNT Gehalt analysiert werden, um so die Mobilität in den Modellböden zu ermitteln.

Der dritte Untersuchungsschwerpunkt ist die mögliche Freisetzung von CNT aus Kompositen bei thermischer Belastung. Ziel ist die Entwicklung und Validierung eines Standardverfahrens zur Bestimmung der Freisetzungswahrscheinlichkeit von CNT aus fertigen Halbzeugen bzw. Produkten. Eingesetzt wird die Thermogravimetrische Analyse (TGA) als ein kontrollierter thermischer Prozess, der als Repräsentant von Handhabungsprozessen mit thermischer Beanspruchung geeignet erscheint. Matrixmaterialien, die sich bereits bei niedrigen Temperaturen zersetzen, bieten ein größeres CNT Freilegungs- und damit auch Freisetzungspotential. Im Rahmen dieser Untersuchungen sollen daher die Einflussparameter hinsichtlich möglicher CNT

Freisetzungen (wie z. B. Probenvorbereitung und Temperaturprofil) auf die TGA untersucht werden.

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



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Burkhard Stahlmecke
+49-(0) 20 65 418 180
stahlmecke@iuta.de

Dr. rer. nat. Thomas Kuhlbusch
+49 (0) 20 65 418 267
tky@iuta.de

4.3.8 Bestimmung der Konzentration eventuell gesundheitlich relevanter alternativer PM-Indikatoren

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 Luftreinhalterichtlinie 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 in den Alveolen.

Das Institut für Energie und Umwelttechnik (IUTA) wurde vom Landesamt für Natur,

Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) beauftragt, die Messungen der Partikelanzahl-Größenverteilung an der Messstation Mülheim-Styrum aus dem Vorläuferprojekt „Räumliche und zeitliche Variabilität von ultrafeinen Partikeln“ (siehe Tätigkeitsbericht 2009) fortzuführen und darüber hinaus zeitgleich die Bestimmung der alveolaren Partikeloberflächenkonzentration durchzuführen, da belastbare Aussagen über jährliche Zyklen und Trends der Partikelkonzentration im submikronen Größenbereich nur aufgrund mehrjähriger Messreihen möglich sind.

Zur Messung der Partikelanzahlkonzentration wurde ein Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS^{TM} , TSI Modell 3936) und zur Messung der alveolaren Partikeloberflächenkonzentration ein Nanoparticle Surface Area Monitor (NSAM, TSI Modell 3550) eingesetzt. Der bisherige Untersuchungszeitraum war vom 01.03.2009 bis zum 31.12.2010. Bei diesen Untersuchungen wurden neben den Partikelanzahl-, Partikelgrößenverteilungs- und alveolaren Partikeloberflächenmessungen auch die vom LANUV bestimmten Stickoxid- und massenbezogenen PM_{10} -Konzentrationsmessungen sowie die meteorologischen Daten betrachtet.

Bei den Untersuchungen wurden die höchsten Partikelanzahlkonzentrationen im gesamten Partikelgrößenbereich (14 - 750 nm) des SMPS^{TM} in 2009 mit $81.000 \text{ \#/cm}^3$ als $\frac{1}{2}$ -Stundenmittelwert detektiert, davon waren 78.000 UFP/cm^3 (UFP: Partikel $< 100 \text{ nm}$). In 2010 war der Maximalwert der Partikelkonzentration bei $70.000 \text{ \#/cm}^3$ als $\frac{1}{2}$ -Stundenmittelwert, davon waren 69.000 UFP/cm^3 . Die mittlere Partikelkonzentration lag 2009 bei $11.900 \text{ \#/cm}^3$ mit 10.400 UFP/cm^3 und in 2010 bei $11.200 \text{ \#/cm}^3$ mit 10.700 UFP/cm^3 .

Die höchsten alveolaren Partikeloberflächenkonzentrationen im Partikelgrößenbereich (10 - 1.000 nm) des NSAM wurden in 2009 mit $290 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$ und in 2010 mit $255 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$ jeweils als $\frac{1}{2}$ -

Stundenmittelwert bestimmt. Die mittleren alveolaren Partikeloberflächenkonzentrationen lagen 2009 bei $37,5 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$ und 2010 bei $48 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$.

Bei den Tagesgängen der Partikelanzahlkonzentrationen und alveolaren Partikeloberflächenkonzentrationen konnte ein ähnlicher zeitlicher Verlauf beobachtet werden. So fielen die höchsten mittleren Tageswerte mit dem morgendlichen Berufsverkehr zusammen. Ein zweites Tagesmaximum fiel in die Nachmittag-/Abendstunde des städtischen Straßenverkehrs.

Tabelle 4-3: Lineare Korrelation zwischen den Konzentrationen der angegebenen Metriken

Alveolare Partikeloberfläche NSAM, korreliert mit:	R ²	
	2009	2010
- Alveolarer Partikeloberfläche SMPS (berechnet aus Messungen)	0,94	0,98
- UFP	0,32	0,56
- 100-750 nm Partikel	0,87	0,86
- PM ₁₀	0,42	0,34
- PM ₁ -Äquivalent (Partikelvolumen SMPS)	0,63	0,61
- NO gesamt	0,38	0,37
- NO > Nachweisgrenze	0,58	0,42
- NO ₂	0,48	0,45

Windrichtungsanalysen (Bild 4-40) haben ergeben, dass sowohl die Partikelanzahlkonzentrationen als auch die alveolaren Partikeloberflächenkonzentrationen bei Wind aus nordöstlichen Richtungen höher lagen als bei Wind aus süd- oder südwestlichen Richtungen. Da die Autobahn A 40 im näheren Umfeld (Verlauf nordwestlich bis nordöstlich) der Station verläuft, wird diese die hauptsächliche Ursache sein.

Zur Frage, ob ein Zusammenhang der alveolaren Partikeloberfläche mit anderen Metriken besteht, wurden Korrelationsanalysen durchgeführt (Tabelle 4-3).

Danach ergeben sich nur für die aus den Partikelanzahlmessungen umgerechneten Partikeloberflächen des SMPSTM sehr gute Korrelationen mit den alveolaren Partikeloberflächen des NSAM. Alle anderen Vergleiche führten zu mäßigen bis sehr geringen Korrelationen.

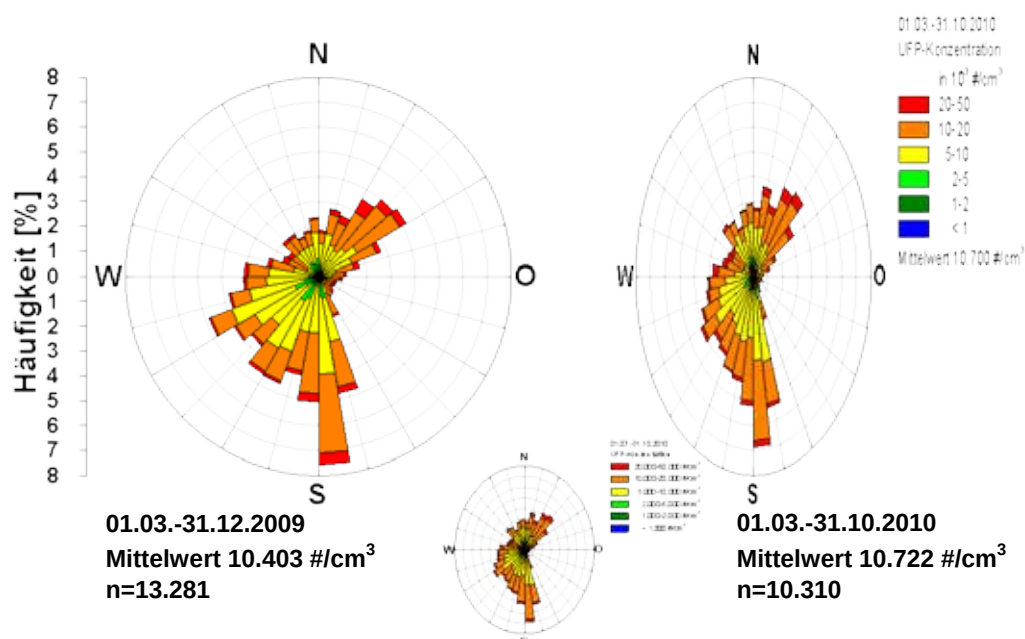


Bild 4-40: Partikelkonzentrationen der UFP in Abhängigkeit der Windrichtung

Da kein eindeutiger Zusammenhang der alveolaren Partikeloberflächenkonzentration zu anderen Metriken zu erkennen ist, kann die Messung der alveolaren 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) 20 65 418 105
kaminski@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 vom IUTA e. V. koordinierte EU-Projekt **AirMonTech** („Air Quality Monitoring Technologies for Urban Areas“), an dem Forschungsinstitute und Universitäten aus 7 Ländern sowie das Joint Research Center Ispra der EU-Kommission beteiligt sind. Hintergrund dieses über 30 Monate laufenden Projektes ist die Verbesserung der jetzigen und zukünftigen europäischen Luftqualitätsüberwachung. Um z. B. die Vergleichbarkeit der in den Mitgliedsstaaten erhobenen Messdaten herzustellen, ist eine EU-weite Harmonisierung der Eignungstests und der Qualitätssicherungsprozeduren erforderlich. Weiterhin herrscht ein Informationsdefizit hinsichtlich der Weiterentwicklung von Verfahren und neuer, innova-

tiver Systeme zur Luftqualitätsmessung. Schließlich wird aufgrund von neueren Erkenntnissen der Toxikologie und Epidemiologie deutlich, dass - besonders in urbanen Gebieten - in Zukunft möglicherweise zusätzliche Luftqualitätsparameter zu überwachen sein werden, um den Schutz der Gesundheit der Bevölkerung in Europa zu verbessern.

Das AirMonTech-Projekt wird unter Einbeziehung aller beteiligten Interessensgruppen (Messnetzbetreiber, Gerätehersteller, Forschungseinrichtungen, Behörden) relevante Informationen zu den genannten Aspekten zusammentragen und durch geeignete Datenbanken EU-weit zugänglich machen. Im Hinblick auf neue Verfahren und Überwachungsstrategien werden Empfehlungen ausgearbeitet und die zur Umsetzung notwendigen Forschungsaktivitäten aufgezeigt. Wesentliche Ergebnisse von AirMonTech werden Empfehlungen an die EU-Kommission zur Revision der Luftreinhalte Richtlinie im Jahr 2013 sowie eine „Research Roadmap“ zur Luftqualitätsforschung und Entwicklung von optimierten Messtechniken sein.

Ein erster internationaler Projektworkshop mit ca. 120 Teilnehmern zeigte deutlich das große Interesse der betroffenen Fachkreise an diesem Projekt, das auch wichtige Basisinformationen für die Überarbeitung der EU-Richtlinien im Jahr 2013 liefern wird. Weitere Informationen sind über die website www.airmontech.eu verfügbar.

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



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Thomas Kuhlbusch
+49 (0) 20 65 418 267
tky@iuta.de

Dr. rer. nat. Ulrich Quass
+49 (0) 20 65 418 214
quass@iuta.de

Dr. rer. nat. Astrid John
+49 (0) 20 65 418 214
johnas@iuta.de

4.3.10 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 Forschungsrahmenprogramms (FP7) fördert die EU daher das Projekt NANODEVICE, in dem 15 Partner aus verschiedenen Ländern der europäischen Union zusammenarbeiten, um tragbare oder personengebundene Nanopartikelmessgeräte zu entwickeln. Der IUTA e. V. ist in NANODEVICE in einer Vielzahl von Arbeitspaketen aktiv, mit einem besonderen Fokus auf der Entwicklung eines modularen Systems zur Expositionsbestimmung. Ziel ist es, in Kooperation mit der Fa. TSI und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) einen einfach zu bedienenden Monitor zu entwickeln, der das Aerosol am Arbeitsplatz möglichst umfassend physikalisch charakterisiert. Hierzu werden Methoden der elektrischen Mobilitätsanalyse herangezogen und die nötigen Komponenten (Vorabscheider, Auflader, Klassierer, Sensor) miniaturisiert. Für die Detektion der Partikel hinter dem Klassierer werden neuartige Verfahren entwickelt. Es ist geplant, mehrere Parameter der

Partikel hinter dem Klassierer zu erfassen, um so ggf. eine Differenzierung der Nanopartikel von ubiquitär vorhandenen ultrafeinen Partikeln zu ermöglichen. Zudem können die Partikel gesammelt und für nachfolgende chemische oder morphologische Analysen verfügbar gemacht werden. In der Zwischenzeit wurden Vorabscheider, Auflader und Klassierer entwickelt, gebaut und charakterisiert. Bild 4-41 zeigt exemplarisch die Ladungsverteilung des entwickelten unipolaren Diffusionsaufladers.

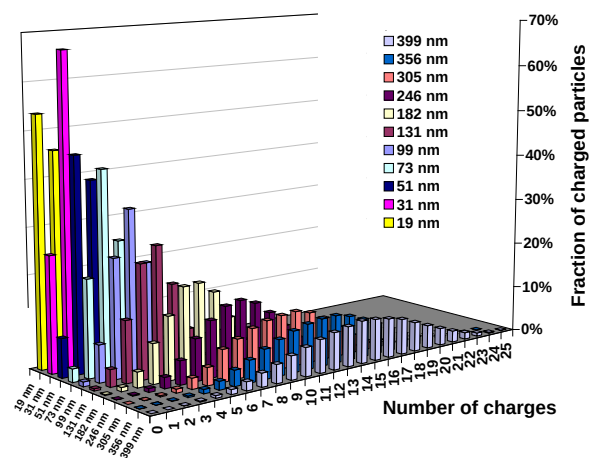


Bild 4-41: Ladungsverteilung des in Nanodevice entwickelten unipolaren Diffusionsaufladers

Zusätzlich wurde ein elektrostatischer Partikelsammler entwickelt, der die Partikel homogen abscheiden und somit deren quantitative Analyse ermöglichen soll.

Neben der Geräteentwicklung ist das IUTA im Projekt NANODEVICE insbesondere bei der Planung und Durchführung von Vergleichsmessungen der verschiedenen neu zu entwickelnden Geräte zuständig. Dies umfasst sowohl vergleichende Messungen unter Laborbedingungen in Kooperation mit dem Institut für Gefahrstoffforschung in Bochum/Dortmund als auch Feldmessungen an realen Industriearbeitsplätzen.

Weiterhin unterstützt der IUTA e. V. die Aktivitäten zur Beschreibung von Expositionsszenarien und zum Schließen möglicher Wissenslücken bezüglich des Partikelverhaltens im Zuge einer Freisetzung. Hierzu werden detail-

lierte numerische Simulationen durchgeführt, die eine genaue Analyse einzelner partikel-dynamischer Prozesse erlaubt.

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

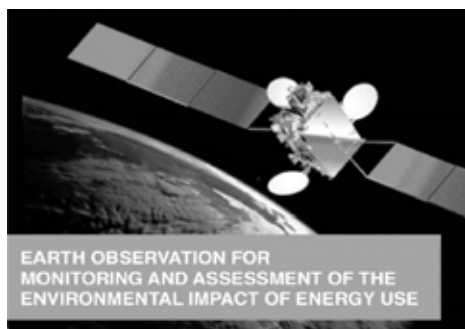


Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Christof Asbach
+49 (0) 20 65 418 209
asbach@iuta.de

Dr. rer. nat. Thomas Kuhlbusch
+49 (0) 20 65 418 267
tky@iuta.de

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



EnerGE

Im Rahmen des internationalen von der EU-Kommission finanzierten Großprojekts ENERGEO erarbeitet das IUTA eine Methode zur kontinuierlichen Untersuchung und Vorhersage der Auswirkungen von Emissionen aus fossiler Energieerzeugung. Fokus sind Auswirkungen auf die Luftqualität in Europa und hier insbesondere auf die Feinstaubkonzentration und –zusammensetzung. IUTA arbeitet dabei intensiv mit der niederländi-

schen TNO (Netherlands Organisation for Applied Scientific Research) zusammen. TNO wird das dort betriebene Chemie-Transport-Modell Euros/Lotos dazu verwenden, für verschiedene Energieerzeugungs-Szenarien und ausgehend von den entsprechenden Emissionen die bodennahen Luftqualitätsparameter zu modellieren, während IUTA an verschiedenen Standorten in Europa erhobene Messdaten einer Quellenzuordnungsanalyse unterziehen wird. Ziel ist es, die beiden Modellierungsansätze zu einem standardisierten Verfahren zusammen zu führen, das es zukünftig gestattet, realistische Aussagen über lufthygienische Effekte der zu erwartenden Änderungen im Bereich der fossilen Energieträger zu machen. ENERGEO startete im 2009 und wird im Jahr 2013 abgeschlossen.

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



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Ulrich Quass
+49 (0) 20 65 418 214
quass@iuta.de

Projekt-Website: www.energeo-project.eu

4.4 Umwelthygiene

4.4.1 IUTA-Fortbildungen – Diskussion und Transfer von Forschungsergebnissen

Ergänzend zu den Forschungsaktivitäten zur Verbesserung des Arbeitsschutzes beim Umgang mit gesundheitsgefährdenden Arzneimitteln führt der IUTA-Bereich Umwelthygiene und Toxine regelmäßige Fortbildungsseminare durch. Die beiden Veranstaltungen: „Sicherer Umgang mit Zytostatika - Vermeidung und Verminderung möglicher Kontaminationen“ und „Zytostatika im Pflegebereich - Anleitungen zum sicheren Umgang“ richten sich an beruflich mit cmr-Arzneimitteln (cancerogene, mutagene oder reproduktionstoxische Substanzen wie z. B. Antibiotika, Virustatika, monoklonale Antikörper) umgehende Beschäftigte in Apotheken, Kliniken, Arztpraxen, Pflegediensten, Produktions- und Abfüllbetrieben sowie an Behördenvertreter und Hersteller von technischer und persönlicher Schutzausrüstung.

Für den IUTA e. V. sind diese Veranstaltungen mit insgesamt ca. 150 bis 200 Teilnehmern eine wertvolle Möglichkeit, den Stand des Wissens zu vermitteln und aktuelle Forschungsergebnisse und -vorhaben vorzustellen sowie offene Fragestellungen zu diskutieren. Wichtig ist dabei der Austausch über Veränderungen und neue Probleme im Arbeitsalltag der mit Zytostatika umgehenden Beschäftigten. Aus diesen Fragen und Anregungen aus der Praxis entstehen vielfach neue Forschungsprojekte bzw. Aufträge. Die Seminare, die durch die Apothekerkammern anerkannt sind, werden von den Teilnehmern durchweg positiv beurteilt und intensiv zur Information, zur Diskussion und zum Erfahrungsaustausch genutzt. Ergänzt werden die theoretischen Informationen durch praktische Übungen, in denen unter anderem das Verhalten bei Unfällen mit Freisetzung der Wirk-

substanzen sowie die korrekte Dekontamination von Flächen geübt werden.

Die Fortbildungen basieren auf einem seit Jahren bewährten, ständig aktualisierten und optimierten Konzept und werden teilweise in Kooperation mit der BGW - Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege - durchgeführt.

Die fortlaufende und ausführliche Evaluation dieser Fortbildungsveranstaltungen hat zu einem erfreulich hohen Niveau beigetragen, der nicht zuletzt mit einer 95%igen Kundenzufriedenheit honoriert wird.

Für 2011 sind IUTA-Fortbildungsveranstaltungen in Essen und in Dresden geplant. Ab 2012 sind zusätzliche Seminare in München vorgesehen, zu denen auch Teilnehmer aus dem angrenzenden Ausland erwartet werden. Weitere Fortbildungen im europäischen Ausland sind angedacht.

Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Thekla Kiffmeyer
+49 (0) 2065 418 159
kiffmeyer@iuta.de

Maren Holzhauser
+49 (0) 2065 418 296
holzhauser@iuta.de

4.4.2 Innovative Plasmatechnik zur Erzeugung photokatalytisch aktiver, hybrider Schichten – Plaskat

Ziel des dreieinhalbjährigen BMBF-Großprojektes mit zehn Partnern unter Beteiligung des IUTA ist die Entwicklung, der Test und die Optimierung photokatalytisch aktiver Beschichtungen für verschiedene Einsatzfelder. Derartige Schichten aus kristallinem photokatalytischem Titanoxid haben das Potenzial, bei UVA-Bestrahlung Zersetzungsreaktionen

organischer Substanzen zu bewirken und eignen sich dadurch zur Beseitigung chemischer und mikrobiologischer Kontaminationen auf festen Oberflächen. Sie verbessern somit die Arbeitsplatzsicherheit, erhöhen die Einsatzbereitschaft und Reinheit von technischen und medizinischen Geräten und verbessern die Hygiene und Reinigbarkeit von Möbeln. Die anvisierten Anwendungsbereiche sind Bauelemente und Arbeitsflächen im medizinischen Bereich sowie in Büro- und Privaträumen, sensorische Systeme der Umweltmesstechnik für Gewässermonitoring und Wassermanagement und medizinische Implantate und Komponenten, siehe Bild 4-42.

Das Projekt umfasst die Auswahl geeigneter Materialsysteme sowie die Erforschung von Plasmaverfahren für die Herstellung photokatalytischer Schichten, die Konzeption von Anlagen zur Durchführung aller Verfahrensschritte und Untersuchungen zur Integration in die Fertigungsprozesse. In einem iterativen Prozess werden die Schichten entsprechend den Testergebnissen fortlaufend verbessert.

Der Verbund, der sich zu diesem Projekt gebildet hat, setzt sich aus Forschungseinrichtungen und Industrie entlang der gesamten Wertschöpfungskette zusammen. Die Mitglieder des Konsortiums sind Firmen, die die Bereiche Rohstoffe (Bayer MaterialScience AG), Anlagenbau (Roth & Rau AG, MAT PlasMATec GmbH, Unitec Helmsdorf GmbH) und Anwendung (Pfleiderer Holzwerkstoffe GmbH, Berner International GmbH, -4H-JENA engineering GmbH, Primed Halberstadt Medizintechnik GmbH) umfassen, sowie Forschungsinstitute aus den Bereichen Materialentwicklung (Fraunhofer Institut für Silicatiforschung (ISC)), Plasmatechnologie (Fraunhofer Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik (FEP), Institut für Festkörperelektronik (IFE) der TU-Dresden) und Umwelttechnologie (Institut für Energie- und Umwelttechnik (IUTA), Fachhochschule Anhalt IkhQ, iba e. V. Heiligenstadt).



Bild 4-42: Zukünftige Produkte mit photokatalytisch aktiver TiO_2 -Beschichtung

Der IUTA e. V. hat als zentrales Prüfinstitut des Konsortiums die Aufgabe, die Effektivität der entwickelten Schichten festzustellen. Diese Untersuchungsergebnisse erlauben es den Projektpartnern, eine gezielte Verbesserung der Schichten anzugehen. In den dazu aufgebauten Versuchsständen wird die photokatalytische Aktivität anhand verschiedenster Markersubstanzen (Farbstoffe, Fette, Öle, Arzneimittel, Eiweiße etc.) quantifiziert und zusammen mit den Versuchsbedingungen bewertet, siehe Bild 4-43.

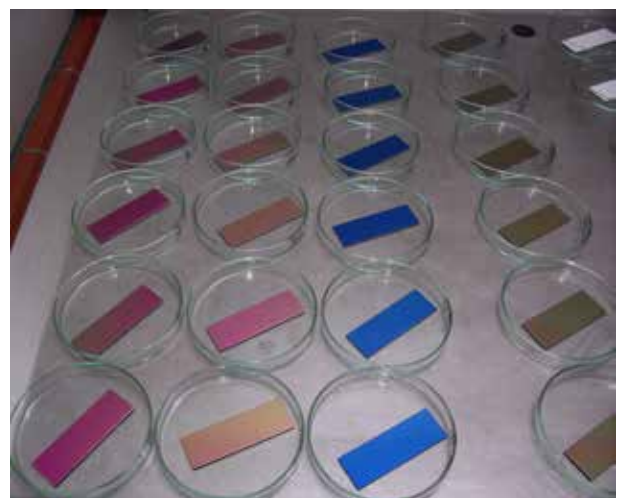


Bild 4-43: Mit Titandioxid unterschiedlicher Schichtdicke beschichtete Edelstahlplatten

Für den Nachweis der Kontaminanten und der verbleibenden Spuren wurden substanzspezifische analytische Methoden bzw. optische Messverfahren entwickelt. Auch relevante Abbauprodukte sind erfassbar, siehe Bild 4-44. Für die Untersuchungen wurde ein Photostabilitätstestschrank der Fa. Weiss Pharma beschafft, in dem sowohl Untersuchungen mit tageslichtähnlichen Lampen als auch mit intensiverer UV-Bestrahlung durchgeführt werden können. Dabei können alle wichtigen Parameter wie Lichtspektrum, Lichtintensität, Bestrahlungsdauer, Temperatur und Luftfeuchte gezielt variiert werden.

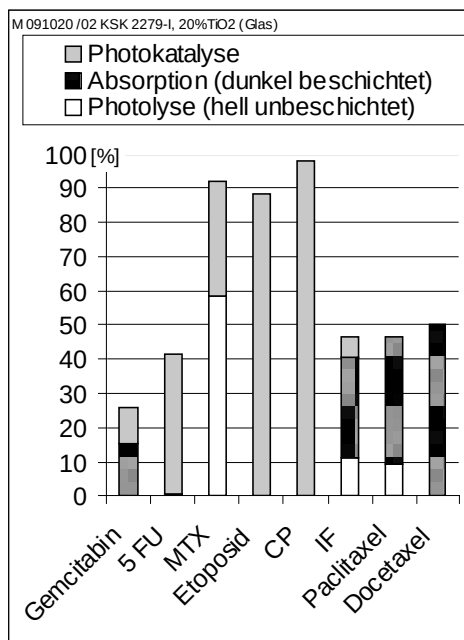


Bild 4-44: Ergebnisse: prozentualer Abbau von Zytostatika auf beschichteten Oberflächen durch Photokatalyse und Photolyse

Die Prüfung der Wirksamkeit sowie der chemischen, physikalischen und mechanischen Stabilität der beschichteten Produkte erfolgt in drei Stufen:

1. Screening-Tests mit reduzierter Parametervarianz zur Auswahl prinzipiell geeigneter Beschichtungen,
2. Intensivtests unter verschiedenen Prüfbedingungen zur Charakterisierung der Abbaubedingungen und der Abbauleistung,
3. Dauertests zur Untersuchung der Beständigkeit und des Langzeiteffektes der Schichten.

Um die Nachhaltigkeit der neuen Produktionsprozesse und Produkte zu bewerten, untersucht das Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V. derzeit in einem weiteren Arbeitspaket die mögliche Freisetzung von Nanopartikeln bei allen Produktions-, Verarbeitungs-, Nutzungs- und Entsorgungsprozessen. Die Partikel werden quantifiziert und hinsichtlich ihrer Größenverteilung und chemischen Zusammensetzung charakterisiert.

Das Projekt wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 13N9319 gefördert.



Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Thekla Kiffmeyer
+49 (0) 2065 418 159
kiffmeyer@iuta.de

4.4.3 Untersuchungen zur Beschichtung von Glasfasergeweben mit photoaktiven Nanomaterialien

Eine neuartige Filtergeneration für die simultane Elimination von partikulären und gasförmigen Luftbestandteilen soll aus dem BMBF-Verbundvorhaben "OxiFilter" hervorgehen. Wie der Name schon sagt, wird das Ziel verfolgt, unerwünschte Gasbestandteile oxidativ zu entfernen. Dies wird über die photokatalytische Wirkung entsprechender Nanomaterialien erreicht, die auf den Filterfasern aufgebracht werden.

Die zu entwickelnden Filtermedien und Filterreaktoren sind für unterschiedliche Einsatzgebiete vorgesehen. Ihre Vielfalt macht die Anpassung an die individuellen Anforderungen notwendig. Deshalb sind praxisnahe Wirksamkeitstests bereits frühzeitig angezeigt.

Am IUTA wird ein entsprechender Filterprüfstand betrieben, der einerseits klimatische Randbedingungen einzustellen gestattet und andererseits auch über die erforderlichen Messeinrichtungen und analytischen Möglichkeiten verfügt.

Die Partner (S.D.R. Biotec Verfahrenstechnik GmbH, Likusta Umwelttechnik GmbH und Fraunhofer Institut für Silicatiforschung (ISC)), entwickeln Einzelkomponenten des Filterreaktors (beschichtetes Filtermaterial bzw. Filtermedium, UV-Lampen, Mess- und Steuerungstechnik), die am IUTA zu Testkombinationen konfektioniert werden. Am IUTA wurden relevante Modellsubstanzen für die Filtertests ausgewählt. Für diese Substanzen wurden spurenanalytische Verfahren zur online und offline Bestimmung im Roh- und Reingas entwickelt und validiert (Bild 4-45).

Die ersten, prinzipiell schon geeigneten, beschichteten Glasfasergewebe werden zurzeit am IUTA im Versuchsstand unter kontrollierten und reproduzierbaren Bedingungen getestet (Bild 4-46).

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen liefern die Grundlage für Verbesserungen bzw. Weiterentwicklungen an den Materialien unserer Partner. Für alle Filter und Filterreaktoren werden die erreichbaren Abbauleistungen und die für die verschiedenen Einsatzzwecke optimalen Betriebsbedingungen ermittelt. Daneben sind die nachteiligen Einflüsse der UV-Bestrahlung (Photokorrosion) auf erwünschte Produkteigenschaften sowie die nachlassende Photoaktivität bzw. Alterung der Materialien zu betrachten.

Die Nachhaltigkeit der neuen Technologie wird im Hinblick auf die Metabolitenbildung bei der Photooxidation sowie die Freisetzung von Nanopartikeln bei der Produktion, dem Betrieb und der Entsorgung der OxiFilter überprüft. Darauf aufbauend werden, soweit erforderlich, die Produktions-, Verarbeitungs- und Entsorgungsprozesse gezielt angepasst bzw. die ggf. erforderlichen zusätzlichen Schutzmaßnahmen spezifiziert.

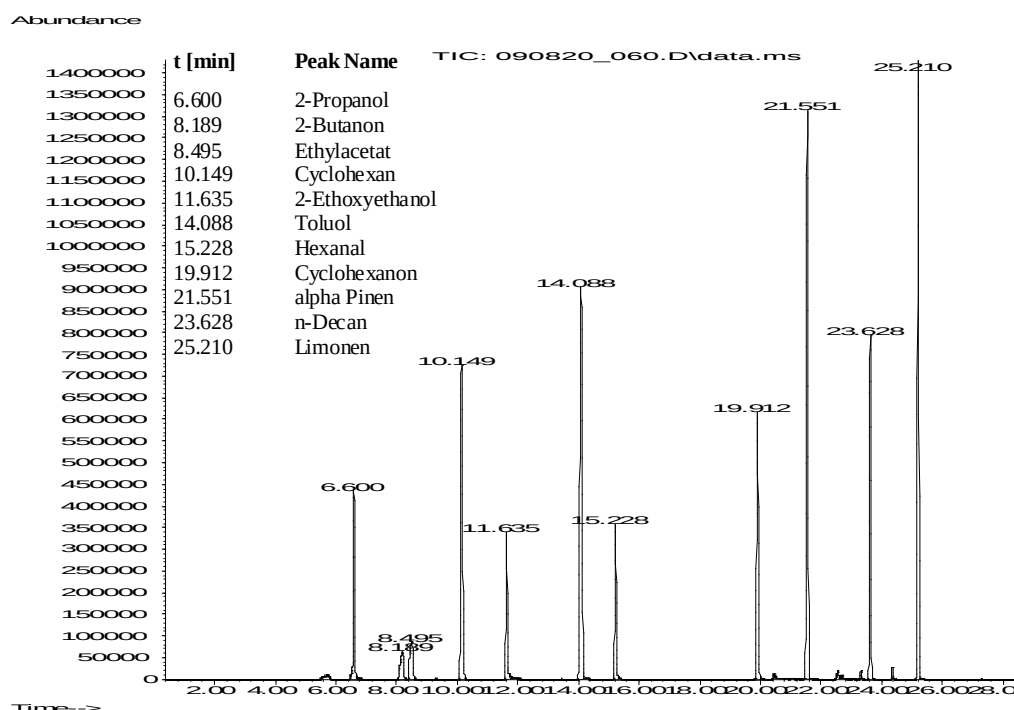


Bild 4-45: Beispielchromatogramm der für die ausgewählten Substanzen entwickelten Multimethode



Bild 4-46: links und mittig: Vorversuche zur katalytischen Aktivität der neuen Filter im Labor
rechts: Filterprüfstand mit Filtermaterial und UV-Lampen im Photoreaktor

Das Projekt wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 03X0065B im Rahmen des Förderprogramms WING gefördert.



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Thekla Kiffmeyer
+49 (0) 2065 418 159
kiffmeyer@iuta.de

4.5 Technische Thermodynamik & Gasaufbereitung

4.5.1 Erarbeitung eines PAK-Schnellerkennungsverfahrens zur Abfalluntersuchung

Polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sind aromatische Verbindungen, die aus mindestens zwei kondensierten Ringsystemen bestehen. Zahlreichen PAKs konnten kanzerogene, teratogene und mutagene Eigenschaften zugewiesen werden. Benzo(a)pyren hat dabei das höchste kanzerogene Potential.

PAK bilden sich bei der unvollständigen Verbrennung aus fast allen organischen Stoffen. Durch Flugaschen und Verbrennungsabgase gelangen sie auch in die Atmosphäre und sind damit ubiquitär verbreitet. Sie kommen aber auch in Mineralölen, Bitumen, Teer, Pech, Ruß und daraus hergestellten Produkten vor, die bis in die 80er Jahre als Holzschutzmittel oder als Bindemittel im Straßenasphalt Anwendung fanden.

Bei der Verwertung und Beseitigung von teer- und pechhaltigen Straßenausbaustoffen, Althölzern, Altreifen (hier fungieren die PAK als Weichmacher), aber auch von Bodenaushub bei Altlastverdachtflächen (z. B. Kokereisstandorte) ist zwingend zwischen mit PAK belasteten und unbelasteten Materialien zu unterscheiden, da hiervon die Eingruppierung als gefährlicher bzw. nicht gefährlicher Abfall abhängt und in Folge verschiedene Verwertungs- und Beseitigungswege beschritten werden müssen.

Bisher werden dazu 16 umweltchemisch relevante PAK (Vorgabe der amerikanischen Umweltbehörde EPA – Environmental Protection Agency) mit Hilfe von Laborverfahren der instrumentellen Analytik (GC-FID, GC-MS oder HPLC) nachgewiesen. Diese Labormethoden sind validiert, liefern vergleichbare Ergebnisse, sind aber kosten- und zeitintensiv und nicht vor Ort einsetzbar. Ein Vor-Ort-Verfahren kann helfen, den Aufwand und die Menge an Laboranalysen zu mindern.

Zielstellung eines von IUTA durchgeführten Forschungsvorhabens ist die Entwicklung eines aussagekräftigen Vor-Ort-Verfahrens für den Nachweis von PAKs aus verschiedenen Abfallmatrices.

Die Projektarbeiten starteten mit der Entwicklung des Detektionsverfahrens zur summarischen Erfassung der PAK. Basis dazu sind die aus der organischen Chemie bekannten Farbreaktionen von wasserfreiem Aluminiumchlorid (als Katalysator) mit organischen Verbindungen, die sowohl zur qualitativen als auch quantitativen Laboranalyse eingesetzt werden. Die durch das Aluminiumchlorid hervorgerufene Färbung des Lösemittels ist selektiv und kann mit Hilfe einer photometrischen Kalibrierung quantitativ bewertet werden.

Das Lösemittel der PAK-Standardlösung ist Chloroform. Da die Zusammensetzung der einzelnen PAK-Komponenten (hier 16 PAKs nach EPA) selektiv für die Art der Entstehung der PAKs und damit für den Abfallstrom ist, wurde für die vorliegende Standardlösung das PAK-Verteilungsmuster, wie es für mineralische Abfälle üblich ist, gewählt.

Der erste Projektabschnitt konnte mit der Erarbeitung einer vorläufigen Arbeitsvorschrift abgeschlossen werden. Dazu wurden neben der Katalysatorart auch die Katalysatormenge und das Lösemittel (insbesondere für den Katalysator) variiert, die optimale Reaktionszeit bestimmt sowie der Einfluss von Störkomponenten (Mineralölkohlenwasserstoffe, Phenol und Kresole) erarbeitet.

Im weiteren Projektverlauf stehen die Herstellung von Labor-, Prüf- und Messproben im Vordergrund. Die Ergebnisse dieser Arbeiten fließen dann in die endgültige Arbeitsvorschrift ein.

Die Forschungsarbeiten werden aus dem Länderfinanzierungsprogramm Wasser, Boden und Abfall, Teil Abfall gefördert. Dieses Programm dient der Erarbeitung von Ansätzen zur Vereinheitlichung des wasser-, boden- und abfallrechtlichen Vollzuges und wird von den 16 Bundesländern gemeinsam unterstützt. Geschäftsführendes Land für die Projektbetreuung des Länderfinanzierungsprogramms ist das Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern.

Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Christine Kube
+49 (0) 20 65 418 213
kuba@iuta.de

4.5.2 Weiterentwicklung eines neuartigen Dampf-Reformers für die Hausenergieversorgung

Im Jahr 2010 wurde ein Verbundprojekt zur Weiterentwicklung und Erprobung eines neuartigen Reformersystems für Brennstoffzellenanwendungen erfolgreich abgeschlossen. Ziel des Forschungsvorhabens war der Aufbau sowie die Erprobung und Optimierung eines wärmeintegrierten Reformersystems im Leistungsbereich 2,5 kW_{th} für die Hausenergieversorgung mit Brennstoffzellen-Heizgeräten. Trotz ihrer Vorzüge gegenüber konventionellen Heizgeräten sind Brennstoffzellen-Heizgeräte bisher nicht über das Stadium von Feldtests hinausgekommen. Als Hemmnisse auf dem Weg zur Kommerzialisierung von Brennstoffzellen-Heizsystemen stehen noch immer die nicht ausreichende Lebensdauer und Zuverlässigkeit der Membran-Elektroden-Einheiten (MEA - Membrane Electrode Assembly) im Vordergrund. Mindestens ebenso problembehaftet ist die bis zur Einführung einer Wasserstoffinfrastruktur erforderliche Umwandlung des in Haushalten

bereitstehenden Erdgases in brennstoffzellentauglichen Wasserstoff. Hierzu werden meist sogenannte Dampfreformer eingesetzt, die die Edukte Erdgas und Wasserdampf bei hohen Temperaturen (ca. 700 °C) in einer heterogen katalysierten Reaktion zu den Produkten Wasserstoff, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid umwandeln. Die Reformer-Technologie stammt ursprünglich aus dem Bereich der Petrochemie und ist dort Stand der Technik. Das downscaling solcher Reformersysteme zu kleinen, „haushaltstauglichen“ Modulen ist aufgrund der hohen thermischen Belastung der Teilaggregate wie auch der hohen Qualitätsanforderungen an den bereitzustellenden Brennstoff eine Herausforderung.

Die Arbeiten zur Problemlösung knüpfen an die Ergebnisse eines Vorgängerprojekts an, in dem die Entwicklungsgrundlagen für neue, leistungssteigernde Komponenten des Reformersystems gelegt wurden. Hierbei handelt es sich insbesondere um einen Katalysator, der aus einem elektrolytisch mit Nickel beschichteten Metallschaum besteht, sowie einem Brennersystem, das aus der Technologie der Porenbrenner weiterentwickelt wurde. Der Nachweis der prinzipiellen Funktionsfähigkeit konnte erbracht werden.

Das Katalysatorsystem auf der Basis offenporiger Metallschäume zeigt eine gute Performance bei niedrigen bis mittleren Raumgeschwindigkeiten, die sich durch Umsatzraten im Bereich des thermodynamischen Gleichgewichts auszeichnen. Bei gesteigerten Durchsätzen im Reaktor zeigt das Katalysatorsystem Zeichen der Überlastung und wird durch einsetzende Rußbildung rasch deaktiviert. Im Rahmen der aktuellen Forschungsarbeiten führten die Optimierungsarbeiten nun zu einem Modell mit wesentlich verbesserten Betriebseigenschaften. Beim neuen Katalysatorsystem wird zusätzlich zur elektrolytischen Beschichtung mit Nickel in einem nachfolgenden Verfahrensschritt eine Co-Beschichtung mit dem Metall der Seltenen Erden Cer auf die Metallschäume aufge-

bracht. Diese Behandlung unterdrückt die unerwünschte Rußbildung und gewährleistet den Langzeitbetrieb des Katalysators. Bei einem Langzeittest über mehr als 100 Stunden zeigte der Katalysator nur eine äußerst geringe (reversible) Degradation. Des Weiteren bestätigte sich das unkomplizierte Handling des metallschaumgetragerten Katalysators, das sich insbesondere im verbesserten An- und Abfahrverhalten des Reformersystems gegenüber herkömmlichen Katalysatoren zeigt. Auf der Grundlage dieses Katalysators erfolgten die Konstruktion und der Bau eines neuen Reformierreaktors für eine thermische Wasserstoffleistung von $2,5 \text{ kW}_{\text{th}}$, siehe Bild 4-47.

Vom Projektpartner ZBT (Zentrum für Brennstoffzellentechnik GmbH) wurde die dort schon bewährte Reaktorgeometrie übernommen und für den Einsatz von Metallschäumen und des Porenbrenners modifiziert. Um den Wirkungsgrad des Gesamtsystems zu verbessern, wurde am Reformer eine wärmetechnische Verschaltung realisiert, die sich bei anschließenden Tests sowohl für den Erdgasbetrieb mit AOG-Nutzung (AOG - Anode Off Gas) als auch im reinen Erdgasbetrieb bewährte.

Ebenfalls weiterentwickelt wurde der Porenbrenner, der die für den endothermen Refor-

mierprozess erforderliche Wärmeenergie bereitstellt. Der Porenbrenner wurde in Form eines zentral angeordneten, zylindrischen Körpers realisiert, der den ihn umgebenden Ringraumreaktor beheizt. Diese Anordnung ermöglicht einen hohen Wärmeeintrag durch Strahlung und Leitung von der Brennzona in die Reformierzone. Um die Praxistauglichkeit des Reformersystems herzustellen, wurde im Rahmen des Projekts eine automatisierte Zündung und Zündüberwachung entwickelt und in das Gesamtsystem integriert.

Es konnte gezeigt werden, dass das Metallschaum-Reformersystem in der Lage ist, eine für PEM-Brennstoffzellen geeignete Produktgasqualität zu erzielen. Auch beim Testbetrieb unter dynamischen Bedingungen, bei denen eine Abfolge von Lastwechseln zwischen 100 und 50 % im Erdgasbetrieb durchgeführt wurde, konnte ein brennstoffzellentaugliches Gas erzeugt werden, bei dem die CO-Konzentration in allen Laststufen dauerhaft unter 30 ppm gehalten werden konnte. Auch ein abschließender Test unter realitätsnahen Bedingungen mit schwefelhaltigem Erdgas aus dem Erdgasnetz und unter Nutzung eines (synthetisch erzeugten) Anodenoffgases verlief positiv.

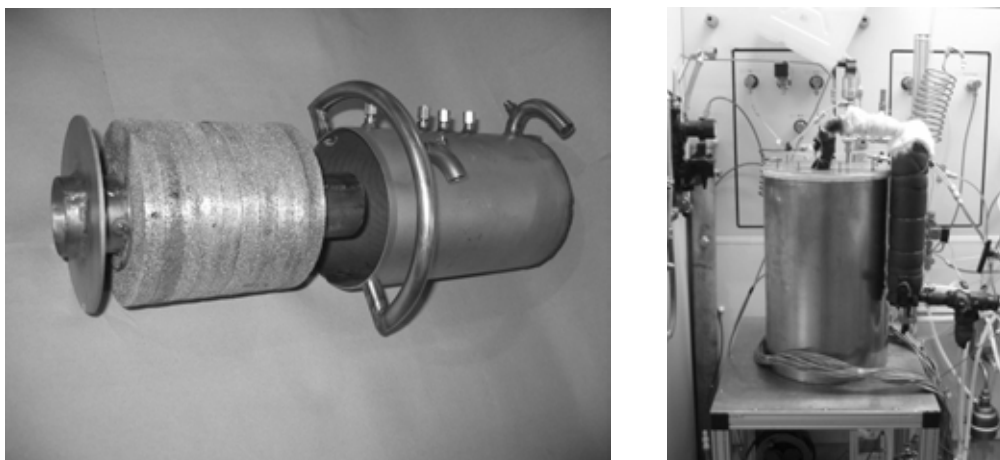


Bild 4-47: Reformierreaktor mit Metallschaumkatalysator (links) und Reformer-Gesamtsystem (rechts), [Quelle: ZBT]

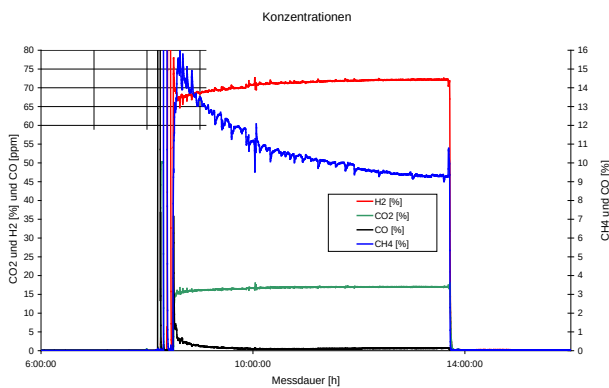


Bild 4-48: Gasqualität während der Kopplungsphase

Optimierungsbedarf besteht allerdings noch hinsichtlich der Anbindung der Metallschäume an die sie begrenzenden Reaktorwände. Der an dieser Stelle auftretende Methanschluß führt zu einer Begrenzung der Wasserstoffkonzentration im stationären gekoppelten Betrieb auf ca. 72 Vol.-% (im Methanbetrieb) (siehe Bild 4-48). Wenn es gelingt, eine besser geeignete Verbindung zu realisieren, kann der Wirkungsgrad des Reformers und damit auch der Wirkungsgrad des getesteten Gesamtsystems weiter gesteigert werden.

Das Forschungsvorhaben 15654 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. Andrew Berry
+49 (0) 20 65 418 175
berry@iuta.de

4.5.3 Nachhaltiges dezentrales Holzvergaserkraftwerk mit gekoppelter Mikrogasturbine (DeHo-Gas)

Die Biomassevergasung stellt ein umweltfreundliches, regeneratives CO₂-neutrales Konversionsverfahren zur Erzeugung von Synthesegas dar, welches in einem nachfolgenden KWK-Prozess (Kraft-Wärme-Kopplung) zur gemeinsamen Bereitstellung von Strom (Kraft) und Wärme genutzt werden kann. Durch die Kraft-Wärme-Kopplung kann der eingesetzte Brennstoff auch in kleinen, dezentralen Anlagen effizient umgesetzt werden, woraus sich hohe Anlagenwirkungsgrade und somit eine hohe Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit des Verfahrens ergibt.

Trotz der genannten Vorteile und des bestehenden großen Interesses potenzieller Anwender ist der Marktdurchbruch für kleintechnische Biomassevergaser in Deutschland noch nicht erfolgt. Gründe hierfür sind Mängel im zuverlässigen Betrieb, die meist auf unzureichende Gasaufbereitung zurück zu führen sind. Sie verursachen Stabilitätsprobleme beim Betrieb mit einem Motor-BHKW.

In dem im Spätherbst 2010 begonnenen Verbundprojekt, an dem neben dem IUTA e. V. weitere Forschungseinrichtungen wie das Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) und die Hochschule Offenburg sowie als Industriepartner der Energiedienstleister Energie Baden-Württemberg AG (EnBW AG) beteiligt sind, wird ein neuer Ansatz verfolgt, die Verstromung des erzeugten Synthesegases in einer Mikrogasturbine (MGT) vorzunehmen.

Über die Nutzung eines Mikrogasturbinenprozesses in Kombination mit einem Holzvergaser liegen bislang keine ausreichenden Erfahrungen vor. Die Mikrogasturbine bietet im Vergleich zu der Kolbenmaschine Vorteile hinsichtlich der Flexibilität gegenüber den Brennstoffen bei bedeutend geringeren Schadstoffemissionen.

Ferner kann die Mikrogasturbine über einen größeren Heizwertbereich betrieben werden und ist unempfindlicher gegenüber Schwankungen in der Produktgaszusammensetzung und -menge. Weitere Vorteile sind die längeren Wartungsintervalle, die geringeren spezifischen Betriebs- und Instandhaltungskosten, die größere Leistungsdichte, die einfachere Bauweise und die geringeren Lärmemissionen. Hinzu kommt der verfahrensspezifische Vorteil, dass das Brenngas - im Gegensatz zur Nutzung in einem Kolbenmotor - vor Eintritt in die Brennkammer der MGT nicht abgekühlt werden muss. Hierdurch werden Probleme mit kondensierenden Kohlenwasserstoffverbindungen, die zu schädlichen Ablagerungen an Ventilsitzen, Rohrleitungen oder anderen Motorkomponenten führen, weitestgehend vermieden.

Andererseits reagieren Gasturbinensysteme aufgrund von Korrosions-, Erosions- und Verschlackungsprozessen empfindlich auf partikuläre Verschmutzungen (Staub) im Allgemeinen und Alkalimetall- und Schwefelverbindungen im Besonderen. Über die Wirkung weiterer Bestandteile des von Biomassevergaserern erzeugten Synthesegases liegen noch keine ausreichenden Kenntnisse vor.

Ein großer Teil der vom IUTA e. V. und der Hochschule Offenburg durchzuführenden F&E-Arbeiten betreffen die Konditionierung des Produktgases hinsichtlich der Mindestanforderungen für einen zuverlässigen Dauerbetrieb der Mikrogasturbine. Um die Teer-, Staub-, Partikel- und Schadstoffbelastungen im Produktgas auf das erforderliche Maß zu reduzieren, werden physikalische, thermische sowie katalytische Gasreinigungsverfahren weiterentwickelt.

Die Versuchseinrichtungen und Tests der Systeme erfolgen überwiegend im Technikumsmaßstab an dem 100 kW_{th}-Gegenstromvergaser des IUTA (Bild 4-49) sowie dem 30 kW_{th}-Gleichstromvergaser der Hochschule Offenburg. Die Erprobung der entwickelten bzw. optimierten Komponenten wird an einer großtechnisch ausgeführten Holzvergaseranlage in Arnsberg-Wildshausen durchgeführt.

Für den stabilen Betrieb müssen das Brennkammersystem und die Turbomaschine aufeinander abgestimmt werden. Dafür wird ein brennstoff-flexibles und schadstoffarmes FLOX[®]-basiertes Brennkammersystem (FLOX[®] = flammenlose Oxidation) mit einer hohen Abgasrezirkulationsrate entwickelt, getestet und optimiert. Die Charakterisierung des angefertigten Versuchsmodells erfolgt an dem am DLR-Institut für Verbrennungstechnik vorhandenen Turbec T100 Mikrogasturbinenprüfstand (siehe Bild 4-50) sowie an einem Einzelbrennerprüfstand.

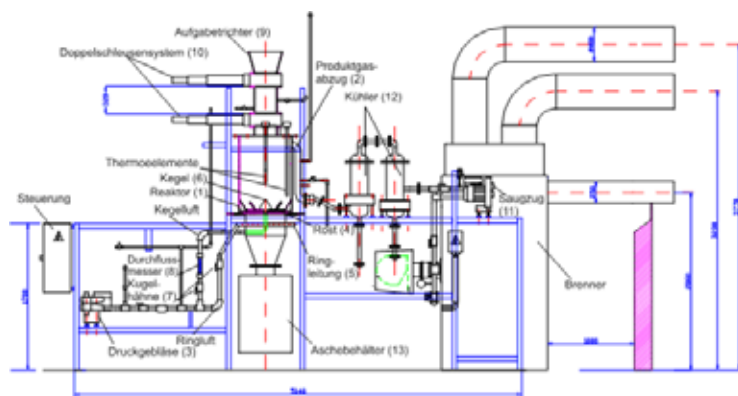


Bild 4-49: Schnittzeichnung des IUTA Gegenstromvergasers (links) und Foto der Technikumsanlage (rechts)

Die optisch zugänglichen Brennkammern der beiden Prüfstände erlauben es, das Verbrennungsverhalten der Versuchsmodelle über den kompletten Betriebsbereich der Mikrogasturbine zu charakterisieren. Auf diese Weise lassen sich auch Schwankungen der Gasmenge und der Gaszusammensetzung auf die Flammenstabilität und das Betriebsverhalten der Mikrogasturbine analysieren.

Hieraus ergeben sich die Mindestanforderungen, die an das Synthesegas zu stellen sind. Die Komponentenentwicklung soll in den Aufbau eines Mikrogasturbinen-BHKWs am Vergaserstandort Arnsberg-Wildshausen münden. Vorgesehen ist dafür eine Mikrogasturbine des Typs Turbec T100, die mit dem neu entwickelten Brennkammersystem ausgerüstet wird, siehe Bild 4-51. Der vorhandene Biomassevergaser wird mit den entwickelten und optimierten Systemen zur Gaskonditionierung erweitert. Die Abwärme der Mikrogasturbine soll über einen Wärmeübertrager ausgekoppelt und zur Holzrock-

nung eingesetzt werden. Nach Fertigstellung aller Installationen folgen die Inbetriebnahme und Erprobung des modifizierten Kraftwerksystems.

Die Erfahrungen aus dem Dauerbetrieb sollen die Bewertung der Wirtschaftlichkeit des Anlagenkonzepts ermöglichen und gegebenenfalls einen notwendigen weiteren Entwicklungsbedarf aufzeigen.

Das Projekt wird im Rahmen des Förderprogramms zur Weiterentwicklung der nationalen Klimaschutzinitiative vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gefördert.



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



DIE BMU
KLIMASCHUTZ-
INITIATIVE

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Egon Erich
+49 (0) 20 65 418 268
erich@iuta.de



Bild 4-50: Turbec T100. links: Mikrogasturbinenprüfstand des DLR, mitte: Optisch zugängliche Brennkammer des Mikrogasturbinenprüfstands, rechts: Atmosphärischer Einzelbrennerprüfstand



Bild 4-51: links: Schnitzzeichnung durch die Holzvergaseranlage in Arnsberg-Wildshausen mit Gasmotoren-BHKW rechts: Foto der Holzvergaseranlage in Arnsberg-Wildshausen

4.5.4 Alkalikarbonatwäsche für die Entfernung von Kohlendioxid aus Rauchgasen fossil befeuerter Kraftwerke

Das in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Umwelttechnik der Technischen Universität Dortmund erfolgreich abgeschlossene Forschungsvorhaben hatte die Bereitstellung von Daten über die Eignung der Pottaschewäsche zur CO_2 -Abreinigung von Rauchgasen als Alternative zu den bekannten und bisher favorisierten Aminwäschen zum Ziel. Dabei sollen die Wirksamkeit der Pottaschewäsche quantifiziert und gegebenenfalls ergänzende Maßnahmen zur Anpassung an die gestellte Reinigungsaufgabe herausgearbeitet werden. Neben der reinen verfahrenstechnischen Betrachtung der Abtrennung des CO_2 aus dem Abgas mittels Absorption und Desorption erfolgten Untersuchungen zur optimalen Zusammensetzung pottaschebasierter Waschmittel. Des Weiteren wurden verfahrenstechnische Aspekte wie die Alterungsbeständigkeit des Waschmittels und Möglichkeiten zu dessen Regenerierung oder Verwertung betrachtet. Das Arbeitsprogramm umfasste über Untersuchungen im Labor- und Technikumsmaßstab hinaus auch die vor Ort Abtrennung von Kohlendioxid mit einer mobilen Absorptionsanlage, die im Projektzeitraum an zwei Standorten - in einem Stahlwerk und in einem Kraftwerk - eingesetzt wurde.

Die durchgeführten Labor- und Technikumsuntersuchungen, Bild 4-52 zeigt ein Foto der Anlage, lieferten die Datenbasis für die Auslegung und Anpassung des Versuchswäschers sowohl an die jeweilige Trennaufgabe als auch auf die Wahl der Waschmittelzusammensetzung und der Betriebsparameter. Bei der Untersuchung von Pottaschelösungen im Konzentrationsbereich von 10 bis 30 Gew.-% zeigten sich die höheren CO_2 -Absorptionsraten bei niedrigeren Pottaschekonzentrationen. Diese Erkenntnis wurde in der Anpassung der Konzentration des im Versuchs-

wäscher verwendeten Waschmittels umgesetzt.



Bild 4-52: Technikumsanlage zur Untersuchung der pottaschebasierten CO_2 -Wäsche

In umfangreichen Tests hat sich das Additiv Piperazin als geeignet erwiesen, die Reaktionsgeschwindigkeit zu erhöhen. Dieses konnte im weiteren Projektverlauf erfolgreich eingesetzt werden. Untersuchungen zum Reaktionsverhalten von Spurensalzen, die über SO_2 und NO_x im Abgas gebildet werden, erfolgten zunächst im Labormaßstab. Die Ergebnisse konnten anhand von On- und Offline-Analysen beim Betrieb des Versuchswäschers bestätigt werden.

Möglichkeiten zur gezielten Nitratreduktion konnten zwar aufgezeigt werden, sie sind aber in der großtechnischen Anwendung sämtlich mit Nachteilen wie hohem Energieverbrauch, Katalysatorkosten sowie entstehenden Nebenprodukten behaftet. Anhand der durchgeführten Versuche konnte jedoch nachgewiesen werden, dass NO_x -Produkte (Nitrate, Nitrite) bei der Pottaschewäsche praktisch kaum angereichert werden, sodass eine Aufarbeitung außerhalb der üblichen Betriebsintervalle des Waschmittels nicht nötig ist und aus ökologischen und ökonomischen Gründen unterbleiben sollte. Im Gegensatz zu NO_x wird SO_2 gut von der Pottaschelösung absorbiert. Es wird erwartungsgemäß nahezu vollständig zu Sulfat umgewandelt, sodass eine deutliche Anreicherung in der Pottaschelösung festzustellen ist. Sulfite wurden nicht identifiziert. Auch wenn bei den Untersuchungen mit dem

Versuchswäscher keine merkliche Alterung des Waschmittels festgestellt werden konnte, sollte aufgrund der Untersuchungsergebnisse beim Dauerbetrieb einer Pottaschewäsche im Rahmen von CCS (*Carbon Dioxide Capture and Storage*) eine Aufbereitung der Pottaschelösung vorgesehen werden.

Dazu wurde gezeigt, dass die Kristallisation ein geeignetes Verfahren zur Entfernung der Sulfate aus der Waschlösung darstellt. Geringe Verluste von Kaliumcarbonat müssen dabei im Laufe des Betriebs ausgeglichen werden.

Nach erfolgtem Umbau eines beim IUTA vorhandenen Versuchswäschers wurde das Verfahren der drucklosen Pottaschewäsche zur CO₂-Abreicherung von Abgasen umfassend praxisnah getestet und optimiert, zunächst mit den Prozessgasen in einem Stahlwerk und später in einem Kraftwerk, siehe Bild 4-53.

Bereits bei den Untersuchungen im Stahlwerk zeigte sich, dass die Versuchsanlage zwar für die gegebene Aufgabe generell geeignet ist, die Reinigungsleistung mit der vorliegenden Anlagenkonfiguration allerdings zu gering war. Den Engpass bildete insbesondere der Desorptionsprozess. Unter den gegebenen Reaktionsbedingungen reichten die Verweilzeiten des beladenen Waschmittels in der Desorptionszone nicht aus, um einen ausreichenden Anteil des Hydrogencarbonats zurück zum Carbonat zu wandeln.

Auf diese Weise ergab sich eine zu geringe nutzbare Beladungskapazität (Arbeitsbelastung) des Waschmittels, die die Voraussetzung für die Aufnahme von CO₂ im Absorber ist. Gegenmaßnahmen wie beispielsweise die Erhöhung der Verweilzeit sowie der wirksamen Oberfläche im Desorber durch Austausch der dort eingesetzten Füllkörper sowie die Nachrüstung zusätzlicher Heizelemente zur Anhebung der Desorbtemperatur erwiesen sich als nicht ausreichend.



Bild 4-53: Reinigung im Versuchswäscher (rechts) am Kraftwerkstandort

Eine weitere Steigerung des Desorptionsgrades kann durch höhere Desorptionskolonnen, die Verwendung spezieller Packungen (statt Füllkörpern) sowie ein ausgefeiltes Wärmemanagement innerhalb der Kolonnen erreicht werden. Da weitergehende Modifikationen der Versuchsanlage aufgrund der vorgegebenen Anlagengeometrie nur sehr begrenzt möglich waren, wurde zur weiteren Steigerung der Reinigungsleistung des Versuchswäschers der Einsatz von Additiven zur Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit bei der Hydrogencarbonat-Carbonatumwandlung getestet.

Ausgehend von zunächst geringen CO₂-Minderungsraten in Höhe von ca. 10 % der im Abgas enthaltenen CO₂-Menge bei einem Feed von 50 m³/h konnte durch sukzessive Steigerung des Additivanteils an Piperazin (bis 0,3 mol PZ / mol K₂CO₃) die Minderungsrate bis auf ca. 60 % verbessert werden. Auch wenn mit der Technikumsanlage der Universität Dortmund Minderungsraten bis zu ca. 90 % erreichbar waren, sind die im praktischen Betrieb erzielten Werte im jetzigen Untersuchungsstadium und unter Berücksichtigung der beschriebenen Einschränkungen der Versuchsanlage als sehr gutes Ergebnis zu werten. Insbesondere unter Berücksichtigung der äußerst positiven Resultate hinsichtlich der Alterungsbeständigkeit und der

einfachen Handhabung der pottaschebasierten Waschlösung ist das getestete Konzept als Erfolg versprechend zu bezeichnen. Der unter realen Bedingungen erbrachte Beweis der grundsätzlichen Eignung der Pottaschewäsche zur Abreinigung von realen Kraftwerksabgasen ermöglicht es - in Verbindung mit der ebenfalls nachgewiesenen Alterungsbeständigkeit - nun gezielt weitere Untersuchungen unter Verwendung von Modellgas durchzuführen, um die Leistungsfähigkeit der Pottaschewäsche weiter zu steigern und dieses vorteilhafte Verfahren als industrielle Anwendung zu etablieren. Die Ergebnisse einer im Rahmen des Projektes durchgeführten verfahrenstechnischen Bewertung haben gezeigt, dass das Verfahren der Pottaschewäsche bei angepasster Anlagenkonfiguration und druckaufgeladenem Betrieb nicht nur ökologische Vorteile gegenüber aminbasierten Waschverfahren bietet, sondern auch unter ökonomischen Aspekten konkurrenzfähig sein kann.

Das Forschungsvorhaben 15653 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:

Dr.-Ing. Egon Erich
+49 (0) 20 65 418 268
erich@iuta.de

4.5.5 Rückführung von anthropogenen CO₂-Emissionen in den natürlichen Kohlenstoffkreislauf mittels Kalkprodukten

Ein Stützpfeiler der deutschen Klimapolitik ist die Abscheidung von CO₂ aus Abgasen mit anschließender Speicherung zur dauerhaften Entfernung aus dem globalen Kreislauf (CCS = Carbon Capture und Storage). Die CCS-Technologie ist allerdings bisher nicht hinreichend entwickelt und ausgereift, da das CO₂ am Entstehungsort abgeschieden, zur Speicherstätte transportiert und im tiefen Untergrund in dafür geeigneten Formationen unter Druck sicher und dauerhaft gespeichert werden muss. Insbesondere für den letzten Schritt gibt es hinsichtlich der großtechnischen Machbarkeit, der tatsächlichen Wirkungen sowie der Überwachung und Überprüfung noch keine gesicherten und detaillierten Erkenntnisse.

Für die Abscheidung von CO₂ aus Abgasen gibt es zahlreiche Verfahrensvarianten. Sie beruhen aber im Wesentlichen immer auf einer Abscheidung von CO₂ mit nachgeschalteter Desorption, um das CO₂ als konzentrierten, lagerungsfähigen Stoff zu erhalten. In diesem Projekt wird nun ein anderer Weg beschritten, wonach der natürliche Verwitterungskreislauf von Carbonatgestein technisch nachgebildet werden soll.

Die natürliche Verwitterung von Carbonatsteinen (Lösungsverwitterung) ist mit einem Kohlenstofffluss aus der Atmosphäre und der Lithosphäre in die Hydrosphäre verbunden. An der Verwitterung ist Kohlensäure (H₂CO₃) beteiligt, die durch Lösung von atmosphärischem CO₂ in Regen- oder Grundwasser entsteht. Trifft diese auf Gestein, das Calciumcarbonat (CaCO₃) 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 einer Versauerung.

nung entgegen. Insbesondere Calcium- und Carbonat-Ionen (CO_3^{2-}) dienen dem Plankton zum Aufbau von organischem Material und Kalkskeletten. Die Carbonatbildung durch Organismen ist die Umkehrreaktion der Verwitterung, siehe Bild 4-54.

Bei der im Rahmen des Vorhabens zu untersuchenden technischen Nachbildung des Verwitterungskreislaufs sollen die anfallenden CO_2 -haltigen Abgase aus Verbrennungsanlagen der KMU und Brennöfen der Kalkindustrie einer gezielten Nasswäsche mit Kalksteinprodukten unterzogen werden. Der neue, zu prüfende Ansatz geht davon aus, dass die dabei entstehende konzentrierte Calciumhydrogencarbonatlösung als natürlich vorkommender Stoff in die aquatische Umwelt abgegeben werden kann. Als positiver Nebeneffekt ist dabei die natürliche Pufferung der limnischen und letztendlich der marinen Gewässer anzusehen.

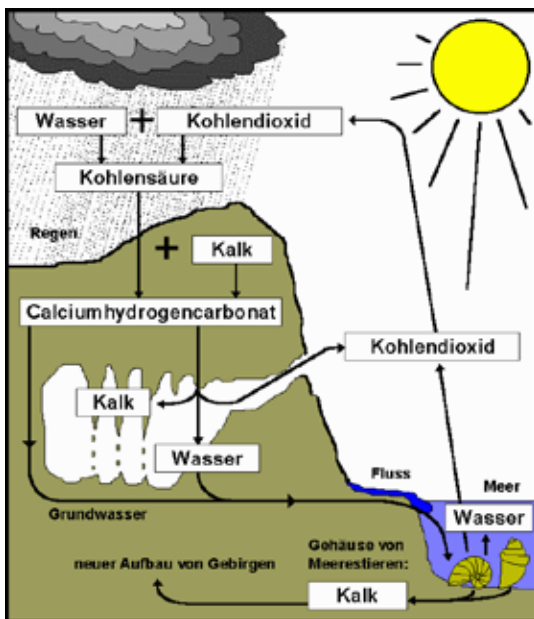


Bild 4-54: Verwitterungskreislauf von Kalk

Als geeignetes Sorbens für eine auf den Einsatz von Kalkprodukten basierende CO_2 -Wäsche bietet sich der reichlich verfügbare Kalkstein als wässrige Suspension an. Die sogenannte Kalksteinwäsche wird seit Jahrzehnten erfolgreich bei der Entschwefelung von Kraftwerksabgasen eingesetzt. Dabei wird

schwer lösliches Calciumsulfat produziert, abgetrennt und verwertet. Obwohl CO_2 sich wesentlich schlechter in Wasser löst als SO_2 (Löslichkeit in Wasser bei 0°C und Atmosphärendruck: SO_2 : 22,8 g/l gegenüber CO_2 : 0,35 g/l) erscheint eine Übertragung des bewährten Konzepts auf eine CO_2 -Wäsche unter Beachtung gewisser Randbedingungen möglich. Die Abscheideleistung kann verbessert werden, wenn bei der CO_2 -Wäsche ein hoher pH-Wert der Suspension aufrecht erhalten wird. Dies lässt sich durch pH-Wert gesteuerte Zugabe von Kalkhydrat oder Kalkmilch erreichen. Der pH-Wert muss dabei so gewählt werden, dass die Fällung von Calciumcarbonat verhindert und Calciumhydrogencarbonat stabil in Lösung gehalten wird.

Modelluntersuchungen zur CO_2 -Aufnahme von calciumcarbonatgesättigten Lösungen bei einem CO_2 -Gehalt von 15 % im Abgas haben gezeigt, dass die Hydrogencarbonatkonzentration von 0,08 auf 0,64 g/l CO_2 erhöht werden kann. Es ist zu erwarten, dass eine deutlich gesteigerte CO_2 -Einbindung aus einer pH-Wert-Regelung und permanenter Calciumcarbonatzufuhr über eine Kalksteinsuspension resultiert. Eigene Untersuchungen haben ergeben, dass unter Zusatz von Mg-Ionen die Hydrogencarbonatkonzentration einer Kalksteinsuspension deutlich über den Wert von 0,64 g/l CO_2 auf 1,2 g/l CO_2 erhöht werden kann, wobei dieser Prozess weiter optimierbar zu sein scheint.

Eine grobe Abschätzung auf der Basis von Einbindungskapazitäten in Höhe von 1,2 g CO_2 pro Liter Kalksuspension ergibt für einen Abgasvolumenstrom von $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ mit einem CO_2 -Gehalt von 15 Vol.-% (295 kg CO_2) einen Verbrauch von 246 m^3 Suspension bei einem Kalkverbrauch von ca. 677 kg/h. Der Kalksteinpreis kann dabei mit ca. 10 €/t angesetzt werden, was einem Kostenrahmen für die CO_2 -Abreinigung von ca. 7 €/1000 m^3 Abgas entspricht. Die Kosten für die Abscheidung von 1 t CO_2 lägen dann bei ca. 24 €

zuzüglich der Energiekosten für Pumpen, Nebenaggregate usw. Momentan werden die Kosten für die verschiedenen CCS-Verfahren auf 40 – 50 €/t CO₂ geschätzt.

Durch das Vorhaben sollen umfassende Daten über die Eignung der Kalksteinwäsche zur CO₂-Abreinigung aus vorgereinigten Rauchgasen (weitgehend staub-, NO_x, SO_x- und HCl-frei) erarbeitet werden, um die Ableitung über Oberflächengewässer als Alternative zu den bekannten Verfahren im Rahmen der Carbon-Capture-Storage (CCS) diskutieren zu können. Neben den reinen verfahrenstechnischen Aspekten der Absorption steht auch die Stabilisierung der Calciumhydrogencarbonatlösung nach der Verdünnung mit Oberflächen- und pufferschwachem Wasser im Mittelpunkt der Untersuchungen. Auf diese Weise sollen die Möglichkeiten und Grenzen dieser Alternative gegenüber den Waschverfahren und der CO₂-Entsorgung der CCS-Technologien diskutiert und die Kostenstrukturen aufgezeigt werden.

Das Arbeitsprogramm des vom IUTA und der Forschungsgemeinschaft Kalk und Mörtel e. V. durchgeführten Verbundprojekts umfasst neben den Laboruntersuchungen, die im Wesentlichen dazu dienen, die Grundlagen zur Produktauswahl, Kornverteilung, zu Konzentrationen, Löslichkeiten, pH-Werten und den entsprechenden Kinetiken zu untersuchen, auch die praxisnahe Abtrennung von Kohlendioxid aus dem Rauchgas einer Verbrennungsanlage mit einer mobilen, bereits vorhandenen Absorptionsanlage.

Sofern die Ergebnisse die generelle Eignung des Verfahrens aufzeigen und sich Vorteile gegenüber anderen diskutierten CCS-Verfahren erkennen lassen, ist vorgesehen, ein Anschlussvorhaben durchzuführen. Hierin soll dann auf der Basis der erhaltenen Daten auch der Frage nachgegangen werden, welche Auswirkungen sich durch Einleitung von hohen Mengen Calciumhydrogencarbonat für die limnischen und marinen Systeme ergeben.

Das Forschungsvorhaben 16548 N der Forschungsvereinigung Kalk & Mörtel 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. Andrew Berry
+49 (0) 20 65 418 175
berry@iuta.de

4.6 Energieversorgung & Wasserstoff-Technologie

4.6.1 Kathodenseitige Schädigungsmechanismen durch partikuläre und gasförmige Luftschadstoffe

Der Einsatz von PEM-Brennstoffzellen für mobile Zwecke zielt auf deren Einsatz im Straßenverkehr. Gerade im Straßenraum sind aber Schadgase und Partikel in der Umgebungsluft enthalten, die bei kathodenseitiger Zufuhr der Luft die Membran und den Katalysator der Brennstoffzelle nachhaltig schädigen. Die fortlaufende Kontamination geht zu Lasten der Leistung und der Standzeit der Brennstoffzellen.

In einem Vorläuferprojekt (AiF/IGF 15079 N) wurden wichtige Erkenntnisse über das Verhalten bei kathodenseitiger Schadstoffbelastung gewonnen. Ein Filter bzw. Alternativen zur Reinigung der Umgebungsluft vor Eintritt in die PEM-Brennstoffzelle sind gerade beim Betrieb in verkehrsreichen Gegenden unbedingt erforderlich. Ein PEM-Brennstoffzellen-Stack wurde bei Beaufschlagung mit verdünntem Dieselabgas, das die Schadgase NO, NO₂ und Schwefeldioxid sowie Rußpartikel enthielt, trotz eines Filters deutlich geschädigt. Die Erweiterung der Betrachtung auf andere partikuläre Bestandteile zeigte, dass eine Beaufschlagung mit NaCl-Partikeln die PEM-BZ reversibel und eine Beaufschlagung mit CaCl₂-Partikeln die PEM-Brennstoffzellen irreversibel schädigt. Die Zugabe von Partikeln aus Graphit führte hingegen nicht zu einer Abnahme der Zellspannung, sondern nur zu einem starken Druckanstieg auf der Kathodenseite. Ein ähnlicher Druckanstieg ist bei Zugabe von TiO₂ zu beobachten, jedoch wurden hier die Zellen irreversibel geschädigt.

Kathodenluftfilter sind nach heutigem Stand der Technik noch nicht in der Lage, sämtliche schädigenden Luftbestandteile abzuscheiden. Aus diesem Grund werden in einem Forschungsvorhaben vom IUTA und Zentrum für Brennstoffzellen-Technik GmbH (ZBT) fundier-

te Untersuchungen zur Aufschlüsselung der Schädigungsmechanismen bestimmter Schadgase durchgeführt, um die Grundlage für künftige Entwicklungen von Luftfiltern oder ergänzende bzw. alternative Abscheidesysteme zu schaffen, die zur Erhöhung der Schadstofftoleranz bei Brennstoffzellen-Systemen beitragen.

Das Vorhaben konzentriert sich auf elektrochemische Untersuchungen zur Charakterisierung der Schädigungsmechanismen einzelner, im Straßenverkehr auftretender Schadgase an der Membran-Elektrode-Einheit (membrane electrode assembly, kurz MEA). Im Sinne einer Ursachen-Wirkungs-Analyse werden Untersuchungen an PEM-Einzellern durchgeführt. Als Untersuchungsmethoden kommen die Elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS) sowie die Cyclovoltammetrie (CV) zum Einsatz. Die EIS ist eine in-situ Messmethode, mit der Messungen während des laufenden Betriebes der Zelle erfolgen können. Aus der Beobachtung von Impedanzänderungen über ein definiertes Frequenzspektrum lassen sich Abweichungen vom Normalbetrieb erkennen und diese Störungen einzelnen Komponenten des Systems zuordnen. Es kann ermittelt werden, an welchen Elementen der Zelle das Schadgas angreift (Membran, Katalysator, GDL).

Schädigungsmechanismen werden sowohl im Labor als auch bei Außentests unter realen Bedingungen in verkehrsbelasteten Gebieten untersucht. Diese Außentests erfolgen unter Einsatz von zwei parallel betriebenen BZ-Systemen mit und ohne Filter. Im Labor werden ergänzend dazu gezielte Untersuchungen zu speziellen Schadstoffbelastungen mit Aerosolen und Gasen durchgeführt, die zeigen sollen, an welcher Stelle (Membran, Elektrode, GDL oder Katalysator) und wie (chemisch, physikalisch) die Zelle kontaminiert bzw. geschädigt wird. Die Kombination von Test

unter realen Bedingungen und Laboruntersuchungen liefert wichtige Erkenntnisse zur Charakterisierung des komplexen schadgas- und aerosolbedingten Degradationsverhaltens der Kathode, aus denen geeignete Gegenmaßnahmen abgeleitet werden können.

Erste Impedanzmessungen während der kathodenseitigen Beaufschlagung der Zelle mit NaCl-Salzaerosol zeigten während der Belastung keine Änderung des Widerstandes und der Phasenverschiebung im erhöhten Frequenzbereich. Aus diesem Verhalten kann geschlossen werden, dass insbesondere gelöste Na^+ -Ionen nicht den Membranwiderstand beeinflussen, beispielsweise durch eine Reduzierung der H^+ -Aktivität durch Ionenaustausch mit Na^+ . Maßgeblicher Effekt für den beobachteten Spannungsabfall scheint die Blockade der GDL durch größere Salzkristalle insbesondere bei höheren Konzentrationen zu sein. Zur Verkürzung der Untersuchungszeiten wurden die Laboruntersuchungen bei NaCl-Konzentrationen von 38 und 390 mg/m³ durchgeführt. In der Praxis anzutreffende typische Umgebungskonzentrationen liegen weit darunter, so dass hier ein Abtransport des löslichen Salzes mit dem Produktwasser erfolgt und die Verblockung so verhindert wird.

Das Forschungsvorhaben 16325 N 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. Achim Hugo
+49 (0) 20 65 418 257
hugo@iuta.de

Dipl.-Ing. Georg Moldelhauer
+49 (0) 20 65 418 223
moldelhauer@iuta.de

4.6.2 Wandlung von Abwärme in elektrische Energie – Entwicklung und Herstellung eines thermoelektrischen Generators aus nanokristallinem Silizium

Im August 2010 startete das Projekt zur Herstellung eines neuartigen thermoelektrischen Generators, TEG. Die Bearbeitung erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet „Nanostrukturtechnik“ der Universität Duisburg - Essen und der Schweißtechnischen Lehr und Versuchsanstalt (SLV), Duisburg. Am IUTA wird das Projekt interdisziplinär in Zusammenarbeit mit dem Bereich „Nanopartikelsynthese & Nanoenergie“ bearbeitet (siehe auch 4.7.2).

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung, Herstellung und Charakterisierung eines thermoelektrischen Generators (TEG). Das Projekt umfasst den gesamten Herstellungsprozess, ausgehend von der Synthese von Silizium-Nanopartikeln, aus denen die Bausteine des Generators gebildet werden, bis hin zur Verbindung der Bauelemente und die Gestaltung eines kompletten Moduls.

Der Generator wird aus ungiftigen Werkstoffen aufgebaut. Die thermoelektrischen Elemente bestehen aus Quadern mit Abmessungen von ca. 2,5 mm x 2 mm x 2 mm, die durch Sparkplasma-Sinterung aus Silizium-Nanopartikeln hergestellt und in Form gebracht werden. Für das Vorhaben muss die geeignete Verbindungstechnik gefunden bzw. erst entwickelt werden. Der Generator wird aus bis zu 100 Elementen bestehen, eine Grundfläche von 40 mm x 40 mm haben und ca. 5 mm hoch sein. Der Generator soll heißseitig bis 300°C einsetzbar sein. Die angestrebten Leistungsdaten des Generators bei

200 °C Temperaturdifferenz sind: Leerlaufspannung 9 V, Innenwiderstand 3,125 Ω , Elektrische Leistung 8 W, Wirkungsgrad 5 %.

Für den Test der entwickelten Generatoren hinsichtlich ihrer thermischen und elektrischen Leistungsparameter wird eine geeignete Messeinrichtung zusammen mit der Panco GmbH, Koblenz, entwickelt. Das Gerät misst die elektrischen Leistungsdaten des TEG (Stromstärke und Spannung als Funktion der elektrisch anliegenden Last) in Abhängigkeit von den heiß- und kaltseitigen Temperaturen am Generator, Bild 4-55.

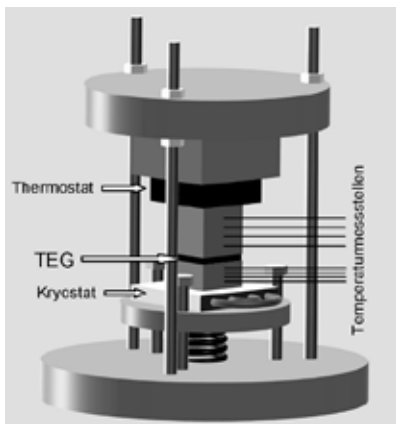


Bild 4-55 Aufbau der Messeinrichtung zur thermisch-elektrischen Charakterisierung thermoelektrischer Generatoren (TEG)

Erfasst werden die in den TEG eintretenden und austretenden Wärmeströme über Temperaturmessstellen in metallischen Referenzblöcken, zwischen denen der TEG platziert ist. Die elektrischen Kenndaten des TEG werden in Abhängigkeit von den heiß- und kaltseitigen Temperaturen (Wärmequelle) bei verschiedenen Lastwiderständen bestimmt, siehe Bild 4-56. Zur Vermeidung luftgetragener Wärmeübergänge von der heißen Seite zur kalten Seite kann die gesamte Apparatur ins Vakuum gesetzt werden. Um Korrosionsvorgänge durch luftseitigen Angriff am offenen TEG zu verhindern, kann die Apparatur auch unter Inertgas betrieben werden.

Die untere Kurve in Bild 4-56 wurde bei einer am TEG anliegenden Temperaturdifferenz ΔT von 24 °C aufgenommen, die obere Kurve bei

$\Delta T = 125^\circ\text{C}$. Die kaltseitige Temperatur betrug jeweils 20 °C. Zu erkennen ist die starke Abhängigkeit der Leistung von der Temperaturdifferenz. Das Leistungsmaximum liegt bei einem Lastwiderstand von ca. 2,8 Ω , was dem Innenwiderstand des TEG entspricht.

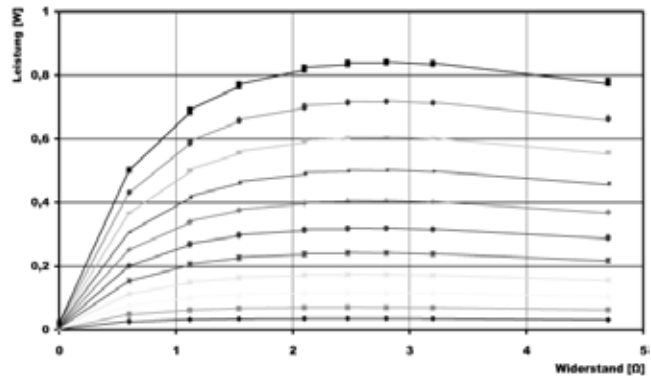


Bild 4-56: Abhängigkeit der Leistung eines kommerziell erhältlichen TEG (TEC112708) vom anliegenden Lastwiderstand

Hardwareseitig ist die Messeinrichtung inzwischen einsatzbereit. Es wurden erste Messungen durchgeführt, die sehr gute, reproduzierbare Ergebnisse lieferten. Zunächst werden kommerziell erhältliche TEG vermessen, um die Leistungsfähigkeit der in dem Vorhaben entwickelten TEG mit dem Stand der Technik vergleichen zu können.

Das Forschungsvorhaben 364 ZN 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:

Dr. rer. nat. Stefan Peil
+49 (0) 20 65 418 222
peil@iuta.de

4.6.3 Messgerät für automatische Langzeit-Zykliertests zur praxisrelevanten Bewertung von Gasspeichermaterialien

Um den zukünftigen Anforderungen der modernen Wasserstoffwirtschaft gerecht zu werden, sind maßgebliche Entwicklungen nicht nur bei den Energiewandlern wie z. B. den Brennstoffzellen, sondern auch hinsichtlich Wasserstoffspeicher erforderlich. Bei der Entwicklung von neuen Gasspeicher-Materialien wurde bisher die Abhängigkeit der Gasspeicher-Kapazität von der Anzahl der durchgeführten Be- und Entladungen meist nur in Einzelversuchen ermittelt. Für eine technische Anwendung ist aber die Langzeitstabilität der Speicherkapazität über viele Ladezyklen relevant.

Zur Ermittlung dieser Kenndaten wird im Rahmen des laufenden Vorhabens in Zusammenarbeit mit der Rubotherm GmbH, Bochum, ein Messgerät entwickelt, aufgebaut und getestet, mit welchem automatische Langzeit-Zykliertests an Gasspeicher-Materialien durchgeführt und ausgewertet werden können. Das Gerät ist zunächst für die Untersuchung von Wasserstoff-Speichermaterialien ausgelegt, soll jedoch auch für weitere Gasspeichermaterialien (z. B. für Methan, Kohlendioxid) nutzbar sein. Von der Rubotherm GmbH wurde inzwischen ein erster Prototyp aufgebaut (Bild 4-57).

Von dem Gerät wird die Gasauf- und -abnahme des Speichermaterials volumetrisch erfasst. Dabei wird softwareseitig zunächst das ideale Gasgesetz zugrunde gelegt. Nach erfolgreichen Tests des Geräts wird dann im nächsten Entwicklungsschritt eine Zustandsgleichung für reale Gase implementiert, z. B. die van-der-Waals-Gleichung. Damit wird die Genauigkeit der Messungen erhöht, da insbesondere bei komplexeren Molekülen und bei höheren Drücken das ideale Gasgesetz nur unzureichend den Zusammenhang zwischen Druck, Temperatur und Stoffmenge abbildet.

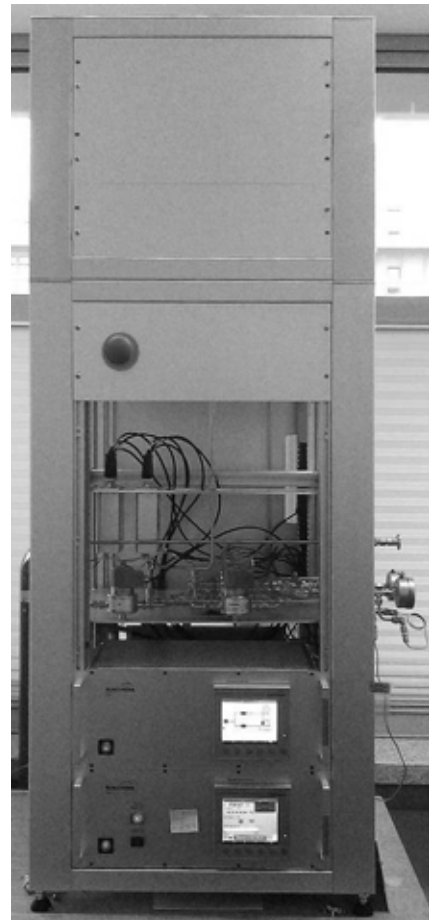


Bild 4-57: Prototyp des Gasspeichermessgeräts der Rubotherm GmbH

In dem Vorhaben ist das IUTA für die Programmierung der Mess-, Steuer- und Regelungssoftware sowie das Erstellen einer benutzerfreundlichen Bedienoberfläche für das System zuständig. Als Programmiersprache wird VB.NET genutzt. Die Bedienoberfläche informiert während der Systemlaufzeit über die aktuell erfassten Zustands- und Betriebsparameter. Darunter fällt auch die Darstellung der relevanten Ventilstellungen, die über das zugehörige Prozessfließbild jederzeit abrufbar sind. In die Darstellung werden während der automatisierten Messungen erste Auswertungen eingeblendet. Dies ermöglicht dem Benutzer schon nach mehreren Be- und Entladungszyklen erste Aussagen über eine einsetzende Alterung. Im Hintergrund dieser Bedienoberfläche arbeitet die Software, die die MSR-Einheit (Jumo Imago) kontrolliert. Die Software sorgt nicht nur für einen reproduzierbar ablaufenden Prozess, sondern

überwacht auch das System und stellt sicher, dass in einem Störfall das System abgeschaltet und in einen sicheren Grundzustand gefahren wird.

Es konnten bereits erste Tests mit dieser Software durchgeführt werden. Hardwareseitig fehlte jedoch noch der Verdichter, der das Gas für die Beladung des Gasspeichers auf den notwendigen Druck bringt. Bild 4-58 zeigt beispielhaft den Verlauf der Druckwerte in der Mess-, Hoch- und Niederdruckkammer bei einem vollständigen Messdurchlauf mit 5 Zyklen. Am Anfang und Ende des Diagramms ist die Referenzfahrt zu sehen, die jeweils das Volumen der Messkammer bestimmt, da sich dieses durch eine zustandsabhängige Volumenänderung des Gasspeichermaterials verändert. Die nächsten Schritte in dem Vorhaben bestehen in der hard- und softwaremäßigen Integration des Verdichters.



Bild 4-58: Druckverläufe in der Mess-, Hoch- und Niederdruckkammer bei einem 5 Zyklen umfassenden Messdurchlauf

Das Forschungsvorhaben KF2025411WM9 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:

M. Sc. Sascha Heidrich
+49 (0) 20 65 418 223
Heidrich@iuta.de

Dr. rer. nat. Stefan Peil
+49 (0) 20 65 418 222
peil@iuta.de

4.6.4 Natriumalanat-Wasserstoffspeicher aus stranggepresstem Aluminium-Profil

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines für die Serienfertigung tauglichen Wasserstoffspeichers auf der Basis von Natriumalanat, mit dem eine hohe gravimetrische Speicherdichte erreicht werden kann. Das Temperaturniveau der bei der H₂-Befüllung freigesetzten bzw. bei der H₂-Entnahme zuzuführenden thermischen Energie liegt bei ca. 150°C. Der Speicher eignet sich somit insbesondere für Energiesysteme, bei denen Wärme auf diesem Temperaturniveau erzeugt und umgesetzt wird. Eine Hausenergieversorgung mit einer Hochtemperatur-PEM-Brennstoffzelle als Strom- und Wärmelieferant wäre ein geeignetes Beispiel.

Die Entwicklung des Speichers erfolgt in enger Zusammenarbeit zwischen Unternehmen der Aluminiumbranche (TRIMET, Werkstoffentwickler / FWB, Werkstoffverarbeiter) und Forschungsinstituten mit anwendungsorientierter (IUTA, Konstruktion und Test des Speichers) und grundlagenorientierter (MPI, H₂-Speichermaterialentwickler) Ausrichtung.

Die Aufteilung der Aufgaben der Projektpartner erfolgt nach ihrem jeweiligen Know-how:

Institut für Energie- und Umwelttechnik (IUTA)

Konstruktion des Speicherbehälters und Durchführung von Speichertests

Max-Planck-Institut für Kohlenforschung (MPI), Mülheim a. d. Ruhr

Entwicklung und Herstellung des H₂-Speichermaterials

Entwicklung einer Befülltechnik für den Speicherbehälter

TRIMET Aluminium AG, Essen

Design, Auswahl, Test und Herstellung des Speicherbehälterwerkstoffs

F. W. Brökelmann Aluminiumwerk GmbH & Co. KG, Ense

Fertigung des Speicherbehälters (mehrere Prototypen - ohne Strangpressen), Prototyp (mit Strangpressen), Herstellung des kompletten Behälters

Das Vorhaben soll einen Beitrag dazu leisten, durch Bereitstellung eines leistungsfähigen Wasserstoffspeichers die Einführung der Wasserstoffwirtschaft in NRW voranzutreiben.

Der Speicher wird aus einem zylindrischen Aluminium-Behälter bestehen, der beim Einsatz des Speichermaterials Natrium-Alanat

(NaAlH₄) bei Drücken bis zu $p=100$ bar und Temperaturen bis $T=150^{\circ}\text{C}$ betrieben wird. Am IUTA wurden Festigkeitsmodelle für die Auslegung von Behältern aus Al-Werkstoffen erstellt und der Massen-Vergleich mit einem Behälter aus Stahl (1.4571) durchgeführt, wie er in dem bereits abgeschlossenen IGF-Projekt (AiF-Nr. 247ZN) zum Bau eines H₂-Speichers verwendet wurde. In Bild 4-59 ist der Massenvergleich in einem Diagramm dargestellt. Es ist zu erkennen, dass unabhängig von dem Verhältnis aus Länge zu Innendurchmesser des Speicherbehälters bei sonst gleichen Parametern (Masse und Dichte des Natrium-Alanats, Wasserstoff-Konzentration im Natrium-Alanat, maximale Druck- und Temperaturbelastungen) die Masse des Speichers aus dem beispielhaften Al-Material EN AW-6061 T6 um einen Faktor ca. 3 geringer ausfällt.

Derzeit werden verschiedene Al-Legierungen bzgl. ihrer Korrosionsbeständigkeit in Kontakt mit dem Wasserstoff-Speichermaterial unter Betriebsbedingungen getestet. Außerdem erfolgen der Aufbau des Versuchsstands und praktische Tests an vorhandenen Al-Profilen, die zur Wärmeübertragung innerhalb des Speichers eingesetzt werden.

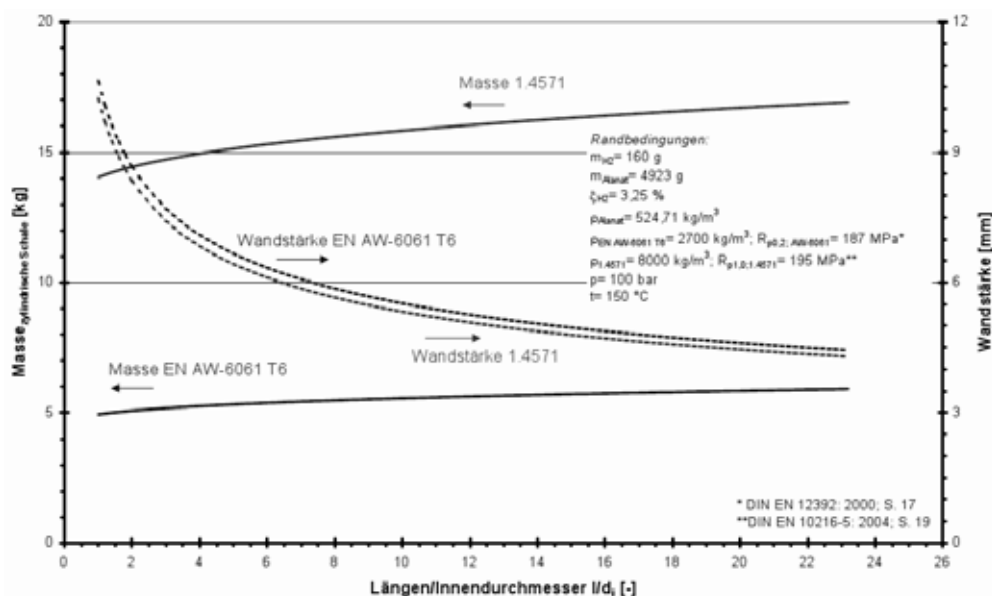


Bild 4-59: Massen-Vergleich von Wasserstoffspeichern aus Stahl und aus einer Aluminium-Legierung. Speicherbehälter aus Aluminium-Legierung sind um einen Faktor von ca. 3 leichter

Hierbei muss gezeigt werden, dass bei den vorliegenden Betriebsparametern (Druck und Temperatur) die Dichtheit der Verbindungen gewährleistet ist, auch wenn sich die Länge der Profile temperaturabhängig ändert.

Das Projekt wird im Rahmen des Ziel 2-Programms 2007-2013 (EFRE) und des Wettbewerbs EnergieForschung.NRW (EF003) gefördert durch:



Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Robert Urbanczyk
+49 (0) 20 65 418 224
urbanczyk@iuta.de

4.6.5 Brenngaserzeugung aus Abfällen der Biodieselproduktion für die Verwertung in einem Verbrennungsmotor - Reformierung mit überkritischem Wasser

Rohglycerin stellt ein Nebenprodukt der Biodieselherstellung dar, für das derzeit nur eingeschränkte wirtschaftliche Verwendungsmöglichkeiten bestehen. Eine Nutzungsalternative stellt die Brenngaserzeugung durch Reformierung mit überkritischem Wasser dar.

Ziel des Vorhabens ist die Überführung eines am IUTA im Labormaßstab entwickelten Verfahrens in die technische Realisierung. Die Brenngaserzeugung aus Rohglycerin und die anschließende energetische Verwertung in einem Verbrennungsmotor sind verfahrenstechnisch umzusetzen.

Die Reaktionskinetik der Reformierung ist aufgrund der komplexen und chargenabhängigen Zusammensetzung des Rohglycerins nicht bekannt bzw. experimentell praktisch

nicht zu ermitteln. Zum anderen ist die Wärmezufuhr über den Porenbrenner hinsichtlich des Strahlungs- und Konvektionsanteils in dem komplexen geometrischen System mathematisch schwer darstellbar. Aus diesem Grund wurden beim Auslegungsmodell zur Dimensionierung des Rohrreaktors vereinfachende Annahmen getroffen.

Das für die Konstruktion zugrunde gelegte Konzept zur Trennung der Heiz- und Reaktionszone wurde experimentell mit kleineren Prototypen validiert und daraus das optimale Längenverhältnis zwischen Heiz- und Reaktionszone ermittelt.

Die Kombination aus einer 2 m langen Heiz- und einer 5 m langen Reaktionszone lieferte bzgl. der Umsätze und der Zusammensetzung des Produktgases die besten Ergebnisse. Dieses Längenverhältnis wurde in die Maßstabvergrößerung der Anlage übernommen.

Zur Nutzung der Abgaswärme wurde ein übereinanderliegender Aufbau von oben angeordnetem Vorheizer (mit Rekuperatorfunktion, ausgeführt in Form eines Doppelrohrwärmeübertragers) und darunter befindlicher Heizzone des Reaktors gewählt (siehe Bild 4-60). Geometrie- und fertigungstechnische Aspekte ergaben eine Rohrwendel als sicherste und kostengünstige Lösung für Vorheizer und Reaktor. Die Heizzone wird zusätzlich eine innere Berippung in der Wendel erhalten, um die Wärmeübertragungsfläche zu vergrößern. Die Bauweise der Reaktionsstufe kann frei gestaltet werden, da an sie keine Wärme von außen übertragen werden muss. Mit diesen Festlegungen wurden die Auslegungs- und Konstruktionsarbeiten abgeschlossen.

Der Porenbrenner, die Heiz- und Reaktionszone des Reaktors und der Vorheizer mit Rekuperatorfunktion sind in einem System zusammen gefasst (siehe Bild 4-60). Sie befinden sich derzeit in der Fertigung. Nach Fertigstellung der Anlage wird der Demonstra-

tionsbetrieb zur Reformierung von Rohglyzerin aufgenommen.

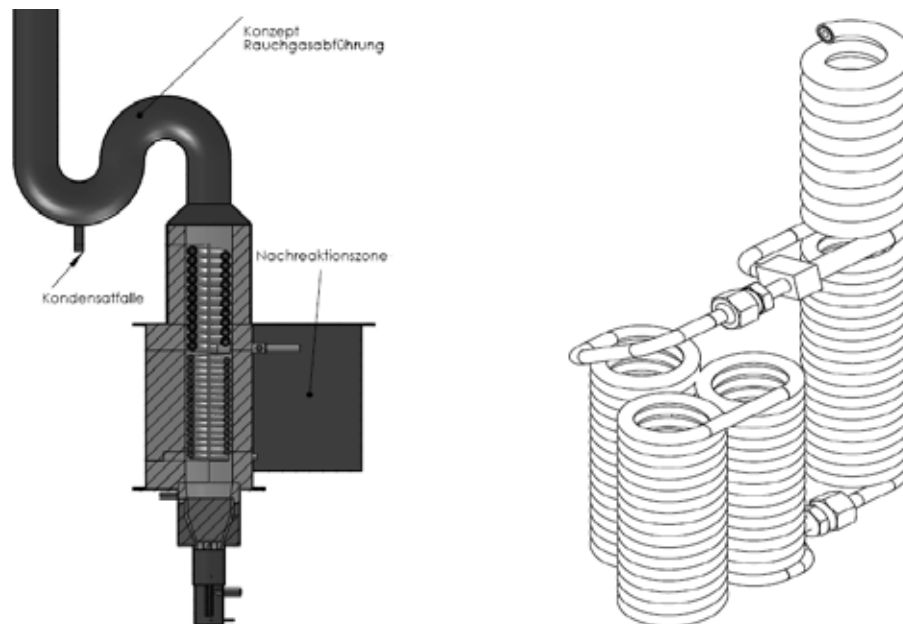


Bild 4-60: Vollintegriertes SCWR-System mit Gasabfuhr (links) und detaillierte Darstellung der Kopplung von Vorheizer und Heiz- und Reaktionszone (rechts)

Rohglyzerin aus der Biodieselherstellung enthält produktionsbedingt bis zu 10 Gew.-% anorganische Bestandteile und unterschiedliche Anteile an hochmolekularen organischen Begleitstoffen. Da die Löslichkeit anorganischer Bestandteile in überkritischem Wasser gering ist, können ausfallende Salze in der Hochtemperaturzone der Anlage zu Verstopfungen führen und zu verstärkter Korrosion der Rohrwandungen beitragen. Aus diesen Gründen sollte Rohglyzerin vor der Reformierung entsalzt werden. Rohglyzerinproben aus verschiedenen Prozessstufen der Biodieselherstellung wurden daher mit Hilfe von Ionenaustauschern behandelt. Die Proben konnten praktisch komplett entsalzt und in der vorhandenen Laboranlage mit überkritischem Wasser rückstandsfrei reformiert werden.

Die Ergebnisse bestätigen, dass für die überkritische Reformierung von Rohglyzerin die enthaltenen anorganischen Komponenten im Vorfeld entfernt werden müssen. Hochmolekulare Begleitstoffe stören dagegen nur, wenn

sie in höheren Konzentrationen vorhanden sind.

Das Forschungsvorhaben 15779 BG 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:

Dr. Yevgeny Makhynya
+49 (0) 20 65 418 224
makhynya@iuta.de

Dr. rer. nat. Stefan Peil
+49 (0) 20 65 418 222
peil@iuta.de

4.6.6 Entwicklung eines stationären Brennstoffzellensystems auf Basis Hochtemperatur-PEM zur Bereitstellung von Strom, Wärme und Kälte“

Absorptionskältemaschinen (AKM) sind wegen ihrer hohen Zuverlässigkeit, dem günstigen Teillastverhalten, der langen Lebensdauer und des geringen Wartungsaufwands die am häufigsten anzutreffenden Apparate für die thermische Kälteerzeugung. Der Einsatz von abwärmebetriebenen Absorptionskälteanlagen mit Ammoniak als Kältemittel ist heute auf größere industrielle Anlagen mit Kälteleistungen über 50 kW beschränkt.

Der zunehmende Kühlbedarf für Verwaltungsgebäude, Handelsgeschäfte und im Privatbereich kann jedoch einen bisher nicht erreichbaren Markt für Absorptionskälteanlagen eröffnen, wenn wirtschaftlich arbeitende Absorptionskälteanlagen für den Leistungsbereich von 1 bis 5 kW verfügbar wären.

Im Rahmen eines seit Januar 2009 laufenden Forschungsvorhabens soll die Abwärme einer HT-PEM-Brennstoffzelle mit 3 kW elektrischer Leistung genutzt werden, um Nutzkälte z. B. für Klimatisierungszwecke bereitzustellen. Erreicht wird dies durch Kopplung einer Brennstoffzelle mit dem Prototyp einer Absorptionskälteanlage (AKM) der Makatec GmbH, Bondorf, die in dem in Frage kommenden Leistungsbereich arbeitet und die bisher auf dem Markt nicht verfügbar ist.

Die in dem vorliegenden Vorhaben nach dem Resorptionsprinzip arbeitende Anlage hat deshalb zwei Lösungskreisläufe: Im Gegensatz zu klassischen Anlagen wird das heiße Ammoniakgas nicht kondensiert, sondern in einem kalten Lösungskreislauf absorbiert und nach Wärmeabgabe an die Außenluft anschließend aus der Lösung zur Nutzkälteerzeugung wieder desorbiert, vgl. Bild 4-61. Bei klassischen Anlagen erfolgt in diesem Schritt die Verdampfung des reinen Ammoniaks.

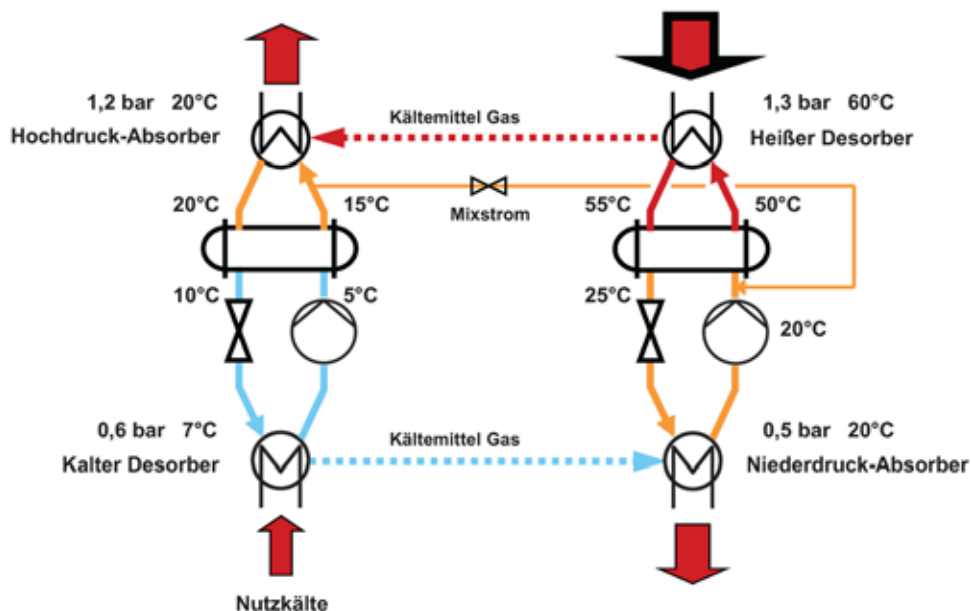


Bild 4-61: Schematische Darstellung des Arbeitsprinzips der Absorptionskälteanlage



Bild 4-62: Container der Demonstrationsanlage mit AKM (hinten) und Schaltschrank (vorne links)

Durch Aufteilung auf zwei Lösungskreisläufe kann die üblicherweise vorhandene Rektifikation entfallen. Der reduzierte Druck gegenüber Ammoniakanlagen mit Reinstoffverdampfung ermöglicht den Einsatz von handelsüblichem und preisgünstigem Kunststoff. Dadurch wird der Bau kompakter Anlagen möglich, die auch für den zukünftigen Einsatz in mobilen Anwendungen geeignet sind.

Das gesamte System ist in einen Container eingebaut, um die Kopplung mit einer Brennstoffzelle mobil zu gestalten und das System auch an anderen Standorten testen und demonstrieren zu können: Bild 4-62.

Im laufenden Jahr 2010 wurde der Container mit weiteren für die Systemintegration benötigten Komponenten ausgestattet. Für die AKM wurde eine Anfahrstrategie entwickelt und weitreichende Untersuchungen zur Betriebsstabilität und Leistungsfähigkeit der AKM durchgeführt. Zudem wurde die Anlage in enger Kooperation mit der Makatec GmbH weiterentwickelt. Dabei wurden mehrfach Systemkomponenten ausgetauscht, die sich im längeren Betrieb als anfällig erwiesen und für die auf dem Markt robustere Alternativen gefunden wurden.

Im Frühjahr 2011 soll der zunächst als Wärmequelle für die AKM genutzte Thermostat durch eine HT-PEM-Brennstoffzelle der ZBT GmbH ersetzt werden, womit die in dem Projekt vorgesehene vollständige Kopplung zwischen Brennstoffzelle und AKM erfolgt.

Der anschließende Demonstrationsbetrieb des Systems besteht aus einem Versuchsprogramm mit Kälteerzeugung in stromgeführter Betriebsweise und in kältegeführter Betriebsweise. Im Versuchsprogramm soll die Anlage im jeweiligen Volllast-Arbeitspunkt sowie in einer begrenzten Anzahl von Teillastpunkten zur Aufnahme der Leistungskennfelder betrieben werden.

Das System ist mit einem Wärme-Zwischenspeicher ausgestattet, so dass optional auch die Kälteerzeugung abgekoppelt und die Brennstoffzellenwärme direkt gespeichert bzw. zu Heizzwecken genutzt werden kann. Damit wird ein realitätsnaher Betrieb, wie er z. B. für die brennstoffzellenbasierte Hausenergieversorgung angedacht ist, möglich. Die im Demonstrationsbetrieb gewonnenen Daten dienen als Grundlage für die energiewirtschaftliche Bewertung und die Beurteilung der wirtschaftlich sinnvollen Anwendung im

Bereich der Hausenergieversorgung und im Bereich klein- und mittelständischer Betriebe.

Das Forschungsvorhaben 311 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.-Ing. (FH) Kirsten Helle
+49 (0) 20 65 418 222
helle@iuta.de

Dr. rer. nat. Stefan Peil
+49 (0) 20 65 418 222
peil@iuta.de

4.6.7 Entwicklung organischer flexibler Solarzellen durch Porphyrin- und CNT-Funktionalisierung textiler Oberflächen - OSoPo

Die aktuelle Klimadiskussion und die Verknappung fossiler Energieträger stellt Forschung und Entwicklung sowie Industrie und Produktion vor eine immense Herausforderung. Ein Ansatz zur Energieeinsparung und zur Ressourcen schonenden Energiebereitstellung liegt in der gezielten Umsetzung von Sonnenlicht in Elektrizität, wie sie heute schon bei der Photovoltaik angewandt wird. Die immer noch sehr hohen Investitionskosten von ca. 6-8 k€/kWp (Spitzenleistung) stehen der Vergrößerung des Marktanteils ohne staatliche Subventionen entgegen.

An dieser Stelle setzt das Forschungsvorhaben zur Entwicklung von organischen flexiblen Solarzellen auf textilen Oberflächen an, welches gemeinsam vom Institut für Energie- und Umwelttechnik (IUTA), dem Deutschen Textil-

forschungszentrum Nord-West (DTNW) und der Universität Erlangen-Nürnberg durchgeführt wird.

In diesem Projekt soll die wissenschaftlich nachgewiesene und vorhandene Eignung von CNT- (Carbon Nanotubes) und Porphyrin-Derivaten zur Herstellung von organischen Solarzellen in einem Prototyp umgesetzt werden. Dabei erfolgt eine Optimierung zum einen hinsichtlich der physikalischen und chemischen Eigenschaften der CNTs und der Porphyrine in Bezug auf die gewählten Prozesse bzw. Ausrüstungsbedingungen der elektrisch leitfähigen textilen Trägermaterialien, zum anderen hinsichtlich der Langzeitstabilität und Quantenausbeute der organischen Solarzellen. Das Trägermaterial besteht aus einem Textil aus Polyamid, welches mit Silber und anderen Metallen beschichtet ist.

Auf diese Weise ist es möglich, Solarzellen direkt mit Geweben und Textilien zu verbinden und kostengünstig herzustellen. Das neue Produkt erweitert darüber hinaus die Einsatzmöglichkeiten der Module und stellt neuartige Anwendungsfelder in Aussicht.

Ein wichtiger Baustein dieser neuen Solarzellen-Generation sind „maßgeschneiderte“ Porphyrine (Bild 4-63). Sie sind nicht toxisch und besitzen ein breites Absorptionsband im sichtbaren Bereich des Sonnenspektrums. Darüber hinaus können sie auf vielfältige Weise so funktionalisiert werden, dass die Lichtabsorption auf den gesamten sichtbaren Bereich und sogar in das nahe Infrarot ausgedehnt und an die jeweiligen Anforderungen angepasst werden kann.

Die zweite notwendige Komponente für die organischen Solarzellen sind die "Single Wall Carbon Nanotubes" (SWCNT) (Bild 4-64). Dies sind nahtlose Zylinder aus maschen-drahtartigen aufgerollten Netzwerken von Kohlenstoffatomen. CNT werden als Elektrodenakzeptoren und Elektronenleiter für die Porphyrine eingesetzt.

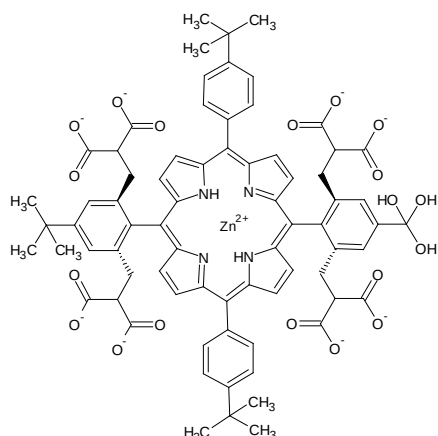


Bild 4-63: Porphyrin-Zink-5,15-bis-(4'-t-butyl-2',6'-bis-(2'',2''-bis-carboxylethyl)-phenyl)-10,20-bis-(4'-t-butylphenyl)-peorphyrin-oktanatriumsalz

Der Lehrstuhl für Physikalische Chemie der Universität Erlangen ist für die Synthese, Optimierung und Anpassung der Eigenschaften der CNT und Porphyrin-Derivate sowie für den späteren anschließenden Ausrüstungsprozess zuständig. Ebenfalls werden dort die ersten spektroskopischen Untersuchungen von Elektronen-Transfer-Reaktionen in Lösungen durchgeführt.

Diese werden anschließend vom DTNW auf textilen leitfähigen Materialien aufgebracht, mit dem Ziel, erste Muster organischer Solarzellen herzustellen. Besonderes Augenmerk liegt hierbei auf der homogenen Verteilung der Substanzen auf den Oberflächen und einem regelmäßigen Multilayer-Schichtaufbau.

Im nächsten Schritt werden vom IUTA die Eigenschaften dieser Muster untersucht und vermessen. Dafür wurde ein entsprechender Versuchsstand entwickelt und aufgebaut. Ermittelt werden neben physikalischen Parametern wie Wirkungsgrad und der Quantenausbeute auch die Widerstandsfähigkeit der Materialien gegenüber Umwelteinflüssen wie z. B. Regen, aggressiven Medien, Ruß und auch Sonnenlicht, da diese Solarzellen auch im Außenbereich von Häusern, Stadien und Kleidung eingesetzt werden sollen. Die ermittelten Ergebnisse werden wiederum vom DTNW und der Uni Erlangen-Nürnberg genutzt, um die Synthese- bzw. Prozess-Parameter weiter zu verbessern.

Das Forschungsvorhaben 312 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.-Ing. Georg Moldenhauer
+49 (0) 20 65 418 223
moldenhauer@iuta.de

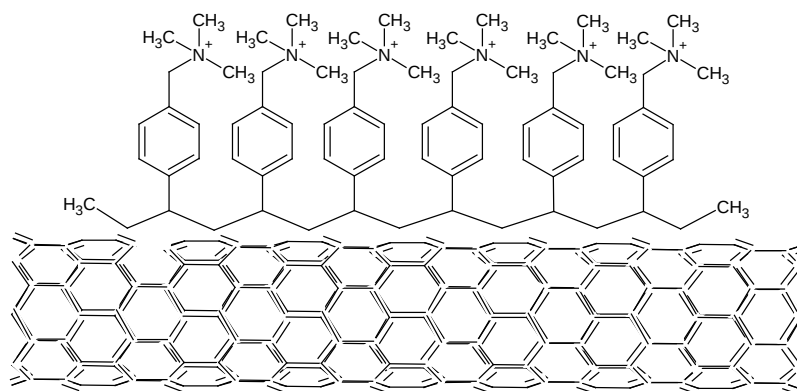


Bild 4-64: CNT-Poly[(vinylbenzyl)trimethylammoniumchloride] Komplex (CNT-PVBTAn+)

4.7 Nano-Energie- & Nanopartikelsynthese

4.7.1 NanoEnergieTechnikZentrum (NETZ) Funktionale Nanopartikel- Kompositmaterialien für energie- technische Anwendungen



Die Entwicklung neuer Technologien zur Deckung des zukünftigen Energiebedarfs stellt eine große Herausforderung für die kommenden Jahre dar. Dabei wird es nicht ausreichen, die bestehenden Energie-Konzepte mit hoch entwickeltem Engineering zu verbessern oder mit verbesserter Technologie auszurüsten. Stattdessen wird die Herausforderung sein, neue Technologien zur Herstellung, Speicherung und Nutzung von Energie zu entwickeln, deren Leistungsfähigkeit und Wirkungsgrad weit über das zurzeit mögliche hinausgeht. Diese neuen Technologien, die den Transfer von Energie zwischen Licht, Elektrizität und chemischen Energieträgern auf der Nanoskala nutzen, erfordern wissenschaftliche Durchbrüche in den Bereichen neuer Materialien und chemischer Prozesse.

Zur Herstellung derartiger energietechnisch relevanter Materialien wurde 2007 am IUTA der Geschäftsbereich Nano-Energie & Nanopartikel-Synthese eingerichtet und in Zusammenarbeit mit dem Institut für Verbrennung und Gasdynamik (IVG) der Universität Duisburg - Essen eine Technikums-Anlage zur Synthese hochspezifischer Nanopartikel aufgebaut. Kernstücke des Technikums bilden ein Flammenreaktor, Heißwandreaktor und Plasmareaktor zur Synthese hochspezifischer Nanopartikel aus der Gasphase. Die darin erzeugten Nanomaterialien können als Grundlage zur Entwicklung neuer Technologien für den Energiesektor genutzt werden.

Flammenreaktor

Im Verlauf des Jahres 2010 wurden am Flammenreaktor Versuchsreihen zur Charakterisierung der Flamme mittels Laserspektroskopischer Messungen (Laser-induzierte Fluoreszenz, LIF) durchgeführt. Der Flammenreaktor wird für die Erzeugung von metalloxidischen Nanopartikeln zurzeit mit einem Diffusionsbrenner betrieben. Brenngas (Methan bzw. Wasserstoff) und Oxidator (Luft bzw. reiner Sauerstoff) werden dabei separat zugeführt. Als Ausgangsmaterial der herzustellenden Partikel werden metallorganische Verbindungen genutzt, die bereits in der Gasphase vorliegen oder vor der Eindüsung in den Reaktor in die Gasphase überführt werden.

Das angewendete LIF-Verfahren erlaubt die berührungslose in-situ Beobachtung der Brennerflamme im Inneren des Reaktors. Hierbei werden die Anregungsspektren von Stickstoffmonoxidmolekülen mithilfe einer CCD-Kamera aufgenommen und anschließend ausgewertet. Das hierzu benötigte Stickstoffmonoxid wird in geringen Konzentrationen den Brenngasen zugemischt. Aus den gewonnenen experimentellen Daten lassen sich räumlich aufgelöste Verteilungen der Temperatur und Konzentrationen der Reaktionspartner ermitteln. Diese können eingesetzt werden, um Modelle für CFD-Berechnungen (computational fluid dynamics) zu entwickeln und zu validieren.

Um konstante Messbedingungen während der Messzyklen zu gewährleisten, wurden im Verlauf der zweiten Jahreshälfte größere Umbau- und Erweiterungsarbeiten am Lasermessplatz vorgenommen. Zum einen musste die Staubbelastung aus der Umgebungsluft auf die hochempfindlichen Laseroptiken verringert und zum anderen eine Möglichkeit geschaffen werden, um am Lasermessplatz eine annähernd konstante Temperatur wäh-

rend eines Messzyklus aufrecht zu erhalten, damit eine Dejustage des Lasersystems vermieden wird. Dazu wurde der gesamte Arbeitsbereich um Lasermesseinheit und Flammenreaktor mit einer Einhausung versehen, die einen gezielten Luftaustausch mit Temperaturregelung und Reinigung des Luftvolumens ermöglicht (Bild 4-65). Nach Abschluss dieser Maßnahmen konnten die Messkampagnen mit genaueren Messergebnissen und einer höheren Reproduzierbarkeit fortgesetzt werden.



Bild 4-65: Eingehauelter Lasermessbereich innerhalb der Technikumsanlage

Der bisher untersuchte Brenner des Flammenreaktors ist für den Einsatz von gasförmigen Ausgangsstoffen zur Partikelsynthese ausgelegt. Für zukünftige Messungen wird ein weiterer Brennertyp zur Partikelsynthese mittels Spray-Pyrolyse eingesetzt. Dieser Brenner erlaubt die Verwendung von flüssigen Ausgangsmaterialien ohne vorherige Überführung in die Gasphase. Die Versuche mit diesem Brenner werden Anfang 2011 erfolgen.

Heißwandreaktor

Der Heißwandreaktor wurde 2010 zur Synthese von nanopartikulärem Silizium aus Monosilan (SiH_4) genutzt.

Dabei wurden insbesondere unterschiedliche Betriebsparameter eingestellt und der Parameterraum definiert. Es wurden die Parameter Druck, Temperatur und Prekursorkonzentration so variiert, dass Siliziumaggregate unterschiedlicher Größe mit variabler Primärpartikelgröße hergestellt wurden.

Untersuchungen über den Einfluß des Drucks auf die Partikelbildung zeigen, dass mit fallendem Druck die spezifische Oberfläche des hergestellten Nanomaterials steigt. Aus der spezifischen Oberfläche der unterschiedlichen Materialien konnten Äquivalenzdurchmesser bestimmt werden. Bild 4-66 zeigt die Abhängigkeit der Primärpartikelgröße vom Synthesedruck.

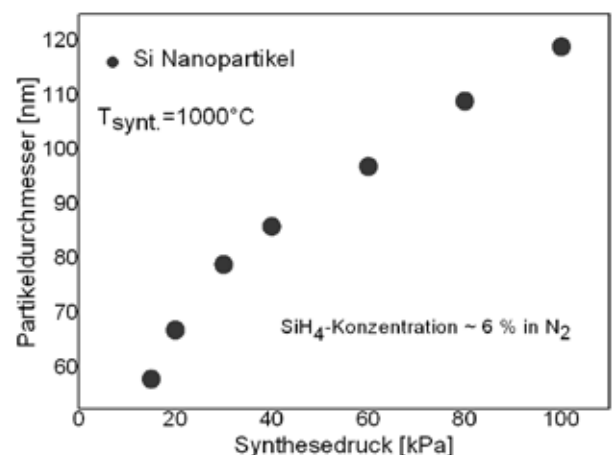


Bild 4-66: Primärpartikelgröße (Si) in Abhängigkeit vom Synthesedruck des Heißwandreaktors

Die Anteil kristalliner Bereiche im Material (Kristallinität) kann über die Temperatur gesteuert werden: Während bei hohen Temperaturen von ca. 1000°C vorwiegend kristalline Materialien produziert wurden, entsteht bei niedrigeren Synthesetemperaturen ($\sim 800^\circ\text{C}$) überwiegend amorphes Material. TEM-Untersuchungen an bei hohen Temperaturen produzierten Pulverproben belegen sowohl die hohe Kristallinität als auch leichte Gitterfehler innerhalb der Partikel. Bild 4-67 (oben) zeigt ein HR-TEM Bild eines Si-Nanopartikels und die entsprechende Fourier Transformation am oberen rechten Bildrand. Zum einen ist die Kristallitgröße deutlich kleiner als die

Partikelgröße, zum anderen deutet der geschlossene Ring der Fouriertransformierten eine hohe Defektdichte an. Diese ist auch in der hochaufgelösten TEM-Aufnahme in Bild 4-67 (unten) erkennbar.

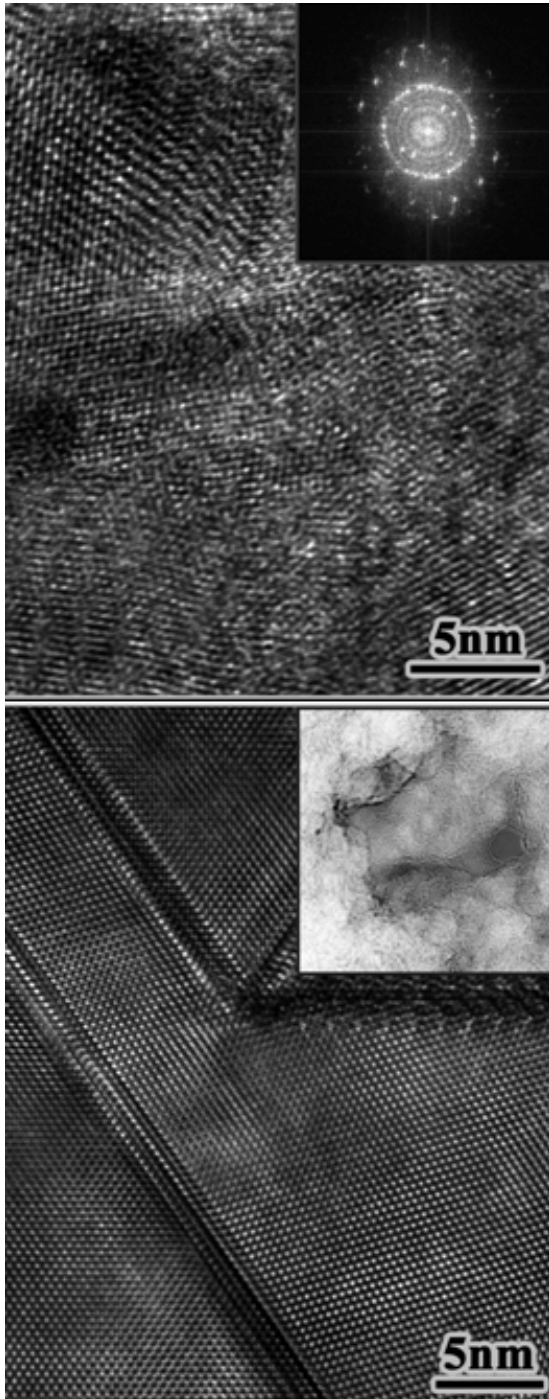


Bild 4-67: HR-TEM Aufnahmen von Si-Nanopartikeln.
Oben: kristallines Partikel mit Fouriertransformierten (kleine Abbildung)
Unten: Darstellung der Gitterdefekte und Hefield-Aufnahme (kleine Abbildung)

Neben reinem Silizium wurde auch die Synthese von dotiertem Material durchgeführt. Die Dotierung konnte im Bereich zwischen 0,05 Atom-% und 1 Atom-% variiert werden. Sowohl TEM-Untersuchungen als auch die Messung der spezifischen Oberfläche belegen, dass die Dotierung der Partikel keinen wesentlichen Einfluss auf die Morphologie der Partikelaggregate und die Primärpartikelgröße nimmt.

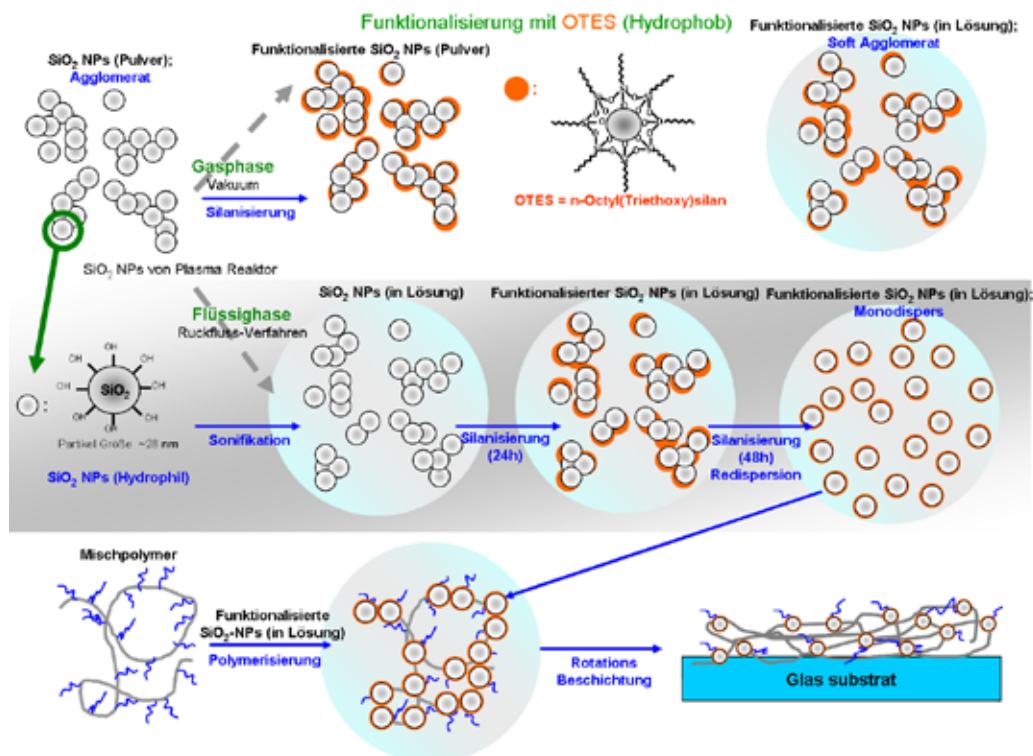
Mikrowellen-Plasmareaktor

Im ersten Halbjahr 2010 musste die Geometrie des Mikrowellen-Plasmareaktors innerhalb der Reaktionszone modifiziert werden. Dies diente zur Stabilisierung des Plasmas oberhalb der Einspritzdüse und zum stabilen Reaktorbetrieb. Im zweiten Halbjahr konnten sowohl reine als auch dotierte hochkristalline Partikel hergestellt werden. Elektronenmikroskopische Untersuchungen belegen, dass die in diesem Reaktor synthetisierten Partikel nur in geringem Maß versintert sind und im Größenbereich unterhalb von 30 nm liegen. Neben der Synthese von Silizium wurde innerhalb des Reaktors gezielt SiO_2 erzeugt. Diese Syntheseroute soll im ersten Halbjahr 2011 weiterverfolgt werden.

Funktionalisierung von Nanopartikeln

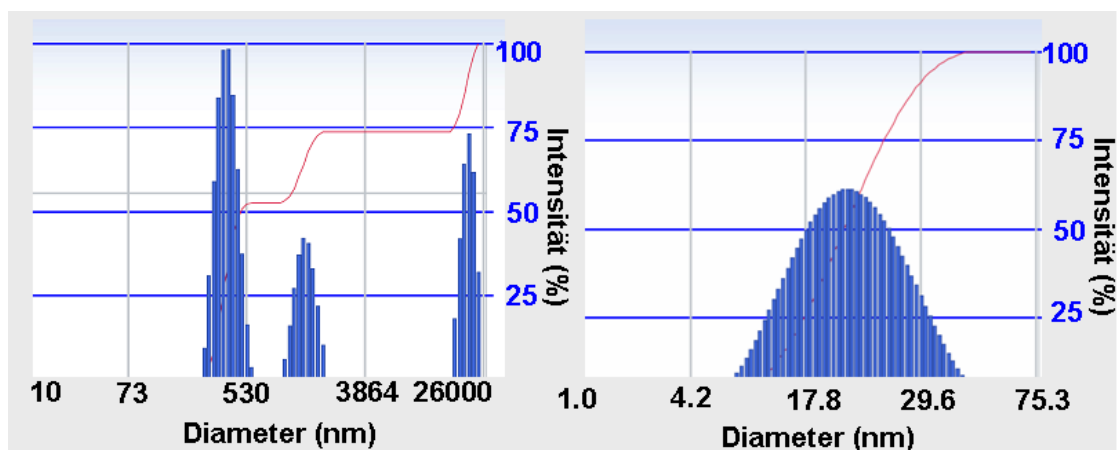
Um den Einsatz von hochspezifischen Nanomaterialien in unterschiedlichen industriellen Anwendungen zu ermöglichen, werden stabile Dispersionen, bestehend aus Lösungsmitteln und Partikeln, benötigt. Dabei ist die größte Herausforderung die Herstellung hoch belasteter Dispersionen unter Erhaltung der Partikel und Materialeigenschaften.

In Zusammenarbeit mit dem IVG wurden SiO_2 -Nanopartikel in einem mikrowellenunterstützten Plasmareaktor hergestellt. Die SiO_2 -Nanopartikel sind agglomeriert und besitzen aufgrund einer sehr aktiven Hydroxyl-Gruppe ($-\text{OH}$) an der Oberfläche einen hydrophilen Charakter.

Bild 4-68: Schema zur Herstellung funktionaler Schichten von SiO₂-Nanopartikeln

Um stabile Primärpartikel-Dispersionen zu erhalten, wurde eine Funktionalisierung der Partikeloberflächen durchgeführt. Zur Funktionalisierung (Einstellen der Hydrophobizität) wurden zwei Möglichkeiten verfolgt. Zum einen wurden Partikel in Toluol gelöst und unter Zugabe von OTES (n-Octyl(Triethoxy)silan) silanisiert. Zum anderen zeigen neueste Forschungsergebnisse, dass die Silanisierung auch unter Vakuum durch Eindüsung von

OTES erfolgen kann (Bild 4-68). Beide Prozessvarianten wurden verfolgt und die resultierenden Dispersionen mittels der dynamischen Lichtstreuung (DLS) hinsichtlich der Stabilität der Dispersionen und den Partikelgrößen charakterisiert. Die Messungen belegen, dass die Silanisierung in der Flüssigphase wesentlich effektiver möglich ist als in der Gasphase.

Bild 4-69: DLS Messungen an SiO₂-Nanopartikeln aus dem Plasmareaktor an „as-prepared“ Materialien (links) und stabilisierten Partikeln (rechts)

Während DLS-Messungen an Partikeln, die in der Gasphase funktionalisiert wurden, belegen, dass keine stabilen Dispersionen erzeugt werden konnten, zeigen die „flüssig funktionalisierten“ Partikel eine enge Verteilung der Partikelgröße in der Lösung. Bild 4-69 zeigt die DLS Messungen an „as-prepared“ Materialien (agglomeriert) aus dem Plasmareaktor (links) und die Messung an funktionalisiertem Material (stabilisierte Einzelpartikel, rechts).

Die funktionalisierten Nanopartikel wurden in unpolaren Lösungsmitteln mit polymerhaltigen Lösungen zur anschließenden Polymerisierung weiterbehandelt, so dass eine superhydrophobe funktionale Beschichtung auf einem Glassubstrat erzeugt werden konnte. Das beschichtete Glassubstrat wurde mittels einer Kontaktwinkelmessung untersucht (Bild 4-70).

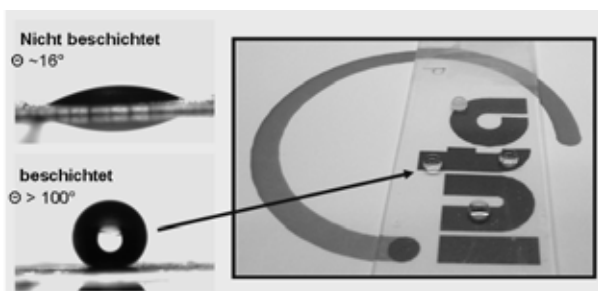


Bild 4-70 Kontaktwinkelmessungen von nicht-beschichteten (oben) und beschichteten (unten) Glassubstraten

Dieses Projekt wurde vom Europäischen Fond für regionale Entwicklung und dem Ministerium für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie 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) 20 65 418 302
huelser@iuta.de

Dr Yee Hwa Sehleier
+49 (0) 20 65 418 215
sehleier@iuta.de

4.7.2 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 „Energieversorgung & Wasserstofftechnologie“ des IUTA, der Arbeitsgruppe „Nanostrukturtechnik“ der Universität Duisburg - Essen und der Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalt (SLV) in Duisburg (siehe auch 4.6.2).

Partikelherstellung

Innerhalb dieses Projektes wurde zunächst die Synthese von reinem Silizium verfolgt, um dessen Struktur für die spätere Anwendung in Thermoelektrika zu optimieren. Dazu gehörte insbesondere die Festlegung der Produktionsparameter Druck und Temperatur des Heißwandreaktors zur Herstellung polykristalliner Siliziumpartikel mit möglichst kleinen Kristalliten. Mit Röntgenbeugungsuntersuchungen und hochauflösender Elektronenmikroskopie konnten Kristallitgrößen im Bereich von ~ 13 nm bei Partikelgrößen von ~ 60 nm nachgewiesen werden.

Für den Einsatz in thermoelektrischen Generatoren werden p- und n-dotierte Halbleitermaterialien benötigt. Innerhalb des Projektes soll Silizium daher in der Gasphase sowohl p- als auch n-dotiert werden. In ersten Experimenten zur Synthese von p-dotierten Partikeln wurden Pulvermengen im 100 g-Maßstab hergestellt.

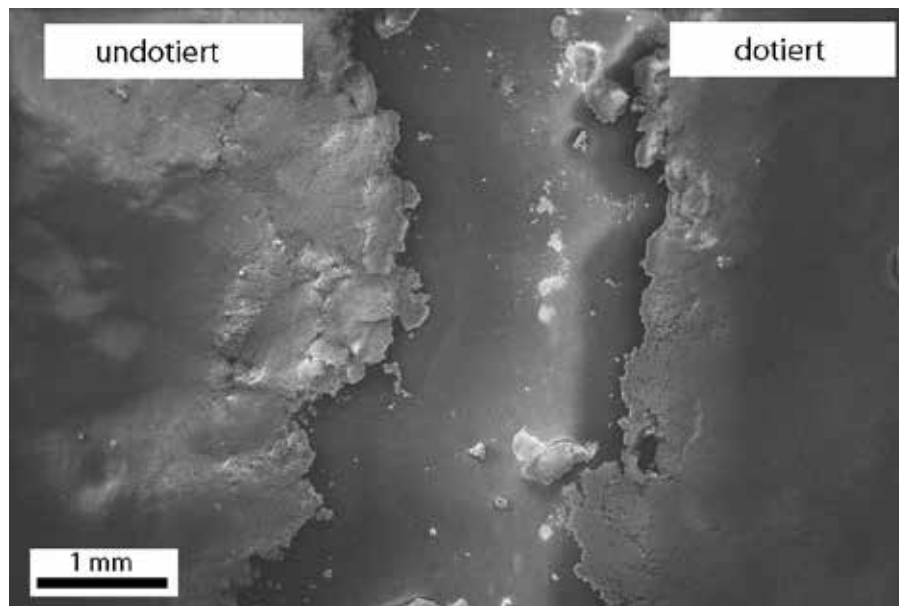


Bild 4-71: REM-Aufnahme, Silizium: Nachweis der erfolgreichen Dotierung (rechter Bildbereich, im Bild insgesamt dunkler) gegenüber dem undotierten Bereich (linker Bildteil, insgesamt heller). In der Bildmitte: Trägerplatte

Um den Erfolg der Dotierung zu untersuchen, wurden Analysen im Rasterelektronenmikroskop (REM) durchgeführt (Bild 4-71). Dazu wurde eine Schicht aus p-dotierten Partikeln direkt angrenzend an eine Partikelschicht aus undotiertem Material aufgebracht. Die unterschiedlichen Kontrastverhältnisse innerhalb eines Bildausschnittes belegen die zu erwartende Erhöhung der Leitfähigkeit und somit die erfolgreiche Dotierung des Materials.

Elektrische Charakterisierung

Im Rahmen des Projektes werden die hergestellten Pulvermaterialien separat sowie gesintert zur Verwendung als thermoelektrischer Generator mittels Impedanzspektroskopie untersucht, um ihre frequenzabhängige Leitfähigkeit zu charakterisieren. Dazu wurde ein Impedanzmessplatz beschafft und in Betrieb genommen. Erste Messungen an kommerziellen thermoelektrischen Generatoren zeigen aber aufgrund von Temperaturschwankungen innerhalb der Probe noch keine verwertbaren Ergebnisse. Ein neu installiertes Gerät im Bereich „Energieversorgung & Wasserstofftechnologie“ erlaubt es, stabile Temperaturverhältnisse aufrecht zu erhalten, um aussagekräftige Messungen zu ermöglichen. Erste

Pulverproben des undotierten Materials konnten bereits kompaktiert und impedanzspektroskopisch vermessen werden. Bild 4-72 zeigt die Messung der Temperaturabhängigkeit der Impedanz einer kompaktierten Materialprobe in Nyquist Darstellung.

Die Messungen zeigen kleiner werdende Halbkreise mit steigender Temperatur, einem erwarteten Effekt bei halbleitenden Materialien. Aus den Achsenabschnitten mit der x-Achse konnten die Realteile des Widerstandes extrahiert und eine Aktivierungsenergie berechnet werden, die nahe an der des bulkförmigen Siliziums liegt. Erste elektrische Messungen an dotierten Materialien sind für Anfang 2011 geplant.

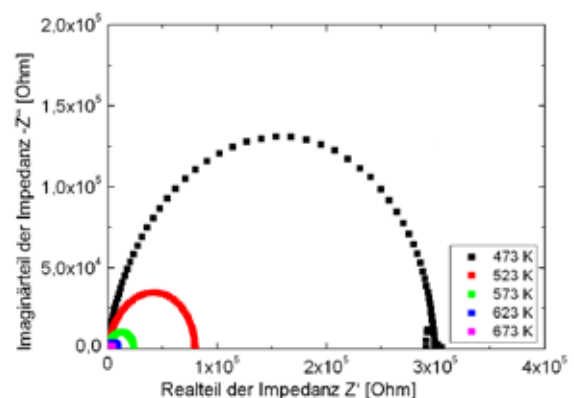


Bild 4-72: Impedanzmessungen an nanopartikulärem Silizium in Nyquist-Darstellung im Temperaturbereich zwischen 473 K und 673 K

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) 20 65 418 302
huelser@iuta.de

Dipl.-Ing. Mathias Spree
+49 (0) 20 65 418 301
spree@iuta.de

4.7.3 Nanostrukturierte Materialien – Gesundheit, Exposition und Materialeigenschaften



Das im August 2010 gestartete Projekt soll wesentlich zur allgemeinen Sicherheit und Akzeptanz der Nanotechnologie in Deutschland beitragen und helfen, ihre wirtschaftlichen Erfolge weiter auszubauen. Die mögliche Freisetzung von und Exposition gegenüber Nanomaterialien und deren Wirkung auf den Menschen sind zentrale Fragestellungen dieses Projektes. Unter anderem wird dem Aspekt der Aufnahme und Verteilung von Nanopartikeln im Organismus und die Abhängigkeit dieses Vorgangs von Größe, Struktur und Oberflächeneigenschaften der Partikel besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

Im Rahmen des Projekts werden im Bereich Nano-Energie & Nanopartikelsynthese lumineszierende Partikel hergestellt. Dazu wird zum einen der Flammenreaktor verwendet, in dem mit Europium dotiertes Titandioxid hergestellt wird, und zum anderen der Mikrowellen-Plasmareaktor zur Herstellung von SiO_2 mit eingelagerten Si-Kristalliten. Europium besitzt photolumineszierende Eigenschaften und soll daher zur Detektion des TiO_2 in biologischen Systemen eingesetzt werden. Im Falle der Si-Kristallite in SiO_2 dienen die Kristallite als Quantenpunkte. Durch eingestrahlte Energie werden Exzitonen im Halbleiter erzeugt, die sich energetisch bedingt in den Quantenpunkten sammeln. Sie rekombinieren unter Aussendung von Photolumineszenzlicht definierter Wellenlänge, so dass auch dieses Materialsystem in biologischen Systemen detektiert werden kann.

Beide Materialsysteme konnten bereits hergestellt werden. Im Falle des Europium-dotierten TiO_2 wurden erste Messungen hinsichtlich des Lumineszenzverhaltens durchgeführt. Erste Photolumineszenzuntersuchungen bei einer Wellenlänge von 464 nm zeigen materialcharakteristische Spektren, die die direkte Anregung des Europiums belegen.

Im Mikrowellen-Plasmareaktor wurden erste Versuche zur Herstellung von $\text{SiO}_2@\text{Si}$ (Silizium-dotiertes Siliziumdioxid) durchgeführt. Die Charakterisierung des synthetisierten Materials wird Anfang 2011 erfolgen.

Das Vorhaben wird gefördert durch:



Ansprechpartner:

Dipl.-Phys. Tim Hülser
+49 (0) 20 65 418 302
huelser@iuta.de

4.7.4 In-situ Temperaturmessungen am Flammenreaktor mittels Laserdiagnostik

Flammen stellen einen vielversprechenden Weg zur homogenen Synthese hochreiner und spezifischer metalloxidischer Nanopartikeln aus geeigneten Vorläuferspezies dar. Am IUTA wurde dazu ein Flammenreaktor im Technikumsmaßstab errichtet, der im Druckbereich von 50 – 1000 mbar größere Mengen Nanopartikel erzeugen kann. Um CFD-Simulationsrechnungen, gekoppelt mit detaillierten chemisch kinetischen Modellen, für verschiedene Betriebsbedingungen zu validieren bzw. den Herstellungsprozess zu optimieren, sind detaillierte experimentelle Untersuchungen der Gasphase (z. B. Temperatur- und Konzentrationsverteilungen) notwendig.

Im Rahmen dieses Projektes wurden im Berichtszeitraum Temperaturfelder im Flammenreaktor mit Hilfe der NO-Thermometrie über das Laser-induzierte Fluoreszenzverfahren (LIF) vermessen. Hierzu wird den Flammengasen in geringen Konzentrationen Stickstoffmonoxid (NO) beigemischt und über die Anpassung theoretisch berechneter an gemessene Anregungsspektren die Temperatur bestimmt. Die am IVG entwickelte Multilinen NO-LIF-Methode erlaubt dabei die flächige Erfassung von Temperaturwerten innerhalb eines vom Anregungslaser beleuchteten zweidimensionalen Lichtschnitts (hier: ca. 100 mm hoch, 3 mm dick) beim Durchgang durch die Flammengase. Untersucht wurden zunächst Flammen bei verschiedenen Bedingungen (unterschiedlicher Druck, verschiede-

ne Frischgas-Zusammensetzungen) ohne Zugabe der Vorläuferspezies.

In Bild 4-73 ist exemplarisch das Ergebnis zweier Messungen bei gleichem Druck (100 mbar), allerdings unterschiedlicher Gaszusammensetzung dargestellt. Die dazugehörigen Bedingungen der beiden Flammentypen sind in Tabelle 4-4 zusammengefasst.

Tabelle 4-4:
Flammenbedingungen zur den in Bild 4-73 dargestellten 2D-Temperaturfeldern (alle Gasflüsse in l/min.)

Flammen-typ	Druck [mbar]	O ₂	CH ₄	Luft	Sekundär-luft	Argon
T10 (links)	100	20	2,5	0	15,50	3
T15 (rechts)	100	10	1,5	0	19,63	3

In Bild 4-73, links, ist das 2D-Temperaturfeld im Bereich der Einströmdüse (oberer Bildrand) zu sehen, während die rechte Seite das Temperaturprofil entlang der Symmetrieachse in der Mitte des zylindrischen Strömungsrohres (weiße Linie im Bild links) zeigt.

Um das Lasersystem von Temperaturschwankungen und Luftströmungen in der IUTA-Technikumshalle zu isolieren, wurde dieser Bereich mit einem Plexiglasgehäuse und Laser-Schutzvorhängen vom Flammenreaktor abgetrennt. In Bild 4-74 sind exemplarisch je ein gemessenes (Punkte) und simuliertes (rote Linie) Spektrum vor (links) und nach der Einhausung des Laser-Bereiches gezeigt. Auswertungen der Temperaturfelder aus Bild 4-73 zeigen eine deutliche Verbesserung im Signal-Rausch-Verhältnis nach dieser Umbaumaßnahme.

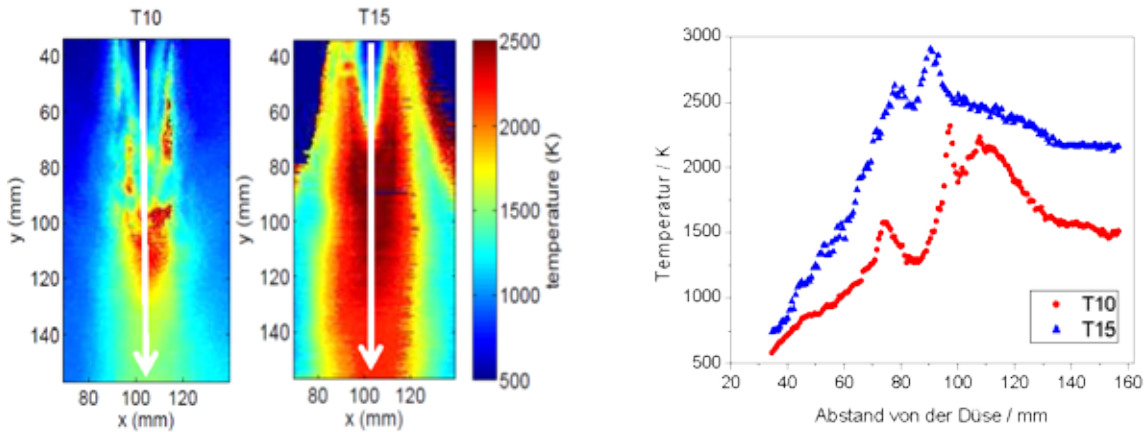


Bild 4-73: Links: 2D-Temperaturfeld zweier Flammen bei 100 mbar, aber mit verschiedenen Gaszusammensetzungen; Rechts: Temperaturprofil entlang der Symmetrieachse der Flamme aus T10 und T15.

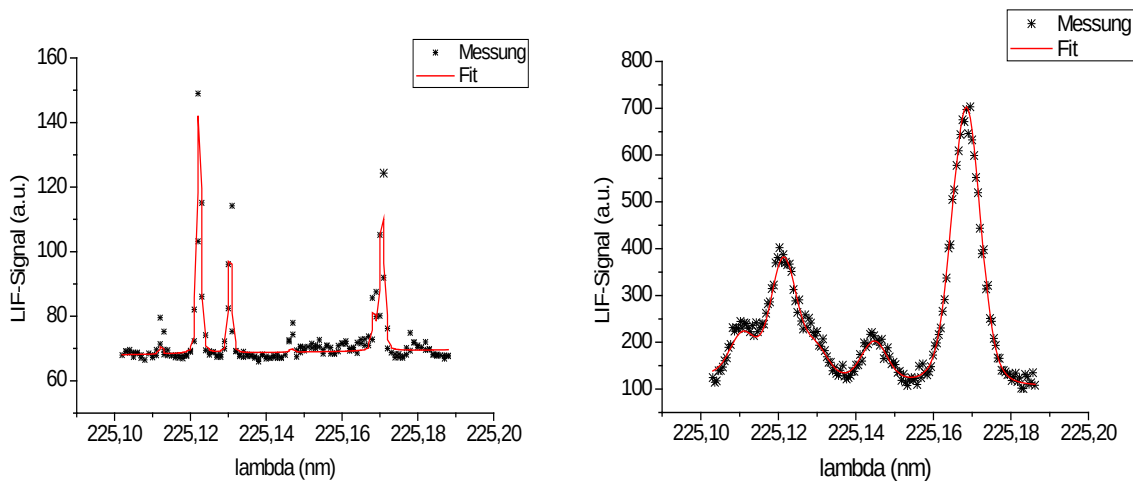


Bild 4-74: Gemessene (Punkte) und simuliertes (rote Linie) Spektrum vor (links) und nach (rechts) Einhausung des Laser-Bereiches.

Es sind weitere Messungen für eine Reihe von verschiedenen Betriebsbedingungen des Flammenreaktors geplant. Zusätzlich sollen Temperaturmessungen während der Nanopartikel-Synthese (FeO , TiO_2 , SiO_2) durchgeführt und die Konzentration der detektierbaren Zwischenprodukte während der Produktion bestimmt werden, um Ergebnisse von laufenden Simulationsrechnungen zu validieren.

Das Forschungsvorhaben 15974 N 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:

Dr. Thomas Dreier
+49 (0) 203 379-3520
thomas.dreier@uni-due.de

Prof. Dr. Christof Schulz
+49 (0) 203 379-3995
christof.schulz@uni-due.de

4.8 Messstelle

4.8.1 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) 20 65 418 272
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, Xylol, 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

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 / XSerie 2
ICP-OES	Induktiv gekoppeltes Plasma mit optischem Emissionsspektrometer Hersteller / Typ: Thermo Scientific / iCAP-6500
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 Anwendung: Speciation
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 Hersteller / Typ: Thermo Trace GC Ultra mit PTV Injektor
GC-FID (2)	Gaschromatograph mit Flammenionisationsdetektor Hersteller / Typ: Thermo Trace GC Ultra mit PTV Injektor
GC-FID/MS	Gaschromatograph mit Massenspektrometer Thermo ISQ GC/MS System mit PTV Injektor / Backflush
Mikrowellenaufschluss	Anwendung: zum Aufschluss von Flüssigkeiten bzw. Feststoffen Hersteller / yp: 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
Asbest	Asbestuntersuchung mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) und Röntgenemissionsanalytik (EDX) in Materialproben und Raumluftproben
Korngrößenverteilung	Bestimmung der Korngrößenverteilung mittels Streulichtverfahren Coulter LS230 und REM/EDX



Bild 4-75: Arbeitsalltag: Außeneinsatz von Mitarbeitern der Messstelle

4.9 Forschungsanalytik

4.9.1 Entwicklung eines Verfahrens zur Authentizitätskontrolle

In den letzten Jahren sind Produkt- und Markenpiraterie dramatisch angestiegen. Besonders kritisch ist die Zahl gefälschter und somit potenziell gefährlicher Produkte bei Lebens-, Körperpflege- und Arzneimitteln. Nicht nur große internationale Konzerne sind davon betroffen, sondern auch mittelständische Unternehmen. Vor diesem Hintergrund wird ein analytisches Verfahren entwickelt, das die Herkunft bzw. Authentizität von chemischen Verbindungen bestimmt, die bislang der substanzspezifischen Isotopenanalyse nicht zugänglich waren. Den Ansatz dazu bildet die Verbindung von zwei analytischen Methoden der Flüssigchromatografie unter Einsatz eines Raman-Detektors mit der Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie (IRMS) der stabilen Isotope des Kohlenstoffs.

Bei dieser Kopplung darf die mobile Phase keinen Kohlenstoff enthalten. In der Regel wird deshalb eine rein wässrige Phase verwendet, deren pH-Wert über anorganische Puffer eingestellt werden kann. Die Temperatur ist neben dem pH-Wert der zentrale Parameter zur Beeinflussung der Polarität der mobilen Phase. Die Hochtemperatur-HPLC (HT-HPLC) spielt in so fern eine besondere Rolle, da nur über die Anwendung von Tem-

peraturgradienten eine Elution unterschiedlich polarer Komponenten in einem chromatografischen Lauf erzielt werden kann.

Ein gravierender Nachteil der bisherigen Kopplung besteht darin, dass außer der Bestimmung des delta-Wertes keine weiteren Strukturinformationen verfügbar sind, die eine sichere Identifikation einer bestimmten Komponente erlauben. Eine präzise Bestimmung des delta-Wertes ist darüber hinaus nur möglich, wenn keine weiteren Komponenten koelutieren. Dies setzt eine Basislinientrennung aller in der Mischung enthaltenen Komponenten voraus. Je komplexer die Mischung ist, desto wahrscheinlicher ist auch das Auftreten von Koelutionen. Vor diesem Hintergrund soll das Verfahren um einen Detektor auf Basis der Ramanspektroskopie erweitert werden. Die Integration des Raman-Detektors in das Gesamtsystem ist dann für den weiteren Projektverlauf vorgesehen.

Innerhalb des Berichtszeitraumes wurde eine online-Kopplung zwischen einem HPLC-System und dem durch die Arbeitsgruppe für Flüssigphasen-Laserspektroskopie an der Heinrich-Heine Universität Düsseldorf entwickelten Raman-Detektor aufgebaut. Das Grundprinzip des Raman-Detektors bildet eine Durchflusszelle, die auf einem Flüssigkern-Lichtwellenleiter basiert, Bild 4-76.

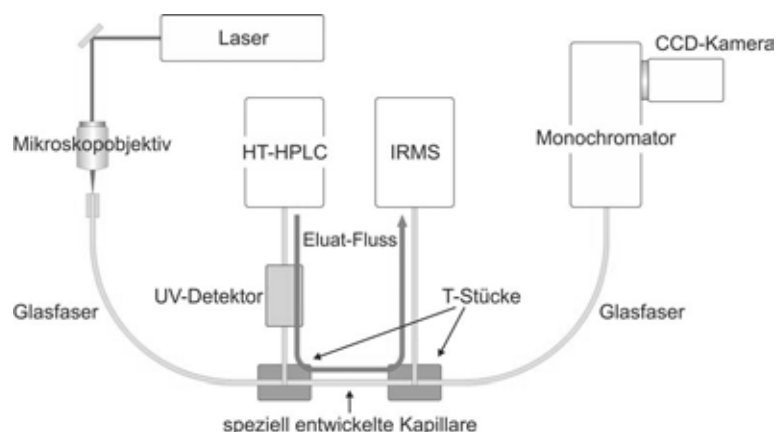


Bild 4-76: Prinzipieller Aufbau der HT-HPLC-Raman-IRMS-Kopplung

Das lichtleitende Medium ist die mobile Phase der HPLC, in diesem Fall reines Wasser. Das Laseranregungslicht wird über eine Glasfaser in eine speziell entwickelte Kapillare eingekoppelt. Das in dieser Kapillare erzeugte Raman-Streulicht wird über eine weitere Glasfaser gesammelt und spektral analysiert.

Zurzeit liegt die Detektionsgrenze des Raman-Detektors bei 1 µg Analyt absolut auf der Säule. Bis zum Projektende im November 2011 wird eine Verbesserung der Detektionsgrenze um den Faktor 10 angestrebt.

Um die Einsatzgebiete dieser viel versprechenden Technologie auszuweiten und ihre Einsatzmöglichkeiten aufzuzeigen, wurde im Rahmen des Projekts im IUTA eine Vielzahl weiterer Applikationen entwickelt, Bild 4-77 gibt einen Überblick.

Das Forschungsvorhaben 16120 N/2 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:

Dr. rer. nat. Thorsten Teutenberg
+49 (0) 2065 418 179
teutenberg@iuta.de

Steffen Wiese, M. Sc.
+49 (0) 2065 418 165
wiese@iuta.de

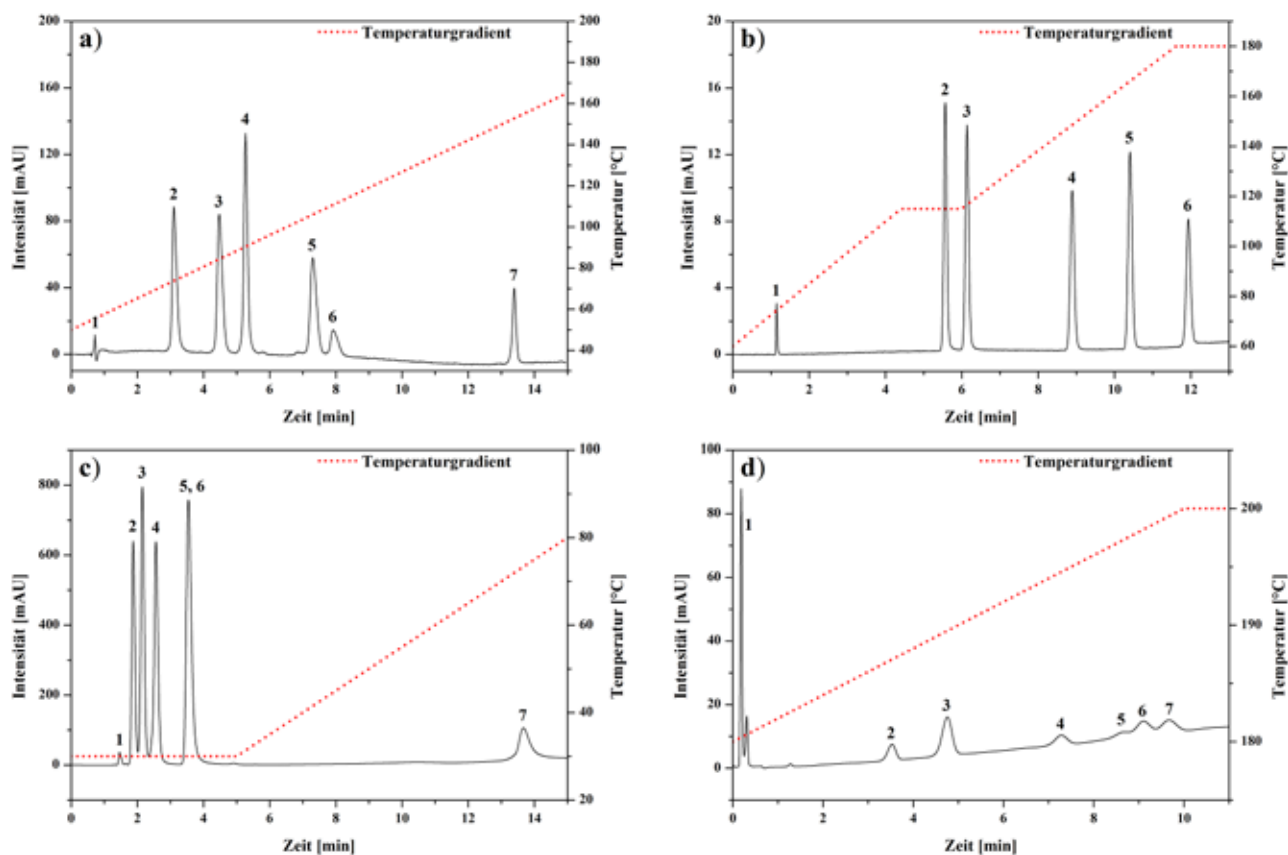


Bild 4-77: Übersicht der entwickelten Methoden für die HPLC-Raman-IRMS-Kopplung.

- a) Trennung von Lebensmittelzusatzstoffen. Stationäre Phase: Waters XBridge C-18.
- b) Trennung von Sulfonamiden. Stationäre Phase: Waters XBridge C-18.
- c) Trennung von Lebensmittelzusatzstoffen. Stationäre Phase: ZirChrom-PBD.
- d) Trennung von Steroiden. Stationäre Phase: Waters XBridge C-8.

4.9.2 Erfassung der enzymatischen Aktivität von Hausstaub

Innerhalb dieses Projektes soll die enzymatische Aktivität von Hausstaub mit einem online-Assay erfasst werden. Die Idee ist, eine flüssigchromatografische Trennung mit einem geeigneten Enzymassay zu koppeln, so dass in einem einzigen Analysenschritt eine Identifikation toxischer oder allergener Substanzen möglich ist. Das Projekt wird von den Forschungsstellen IUTA und Technische Universität München (TUM) durchgeführt. IUTA bringt insbesondere das in den letzten Jahren erarbeitete Know-how auf dem Gebiet der Hochtemperatur-HPLC und Hausstaubanalytik in das Projekt ein, wohingegen an der TUM geeignete Enzym-Assays entwickelt werden. Bei erfolgreichem Projektverlauf kann die in diesem Vorhaben zu entwickelnde Analysetechnik prinzipiell auch auf andere Fragestellungen aus dem Bereich der Life Sciences angewandt werden.

Die grundlegende Strategie basiert auf dem von Irth und de Boer entwickelten Verfahren, bei dem komplexe Gemische mittels HPLC getrennt und online einem Enzym-Assay zugänglich gemacht werden (Bild 4-78). Die Herausforderung besteht darin, den organischen Anteil in der mobilen Phase möglichst gering zu halten, damit die enzymatische

Aktivität des Assays erhalten bleibt. Da die mobile Phase einen möglichst hohen Wassergehalt aufweisen sollte, kommen Verfahren auf Grundlage der Temperatur-Gradientenelution zum Einsatz. Nach der Trennung wird das Eluat dann mit dem Enzym vermischt, wobei zwei Reaktionswege denkbar sind. Der Analyt kann z. B. mit dem Enzym eine spezifische Bindung eingehen, so dass in einem nachfolgenden Reaktionsschritt, in dem die Mischung mit einem Substrat versetzt wird, das normalerweise mit dem Enzym reagiert, keine Spaltung des Substrats durch das Enzym auftreten kann. Reagiert der Analyt nicht mit dem Enzym, so erfolgt nach Zugabe des Substrats eine spezifische Spaltung durch das Enzym. Die einzelnen Prozesse können mit Hilfe der Elektrospray-Ionisations-Massenspektrometrie (ESI-MS) online verfolgt werden.

Anhand von hydrophoben Markersubstanzen, die prinzipiell im Hausstaub vorkommen können, wurde die generelle Anwendung des oben beschriebenen Konzepts untersucht. Mit Hilfe einer Simulations-Software wurden Retentionsmodelle erstellt, mit denen vorab eine Aussage getroffen werden kann, ob die Elution einer bestimmten Komponente unter den vorgegebenen Randbedingungen möglich ist.

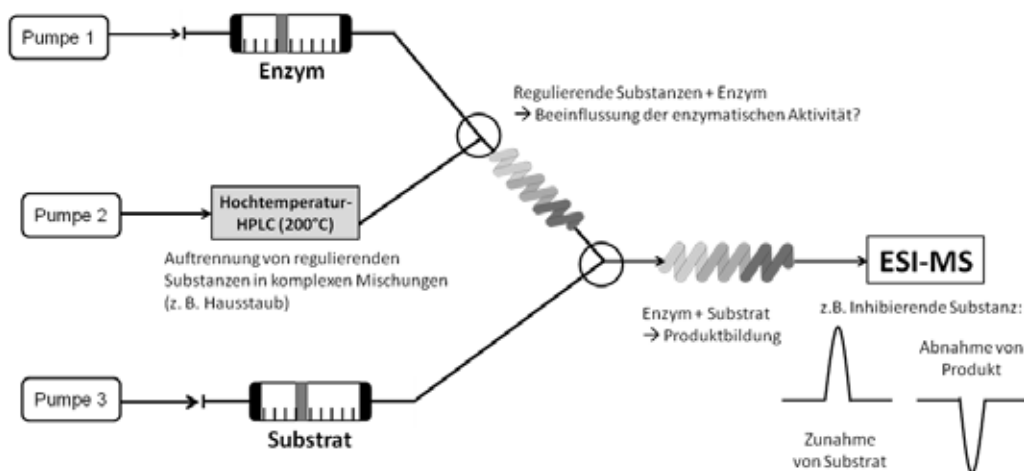


Bild 4-78: Online Enzymassay mit massenspektrometrischer Detektion (ESI-MS).

Die Limitierung des online Systems liegt in der Begrenzung des Anteils an organischem Lösemittel, das für die HPLC-Trennung eingesetzt wird. Wie anhand von Vergleichsstudien des Projektpartners an verschiedenen Enzymsystemen ersichtlich wurde, ist Methanol das bevorzugte organische Co-Solvenz. In manchen Fällen können aber auch Isopropanol, Ethanol oder Acetonitril verwendet werden. Insbesondere die langkettigen Alkohole sind aus Sicht der HPLC-Trennung zu bevorzugen, da hiermit hydrophobe Komponenten schneller eluiert werden als mit Methanol. Anhand der vom IUTA ermittelten Retentionsdaten, die mit Octanol-Wasser-Koeffizienten korreliert wurden, ist die Aussage möglich, ob ein bestimmter Analyt unter den vorgegebenen Analysenbedingungen eluiert werden kann. Ein Vorteil der in diesem Projekt gewählten Strategie ist, dass auch bei Veränderung der Randparameter wie z. B. einer Änderung der Temperatur und/oder des organischen Lösemittels Aussagen bezüglich der Kompatibilität des online-Assays mit der Hochtemperatur-HPLC möglich sind.

Im weiteren Projektverlauf erfolgen die weitere Optimierung des online Systems sowie die Trennung komplexer Hausstaubextrakte. Um zu gewährleisten, dass alle Substanzen unter den vorgegebenen Bedingungen von der Säule eluieren, wird sich das IUTA im Wesentlichen mit geeigneten Strategien zur Probenvorbereitung beschäftigen. Hierzu wurde ein Verfahren auf Grundlage der Festphasenextraktion ins Auge gefasst, das unter der Bezeichnung DPX (Disposable Pipette Extraction) bekannt ist. Das Ziel ist, hochmolekulare Matrixkomponenten, die nicht unter den für die Chromatografie definierten Bedingungen von der Säule eluiert werden können, zu entfernen. Darüber hinaus kann der Hausstaubextrakt sequenziell extrahiert werden, so dass einzelne Fraktionen erhalten werden, um die Komplexität der chromatografischen Trennung zu reduzieren.

Das Forschungsvorhaben 16203 N 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:

Dr. rer. nat. Thorsten Teutenberg
+49 (0) 2065 418 179
teutenberg@iuta.de

M. Sc. Christoph Portner
+49 (0) 2065 418 216
portner@iuta.de

Dipl.-Leb. Chem. Katja Oeste
+49 (0) 2065 418 174
oeste@iuta.de

4.9.3 Entwicklung eines multidimensionalen HPLC-Verfahrens

Eine zunehmend größer werdende Herausforderung im Bereich der Life Sciences ist die Analyse immer komplexerer Substanzgemische, die oftmals hunderte in ihrer chemischen Struktur völlig unterschiedliche Einzelkomponenten enthalten können. Zwar ist es möglich, durch den Einsatz selektiver Detektoren wie z. B. eines Flugzeit-Massenspektrometers eine Trennung der Einzelkomponenten über ihr Masse-zu-Ladungs-Verhältnis zu erreichen, aber auch diese Techniken stoßen oftmals an ihre Grenzen. Vor diesem Hintergrund ist es notwendig, chromatografische Verfahren weiterzuentwickeln, die eine Auftrennung möglichst vieler Komponenten erlauben. Die Steigerung der so genannten Peakkapazität eines chromatografischen Verfahrens kann z. B. durch die Anwendung von

stationären Phasen mit kleinen Partikeln (sub 2 µm, sog. Ultra-Hochdruck-HPLC) oder die Erhöhung der Temperatur (sog. Hochtemperatur-HPLC) erfolgen. In den letzten Jahren wurden darüber hinaus zunehmend zweidimensionale Trennverfahren angewendet, wobei die Peakkapazität bei orthogonalen Phasensystemen maximiert wird. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass beide Trennmechanismen vollkommen unabhängig voneinander sind, wie z. B. die Trennung nach Größe und Hydrophobizität.

Ein großer Nachteil zweidimensionaler Verfahren auf Basis der Flüssigchromatografie besteht in einem relativ hohen Lösemittelverbrauch, da die Trennsäule in der zweiten Dimension häufig mit Flussraten bis zu 5 mL/min betrieben wird. Dies wiederum hat zur Folge, dass hohe Kosten für die Anschaffung und Entsorgung der Lösemittel entstehen. Des Weiteren ist die Kompatibilität mit einem Massenspektrometer nicht gegeben.

In diesem Projekt wird der Ansatz gewählt, ein zweidimensionales chromatografisches Verfahren auf Basis der Nano- und Kapillar-HPLC

zu realisieren. Hierbei sind die Parameter so zu optimieren, dass eine Kopplung mit einem Massenspektrometer möglich wird. Die technische Umsetzung ist äußerst komplex, da beim Übergang von der konventionellen HPLC zur Nano-HPLC eine Anpassung der Parameter zu erfolgen hat. Dies betrifft z. B. das maximale Injektionsvolumen, um eine Überladung der Trennsäule in der ersten Dimension zu vermeiden, sowie die Reduzierung jeglichen Totvolumens, um die Peakverbreiterung in der zweiten Dimension zu minimieren.

Innerhalb des Berichtszeitraums wurden Messungen zur Lösemittelkompatibilität durchgeführt. Ein großes Problem bei der direkten Kopplung von zwei chromatografischen Systemen ist, dass es zu Lösemittelleffekten kommt, die zu einer starken Bandenverbreiterung führen. Diese Effekte sind unter der Bezeichnung „viscous fingering“ bekannt und können teilweise durch Anpassung der Temperatur kompensiert werden, wie aus der nachfolgenden Bild 4-79 ersichtlich ist.

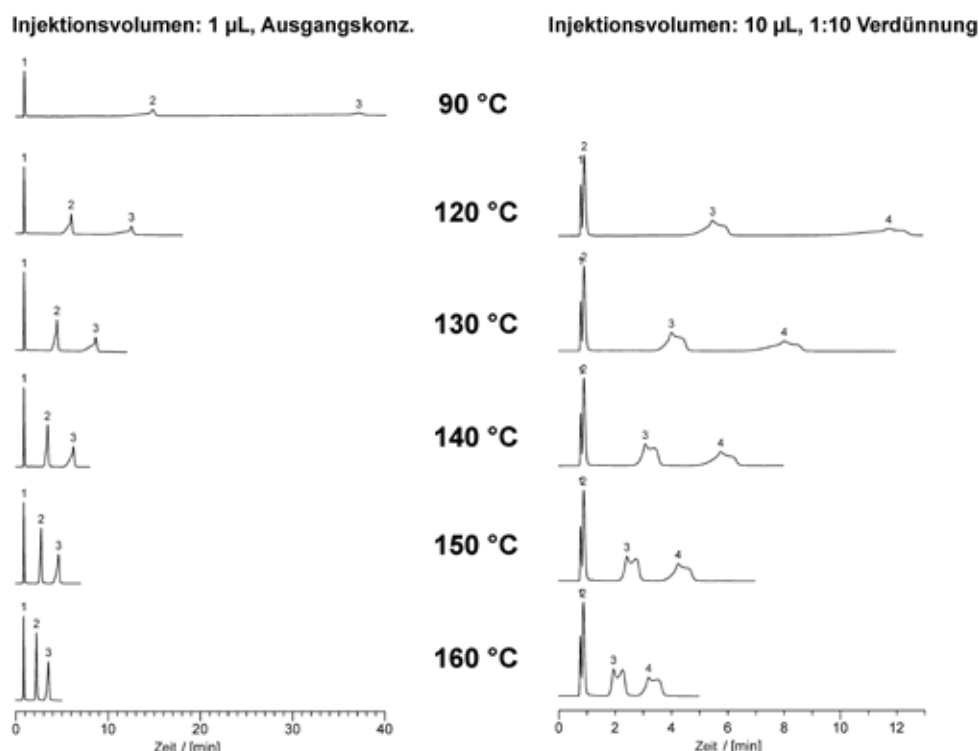


Bild 4-79: Darstellung von Lösemittelleffekten, die zu starken Peakverbreiterungen führen

Im rechten Teil von Bild 4-79 ist erkennbar, dass die durch Lösemittleffekte verursachte Peakverzerrung durch höhere Temperaturen kompensiert werden kann. Wird allerdings das Injektionsvolumen bei gleicher Analytkonzentration um den Faktor 10 erhöht, zeigt das Chromatogramm auch bei höheren Temperaturen keine symmetrischen Peaks.

Die weiteren Arbeiten werden sich nun darauf konzentrieren, eine Kopplung mit einem Massenspektrometer zu realisieren, um die komplexen Hausstaubextrakte zu analysieren.

Das Forschungsvorhaben 15928 N/1 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:

Dr. rer. nat. Thorsten Teutenberg
+49 (0) 2065 418 179
teutenberg@iuta.de

M. Sc. Jakob Haun
+49 (0) 2065 418 165
haun@iuta.de

4.9.4 Untersuchung der Katalysatorregenerierung unter dem Einfluss oxidierender und reduzierender Atmosphären bei Biomassevergasungsverfahren

Bei der Vergasung von Biomasse entstehen als unerwünschte Nebenprodukte höhersiedende und höhermolekulare Kohlenwasserstoffe, so genannte Teere. Sie stören bei der energetischen Nutzung in Gasturbinen

und -motoren. Über die katalytische Wasserdampfpreformierung dieser Teere verbleibt der Heizwert der entstehenden Produkte im Gas. Ihre Umsetzung steigert die Effizienz des gesamten Prozesses.

Zur Absenkung des Teergehalts im Produktgas durch Einsatz katalytisch aktiven Wirbelschicht-Bettmaterials oder nachgeschalteter Festbett-Katalysatoren wurden bereits verschiedene Mineralien wie Olivin und Dolomit sowie Edelmetall- oder Nickel-basierte Reformierkatalysatoren erprobt. Als Modellteer wurde mit Benzol oder Naphthalin gearbeitet. Je nach Prozessparametern und Brennstoff sind im Produktgas auch schwerere Polyaromaten als Naphthalin enthalten. Diese wurden bisher trotz ihrer - aus technischer Sicht - problematischen Eigenschaften bezüglich ihres Verhaltens bei der katalytischen Wasserdampfpreformierung kaum betrachtet. Die Belegung des Katalysators mit Kondensationsprodukten führt zur fortschreitenden Deaktivierung, die von Zeit zu Zeit seine Regenerierung erforderlich macht. Zur Aufklärung der Vorgänge wird an der Universität Siegen eine Versuchsanlage betrieben, vgl. Bild 4-80.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde ein Ti-basiertes Nano-Cu/Ni-System mit einem mit Modellteer beladenen Stickstoff-Wasserdampfstrom bei Temperaturen von 650 °C bis 900 °C untersucht. Neben Naphthalin als Referenz kamen aufgrund ihrer höheren Kondensationstemperaturen Phenanthren und Pyren als Modellteere zum Einsatz.

Die zyklische Regenerierung wurde durch Abbrennen des am Katalysator angelagerten Kohlenstoffs mit Luft-Stickstoff-Gemischen durchgeführt. Die Bestimmung des Teerumsatzes erfolgte gravimetrisch in Anlehnung an DIN CEN/TS 15439:2006. Mittels GC-FID-MS erfolgten Quantifizierung und Identifizierung von Abbau- und Nebenprodukten.

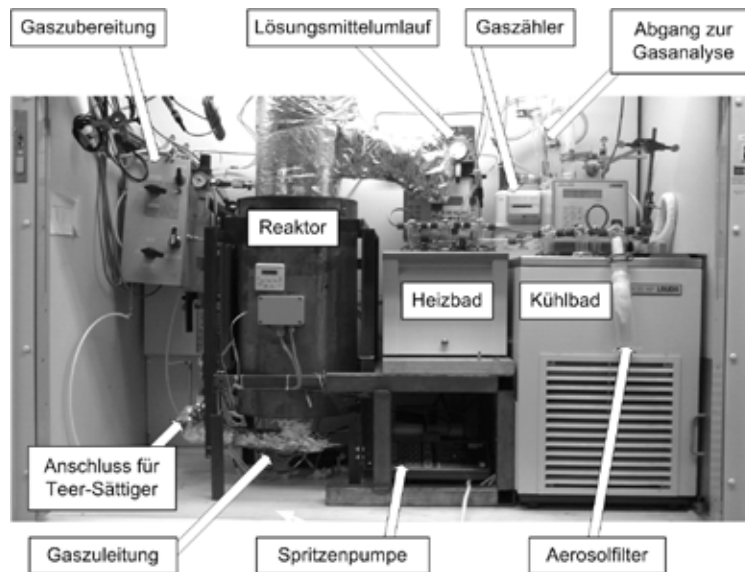


Bild 4-80: Versuchsanlage der Universität Siegen zur Untersuchung der Katalysatorregenerierung

Die Daten aus Quantifizierung und Identifizierung von Abbau- und Nebenprodukten (GC-FID-MS) stimmten gut mit den - in Anlehnung an DIN CEN/TS 15439 - gravimetrisch bestimmten Teerumsätzen überein. Die katalytische Aktivität des untersuchten Ti-Cu/Ni-Systems lag wie erwartet deutlich über dem als Referenz betrachteten Olivin. Auch der gravimetrische Naphthalinumsatz des Ti-Cu/Ni-Systems war bei 800 °C mit über 90 % höher als der von rund 50 % mit der mineralischen Referenz. Im zyklischen Wechsel zwischen Reformierung und Abbrennen der Kohlenstoffablagerungen zeigte sich eine gute Regenerierbarkeit des Katalysators. Als Nebenprodukte bei der Umsetzung von Phenanthren konnten u. a. Benzol, 2-Ethenylnaphthalin, Fluoren und Pyren bestimmt werden. In Bild 4-81 ist beispielhaft die Produktkonzentration in Abhängigkeit von der Reaktortemperatur gezeigt.

Der untersuchte Katalysator eignet sich sehr gut zur Wasserdampfpreformierung von Naphthalin. Die GC-MS-Messungen zeigen den katalytischen Abbau des Modellteers zu immer leichter flüchtigen Verbindungen. Bei Reaktortemperaturen von über 850°C wurde der gesamte Teer umgesetzt.

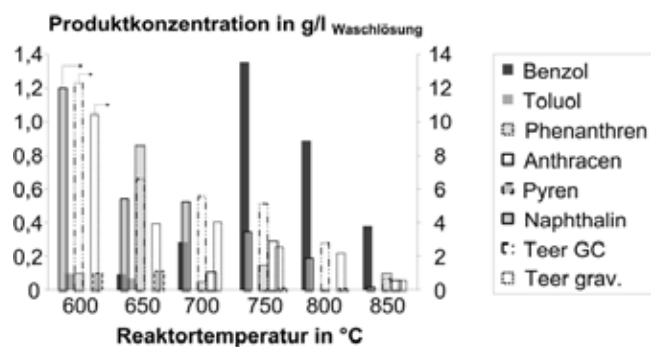


Bild 4-81: Modellteerumsatz an einem Titan-basierten Nano-Cu/Ni-Katalysator in Abhängigkeit von der Temperatur

Das Forschungsvorhaben 15679 N 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:

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

4.9.5 Chemische und toxikologische Evaluierung von Transformationsprodukten bei der oxidativen Abwasserbehandlung

Die kommunale Abwasserbehandlung besteht in den meisten Fällen aus einer mechanisch-biologischen Behandlung des Abwassers, welche auf die Reduzierung der organischen Fracht ausgelegt ist. In den letzten Jahren liegt das Augenmerk vermehrt auf organischen Mikroverunreinigungen. Diese Stoffe gelangen z. B. über menschliche Ausscheidungen oder das sogenannte Grauwasser in das häusliche Abwasser. Ein erheblicher Teil dieser Spurenstoffe wird in der kommunalen Kläranlage nicht eliminiert und gelangt mit dem Kläranlagenablauf in die Vorfluter und von dort aus in die Oberflächengewässer. Somit können kommunale Kläranlagen als Punktquellen für den Eintrag von Mikroverunreinigungen in die Oberflächengewässer angesehen werden.

Die europäische Wasserrahmenrichtlinie fordert jedoch eine nachhaltige und ökologische Wasserbewirtschaftung. Die Vermeidung von Punkteintragsquellen steht dabei im Vordergrund. Zudem sollen Grenzwerte für den Austrag von Mikroschadstoffen aus Kläranlagen in die Oberflächengewässer festgelegt werden.

Eine Möglichkeit der Reduzierung dieses Austrags stellen die sogenannten AOP (Advanced Oxidation Process) Verfahren dar. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens soll sowohl eine chemische als auch eine toxikologische Evaluierung und Bewertung verschiedener erweiterter Oxidationsverfahren erfolgen. Dazu werden Einzelsubstanzen und verschiedene Kläranlagenabläufe aus Versuchen im Labormaßstab bis hin zum Technikumsmaßstab mittels Ozonung oder UV-Oxidation behandelt. Auch der Einfluss der Zugabe von Wasserstoffperoxid wird untersucht.

In allen oxidierten Proben werden der Substanzabbau, die Bildung von Transformationsprodukten und weitere toxikologische Kriterien verfolgt. Der Substanzabbau und die Bildung von relevanten Transformationsprodukten werden mittels LC-MS/MS (Q Trap) bestimmt. Die toxikologischen Untersuchungen umfassen die allgemeine Toxizität, Cytotoxizität und Gentoxizität.

Bearbeitet wird das Projekt in Kooperation mit dem Institut für Hygiene und Arbeitsmedizin des Universitätsklinikums Essen und der Xenobiotikagruppe des Institutes für Umweltanalytik der Universität Duisburg - Essen.

Versuche mit dem Fluorquinolon Ciprofloxazin brachten im Batchbetrieb die komplette Elimination der Ursprungssubstanz. Die Bildung unterschiedlicher Transformationsprodukte konnte beobachtet werden. Bild 4-82 zeigt den Vergleich des Chromatogramms der Ursprungssubstanz Ciprofloxazin (schwarze Linie) mit dem nach der UV-Oxidation (gestrichelte Linie). Es sind nicht nur Ciprofloxazin, sondern auch, teilweise bereits identifizierte, Transformationsprodukte erkennbar. Bislang konnten in allen behandelten Proben zwar Transformationsprodukte, aber keine Toxizitäten nachgewiesen werden.

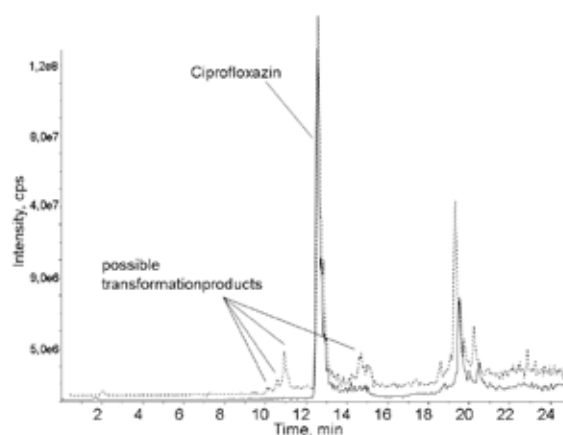


Bild 4-82: Chromatogramm einer unbehandelten (schwarze Linie) und einer oxidierten (gestrichelte Linie) Ciprofloxazin-Lösung

Das Forschungsvorhaben 15862 N 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:

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

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

4.9.6 Energieeffiziente Eliminierung von persistenten Pharmazeutika aus Abwässern mittels eines schadstoffabhängig gesteuerten Oxidationsverfahrens (EPASGO)

Ziel des zusammen mit dem Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) durchgeführten Forschungsvorhabens ist die Entwicklung einer Steuerung für ein Verfahren zur oxidativen Entfernung von ausgewählten Pharmazeutika und östrogenwirksamen Substanzen aus Kläranlagenabläufen. Über die Koppelung eines online-Messgeräts mit einem mikrobiellen Biosensor soll eine konzentrationsabhängige und somit energieeffiziente Steuerung erreicht werden. Dazu wurde am IPK ein auf *Arxula adeninivorans* basierender Hefezellen-Biosensor

(A-YES-Assay) entwickelt und in ein online-Messsystem (EstraMonitor) integriert. Zur Kontrolle der Abwässer vor und nach der Ozonzugabe und der Effektivität des Behand-

lungsverfahrens soll die Empfindlichkeit im Rahmen dieses Forschungsvorhabens durch Anwendung der Multicopy-Integrationsmethode nochmals gesteigert werden. Parallel dazu werden neue Sensoren entwickelt, die neben dem Summenparameter „östrogene Aktivität“ auch den Summenparameter „nicht-opioide Arzneimittel“ (Analgetika, Antiepileptika, Antibiotika etc.) bestimmen. Zur Anwendung der gentechnisch veränderten Hefezellen wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens am IUTA ein Labor der Sicherheitsstufe 1 eingerichtet.

Da die Einrichtung eines solchen Labors auf Kläranlagen i. d. R. nicht möglich ist, wurde der in Bild 4-83 dargestellte EstraMonitor um ein Modul zur thermischen Abfallbehandlung erweitert.

Die Wirksamkeitskontrolle hat gezeigt, dass damit alle Hefezellen effektiv inaktiviert werden. Auch in einer worst-case-Betrachtung wurden keine lebenden und vermehrungsfähigen Zellen aus dem Messgerät ausgetragen.

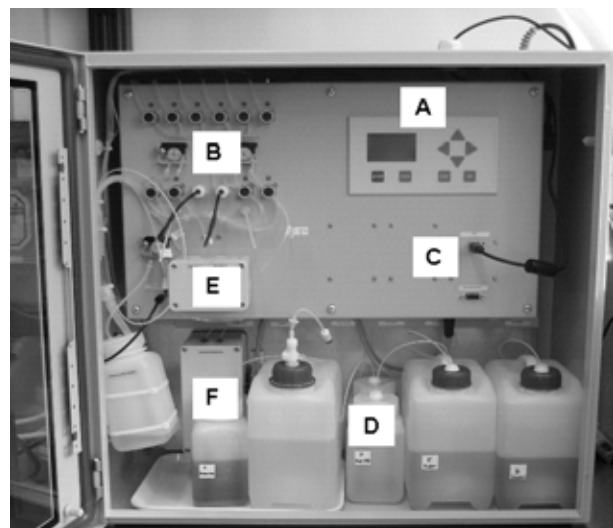


Bild 4-83: EstraMonitor zur online-Messung der östrogenen Aktivität

- A: Prozessor zur Steuerung und Wartung des Messgeräts;
- B: Pumpen-Modul zur Ver/Entsorgung der Messkammern;
- C: Verbindung zur externen Steuerung und Weiterleitung der Messwerte;
- D: Vorrats-/Entsorgungstanks;
- E: Temperierte Messkammer, Reaktionsgefäße mit Elektroden und Zu/Ab-Lauf;
- F: Thermische Abfallbehandlungseinheit

In Labor- und Technikumsversuchen wird die Auswirkung der Ozonung auf ausgewählte östrogenaktive Substanzen und die Bildung von Transformationsprodukten im Medium Kläranlagenablaufwasser untersucht. Grundlegende Untersuchungen zu Analgetika, Anti-epileptika und Antibiotika erfolgen im Forschungsvorhaben „Oxidationsnebenprodukte“. Experimente zur Verfahrensverbesserung werden dagegen im Rahmen dieses Vorhabens durchgeführt. Kontrolluntersuchungen zur Effektivität erfolgen sowohl mittels chemischer Analysen (LC-MS/MS und GC-MS) als auch mit Biosensoren zur summarischen Bestimmung der Östrogenität bzw. Arzneimittel-Wirkung auf die entsprechenden humanen Rezeptoren im Hefezellensystem.

In Hinblick auf die EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) werden neue Behandlungsstrategien evaluiert und erstmals eine wirkungsbezogene Steuerung zum Abbau von problematischen Substanzen entwickelt. Durch das Forschungsvorhaben soll die Leistungsfähigkeit der wirkungsbezogenen Nachweisverfahren verbessert und die Steuerung der oxidativen Abwasserbehandlung weiterentwickelt werden, um diese Technologie als dritte Säule der Abwasserbehandlung einführen zu können.

Das Forschungsvorhaben 16145 N 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:

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

M. Sc. Christoph Portner
+49 (0) 2065 418 216
portner@iuta.de

4.9.7 Elimination von Spurenstoffen

Die Ergebnisse der in den letzten Jahren durchgeführten Labor- und Technikumsexperimente zur Elimination von Spurenstoffen im Abwasser waren so erfolgreich, dass zusammen mit den Wirtschaftsbetrieben Duisburg, der TU Dortmund und der Grontmij GmbH an der Kläranlage Duisburg - Vierlinden der Bau einer Ozonanlage zur Behandlung des gesamten Kläranlagenablaufs initiiert wurde. In Einklang damit stehen zwei weitere Projekte an den Kläranlagen Bad Sassendorf (Lippeverband) und Schwerte (Ruhrverband).

Der IUTA e. V. erhielt den Zuschlag zu drei Teilprojekten aus der MKULNV Ausschreibung „Elimination von Arzneimitteln und organischen Spurenstoffen: Entwicklung von Konzeptionen und innovativen, kostengünstigen Reinigungsverfahren“. Er gilt für die wissenschaftliche Betreuung der Großversuche an den angeführten Kläranlagen. An der Bearbeitung sind 21 Partner (u. a. IWW/Mülheim a. d. Ruhr, Universität Duisburg - Essen, Universität Bochum und RWTH Aachen) beteiligt.

Aus derselben Ausschreibung ging ein Auftrag zur „Analyse der Eliminationsmöglichkeiten von Arzneimitteln in den Krankenhäusern in NRW“ hervor, in den die MedEcon Ruhr GmbH, Fraunhofer UMSICHT, das Institut für Wasserforschung (IfW) sowie die Grontmij GmbH eingebunden sind. Dieses Projekt (TP 3) steht unter der Leitung der MedEcon Ruhr GmbH Bochum. Es wird untersucht, welche organisatorischen und technischen Möglichkeiten geeignet sind, den Eintrag von Arzneimitteln bzw. Arzneimittelrückständen in das Abwasser der Kliniken kostengünstig und wirksam zu verringern bzw. zu verhindern.

Hierzu erfolgt zunächst die Erfassung und typgerechte Einteilung der Kliniken. Die Kriterien bilden vor allem die Größe und die fachliche Ausrichtung zusammen mit der induzierten Emissionssituation sowie der jeweiligen Entwässerungssituation. Für die Ermittlung der Emissionssituation werden der Arzneimittelverbrauch in den Kliniken erfasst, die resultierenden Abwasserfrachten berechnet und entsprechende Austragskataster erstellt. Zur Beschreibung der Entwässerungssituation gehört die georeferenzierte Darstellung der Lage und der öffentlichen Basisdaten der Kliniken im Wasserinformationssystem ELWAS-IMS des Landes Nordrhein-Westfalen. Die organisatorischen und technischen Gegebenheiten werden über Literatur- und Projektrecherchen sowie komplementierende Interviews in den Kliniken erfasst.

Aus den Projektergebnissen werden Eintrags- und Lösungsszenarien abgeleitet und unter Berücksichtigung des diffusen Eintrags aus anderen Quellen, wie z. B. aus Privathaushalten, hinsichtlich ihrer gesamtwirtschaftlichen und -ökologischen Effizienz bewertet.

Das Teilprojekt 6 „Elimination von Arzneimittelrückständen in kommunalen Kläranlagen“ steht unter Leitung des Ruhrverbandes Essen.

An den drei eingangs genannten großtechnischen Anlagen wird die Wirksamkeit der oxidativen Spurenstoffelimination mittels Ozon und mit unterschiedlicher (biologischer) Nachbehandlung untersucht.

Die Oxidation führt bei ökonomisch sinnvollen Betriebsbedingungen einer Ozonungsstufe in der Regel nicht zur vollständigen Mineralisierung der organischen Stoffe, sondern zu teiloxydierten Transformationsprodukten. Ob diese unter bestimmten Betriebsbedingungen gebildet werden und wenn ja, welche dieser Stoffe eine ökotoxikologische oder humantoxikologische Wirkung haben, wurde bisher nicht ausreichend untersucht.

Das ist Untersuchungsgegenstand im Teilprojekt 10 „Metabolitenbildung beim Einsatz von Ozon“ (Projektleitung: IWW Mülheim). Hier wird ihre Bildung beobachtet und die ökotoxikologische Bewertung der Transformationsprodukte der Abwässer aus den Ozonungsanlagen Schwerte, Bad Sassendorf und Duisburg-Vierlinden vorgenommen. Weitergehende toxikologische Untersuchungen umfassen ein breites Spektrum an in vitro und in vivo Tests mit aufkonzentrierten Proben und in Durchflusssystemen. Für die Analytik kommen dabei vor allem massenspektrometrische Verfahren zur Identifizierung, Strukturaufklärung und semiquantitativen Bestimmung von Abbauprodukten in toxikologisch auffälligen Fraktionen zum Einsatz. Daneben wird auch die Bildung toxischer Oxidationsnebenprodukte aus unproblematischen Vorläufern anhand des Bromat- und Nitrosamin-Bildungspotentials untersucht. Aus den genannten Untersuchungen sollen später geeignete Betriebsbedingungen für die Ozonungsstufe abgeleitet werden.

Das Teilprojekt 9 „Volkswirtschaftlicher Nutzen der Ertüchtigung kommunaler Kläranlagen zur Elimination von organischen Spurenstoffen, Arzneimitteln, Industriechemikalien, bakteriologisch relevanten Keimen und Viren“ (Projektleitung IUTA) befasst sich mit der Erstellung fundierter und vergleichbarer Kosten-Nutzen-Betrachtungen auf Basis von Betriebsdaten aus kommunalen wie industriellen Anlagen im halb- und großtechnischen Maßstab. Die Untersuchungen sind auf die Ermittlung des volkswirtschaftlichen Nutzens bei der Ertüchtigung kommunaler Kläranlagen zur Elimination von Spurenstoffen ausgerichtet und sollen, am konkreten Beispiel der Ruhr, eine belastbare Grundlage für wasserwirtschaftliche Entscheidungen zum vorsorgenden Gewässer- und Trinkwasserschutz in NRW schaffen. In die Nutzenbewertung sollen die positiven und negativen Auswirkungen von Reinigungsverfahren einbezogen werden, die sich ergeben, wenn entweder nur auf der

Optimierung etablierter oder der Entwicklung und Anwendung innovativer Verfahren aufgebaut wird.

Die Forschungsvorhaben 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 (TP 3 und 6)
+49 (0) 2065 418 157
boergers@iuta.de

Dipl.-Ing. Monika Vogt (TP 9)
+49 (0) 2065 418 175
vogt@iuta.de

Marco Zedda, M.Sc. (TP 10)
+49 (0) 2065 418 216
zedda@iuta.de

4.9.8 Dienstleistungen

Unter der Bezeichnung PharmaMonitor (www.pharma-monitor.de) laufen die sich ständig weiter entwickelnden Aktivitäten zur Messung von Zytostatika im Gesundheitsbereich und der Pharmaindustrie. Die Ende 2009 begonnene Kooperation mit der Fa. Berner International GmbH aus Elmshorn (www.berner-international.de) wurde von den Kunden gut angenommen.

Marketing und Vertrieb der entwickelten Zytostatika-Wischproben Sets erfolgt durch Berner International. Analytik der Proben und Beratung der Kunden zur Minderung von Kontaminationen liegen beim IUTA. Dazu zählen auch produktionsbegleitende Arbeitsplatzmessungen auf hoch wirksame Substanzen (Luftmessungen und Biomonitoring),

Methodenentwicklungen und Sonderuntersuchungen.

Das Jahr 2010 war geprägt von anhaltenden Diskussionen über Kontaminationen durch Zytostatika auf Außenflächen der Verpackungen und Vials. Durch Änderungen bei den Reinigungsprozeduren und Verpackungsprozessen konnte bei mehreren Kunden der Pharmaindustrie das Kontaminationsniveau signifikant gesenkt werden.

Hohe Standards bei Qualitätssicherung und Arbeitsschutzmaßnahmen wurden im Rahmen von externen Audits bestätigt. Auch der unter dem Titel Sonder-Länderübergreifender Ringversuch 03 "Arzneimittel in Rohwasser, 09/2010" durchgeführte Test wurde vom IUTA erfolgreich bestanden.

Die mittlerweile in vielen Forschungsprojekten erprobten Analyseverfahren zur Bestimmung von Arzneimitteln und Spurenstoffen in Wasserproben werden zunehmend auch im Rahmen von gewerblichen Aufträgen von nationalen und internationalen Kunden nachgefragt. Neben der Quantifizierung werden auch Screening-Analysen mittels GC-MS, LC-MS/MS, LC-MSⁿ sowie hochauflösender Massenspektrometrie (LC-HRMS) angeboten. Ein zusätzlich eingerichtetes S1 Labor erlaubt Arbeiten mit gentechnisch veränderten Organismen. Die Bestimmung der östrogenen Aktivität mittels A-YES-Assay wurde als neues Dienstleistungsangebot aufgenommen und von den ersten Industriekunden bereits angenommen. Des Weiteren sind jetzt auch mikrobiologische Untersuchungen möglich. Für toxikologische Untersuchungen wie z. B. für die Bestimmung von Zytotoxizität und Genotoxizität arbeitet der IUTA e. V. mit Kooperationspartnern zusammen.

Ansprechpartner:

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

4.10 Entsorgungszentrum

4.10.1 Zerlegebetrieb

Wie bereits in den vergangenen Jahren betreibt IUTA weiterhin, als praktische Ergänzung der Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten im Bereich des Elektro- und Elektronikschrottrecyclings, den nach 4.BImSchV genehmigten und nach EfbV zertifizierten Entsorgungsfachbetrieb. Dieser hat sich auf fachgerechte Behandlung von Massengütern aus diesem Bereich spezialisiert.

Die über 1.500 qm große Entsorgungsfläche konnte im Berichtsjahr mit den Mitteln der Konjunkturpaketes II saniert und modernisiert werden (Bild 4-84).



Bild 4-84: Die sanierte Zerlegehalle

Die Forschungstätigkeiten im Bereich Demontage, Feinzerlegung und Aufbereitung von Elektronikschrott werden zurzeit von 30 Mitarbeitern (Recyclinghelfer) unterstützt. Sie betätigen sich im Sinne der sog. Gemeinwohlarbeit (Arbeitsgelegenheiten gem. § 16d SGB II), die insbesondere für körperlich beeinträchtigte Personen angedacht ist. Die für diesen Arbeitsbereich erforderlichen Qualifizierungen (z. B. Gabelstaplerführerschein (FFZ)) werden nach wie vor im Rahmen intensiver Schulungen zu den verschiedenen Tätigkeits- und Themenbereichen erworben.

Die Qualifizierungs- und Ausbildungsmaßnahmen werden in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft Duisburg durchgeführt.



Werkstattjahr

Auch im Berichtsjahr 2010 ist IUTA Bildungsträger im Programm Werkstattjahr NRW, das von den Mitteln des Europäischen Sozialfonds (ESF) und des Landes Nordrhein-Westfalen finanziert wird. Die Lerninhalte lehnen sich an den Ausbildungsberuf „Fachkraft für Kreislauf- und Abfallwirtschaft“ an. Während der Teilnahme wird der berufliche Alltag vermittelt und werden die Teilnehmer in die fachgerechte Demontage unterschiedlicher Elektro- und Elektronikgeräte und die sachgerechte Fraktionierung der anfallenden Wertstoffe eingeführt. Die theoretischen Grundlagen zur Thematik werden in zahlreichen Unterrichtseinheiten vermittelt.

Das Werkstattjahr NRW wird mit Mitteln des Europäischen Sozialfonds (ESF) und des Landes Nordrhein-Westfalen finanziert.



EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Sozialfonds

Die Landesregierung
Nordrhein-Westfalen



Ansprechpartner:

Hans-Jürgen Prause
+49 (0) 2065 418 156
prause@iuta.de

Bettina Schiemann
+49 (0) 20 65 418 158
b.schiemann@iuta.de

4.10.2 „Girls’Day“ 2010

Der IUTA e. V. hat im Jahr 2010 wiederum an dem bundesweit durchgeführten Mädchen-zukunftstag „Girls’Day“ teilgenommen. Die Teilnehmerinnen hatten die Möglichkeit, Einblick in das Tätigkeitsfeld der Techniker- und Ingenieurinnen zu nehmen. Am 22.04.2010 fand der nunmehr zehnte Girls’Day für interessierte Mädchen statt. Das IUTA war damit eine von 25 Duisburger Institutionen und Unternehmen, die Ihre Türen für diese Aktion öffneten. Von 406 teilnehmenden Duisburger Schülerinnen haben 19 Mädchen der Jahrgangsstufe 9 vom Franz-Haniel-Gymnasium am „Praxisorientierten Workshop“ im IUTA teilgenommen.

In der mechanischen Werkstatt haben die Mädchen gelernt, sich selbst ein Souvenir zusammenzuschweißen. Besonderes Vergnügen bereitet vor dieser Tätigkeit das Anlegen des Sicherheits“outfits“ (Bild 4-85).



Bild 4-85: Sicherheit beim Schweißen

Im Entsorgungszentrum konnten die Mädchen das Innenleben eines Computers „erkunden“. Sie haben ausgediente PC’s unter Anleitung fachgerecht demontiert und deren Bestandteile zu erkennen, zu identifizieren und zu sortieren gelernt (Bild 4-86).

Im chemischen Lehlabor wurden Einblicke in die praktische Ausbildung in Chemieberufen gegeben. An einer Auswahl einfacher chemischer Nachweisreaktionen übten die Mädchen grundlegende analytische Methoden.



Bild 4-86: PC-Zerlegung

Im Technikum der Abteilung Wasser-Prozesstechnik wurden den Schülerinnen verschiedene Meerwasserentsalzungs-Technologien am Beispiel der installierten Anlagen erklärt. Mit Hilfe verschiedener Messverfahren haben sie anschließend die Effektivität einer Labor-entsalzungsanlage selbst testen können.



Bild 4-87: Messung des Salzgehalts

Ansprechpartner:

Bettina Schieman
+49 (0) 20 65 418 158
b.schiemann@iuta.de

4.10.3 Rückgewinnung von Indium, Gallium und Germanium aus Elektronikschrott

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt zielt auf die Rückgewinnung des seltenen Elementes Indium, das in Displays enthalten ist. Aus den Protokollen der Elektronikschrott-Zerlegung geht hervor, dass diese Fraktion etwa 7 % der bei der Demontage anfallenden Fraktionsmengen ausmacht. Bisher wird diese Fraktion mangels geeigneter Technologien nicht verwertet, obwohl sie das strategisch wichtige Element Indium enthält.

Im Vorfeld der Arbeiten sind zunächst einzelne LCD-Geräte komplett zerlegt und hinsichtlich ihrer schadstoffhaltigen und verwertbaren Bestandteile analysiert worden (Bild 4-88). Anschließend wurden eine systematische Untersuchung bezüglich des Geräteaufbaus und die Einteilung in die Kategorien Fernseher, Computermonitore und Laptops vorgenommen. Dieser Einteilung folgend sind

kategorie-spezifische wie auch kategorieübergreifende Merkmale herausgearbeitet worden.

Die Untersuchungsergebnisse bildeten die Basis für die Erstellung von gerätespezifischen Demontage-Arbeits-Anweisungen. Diese beschreiben nacheinander durchzuführende Demontageschritte unter besonderer Berücksichtigung gesundheits- und umweltgefährdender Aspekte. Es wurden über 2.500 Geräte demontiert und Daten für Mengen, Material und Geräte gesammelt. Daraus ist eine umfangreiche Datenbank entstanden, aus der zahlreiche Informationen bezüglich gerätespezifischer Eigenschaften generiert werden können.

Darüber hinaus sind die anfallenden Fraktionen hinsichtlich der Möglichkeiten zur Rückführung in den Stoffkreislauf untersucht worden (Bild 4-89). Die gezielte Demontage von Geräten ermöglicht es, bestimmte Fraktionsmengen in bereits etablierte Recyclingprozesse einzubringen.

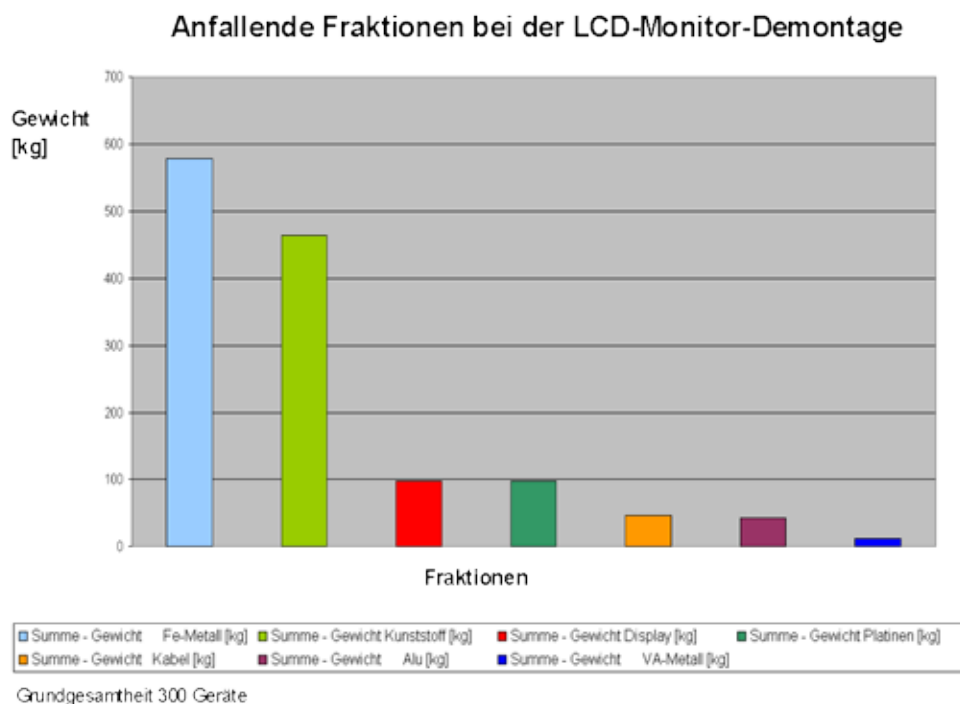


Bild 4-88: Anfallenden Fraktionsmengen nach Demontage von 300 Computermonitoren

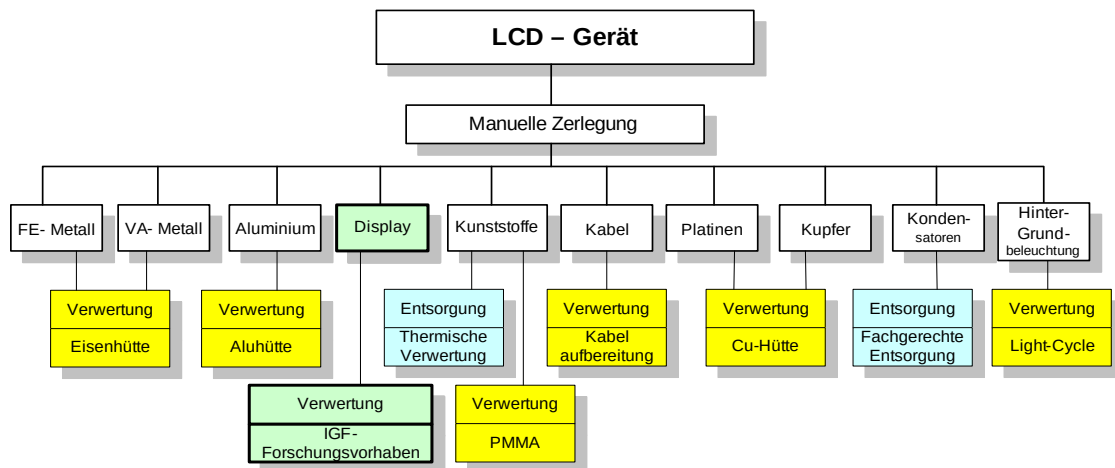


Bild 4-89: Verwertungsmöglichkeiten anfallender Fraktionen

Für die Displayfraktion wurden im Projektverlauf Möglichkeiten für funktional angepasste Verfahren entwickelt. Mit ihnen kann die Erfassung und Anreicherung des Indiums in der Zielfraktion auf das 1.000 fache gegenüber der Konzentration in natürlichen Vorkommen gesteigert werden.

Das Forschungsvorhaben 16040 N/2 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.-Ing. Jochen Schiemann
+49 (0) 2065 418 259
j.schiemann@iuta.de

4.10.4 Entwicklung einer Demontagewerkbank für die gefahrenminimierte Sekundärrohstoffgewinnung aus der Zerlegung von LCD-Bildschirmgeräten

Das 16-monatige Forschungs- und Entwicklungsvorhaben ist in einer Kooperation des Instituts für Energie- und Umwelttechnik e. V. (IUTA) mit dem mittelständischen Unternehmen UNTHA Recyclingtechnik GmbH bearbeitet worden. Im Fokus des Projekts stehen quecksilberhaltige LCD-Geräte, die der fachgerechten Entsorgung zugeführt werden. Aufgrund der in den Geräten enthaltenen Materialien und des Aufbaus der Geräte ist es zwingend erforderlich, angemessene Sicherheitsvorkehrungen zu treffen. Insbesondere die quecksilberhaltige Hintergrundbeleuchtung von LCD-Geräten der 1. Generation erfordert besondere Vorsicht beim Umgang mit den zu entsorgenden Altgeräten.

Die Notwendigkeit zur Durchführung der Projektarbeiten ergab sich für die Projektpartner aufgrund des Defizits zwischen geforderten gesetzlichen Anforderungen an die Betreiber von Zerlegebetrieben und den technischen Möglichkeiten, dem Demontagepersonal ausreichendem Schutz zu bieten.

Eine besondere Herausforderung stellt die unsystematisch auftretende Quecksilberfreisetzung beim Umgang mit den Geräten dar.

Erste Anforderungen an einen sachgerechten Umgang müssen bereits für die Sammlung und den Transport der Geräte gestellt werden. Die Kapillaren der Hintergrundbeleuchtung der Bildschirme, die das Quecksilber enthalten, haben einen Durchmesser von nur 2 bis 4 mm. Bedingt durch die Anordnung dieser Kapillaren in den Geräten können sie bei mechanischer Belastung sehr schnell zerbrechen, wobei das enthaltene Quecksilber oftmals freigesetzt wird. Die Sensibilisierung des Personals für dieses Problem und die Anleitung zum vorsichtigen Umgang ist eine grundlegende Voraussetzung für eine umweltneutrale Demontage.

Weil Bruch nicht ausgeschlossen werden kann, war es notwendig, eine Demontageeinrichtung zu entwickeln, die vor Quecksilberemissionen schützt. Sie verlangt eine mehr oder weniger geschlossene Einhausung der Arbeitsfläche und eine Absaugung. Die Aufbereitung der abgesaugten Luft erfordert eine quantitativen Abscheidung des Quecksilbers in einem geeigneten Filtermedium.

Die entsprechende Einrichtung muss in der Lage sein, Emissionen in einem weiten Konzentrationsbereich zu erfassen und auch spontane Freisetzungen zu beherrschen. Daneben muss die Einrichtung neben ergonomischen Gesichtspunkten alle allgemeinen gesetzlichen Anforderungen an einen Arbeitsplatz erfüllen und hier auch jene, die an einen Arbeitsplatz für den Umgang mit Quecksilber gestellt werden.

Die entwickelte Demontagesicherheitswerkbank mit dem integrierten Filtermedium erfüllt die gestellten Forderungen, wie die Praxisversuche bisher zeigen.

Das Projekt wurde unter dem Titel „Entwicklung einer Demontagesicherheitswerkbank für die Sekundärrohstoffgewinnung“ durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (Aktenzeichen AZ: 27103) gefördert.



Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Jochen Schiemann
+49 (0) 20 65 418 259
j.schiemann@iuta.de

4.10.5 Feldversuch an ausgewählten genehmigten Kühlgerätereyclinganlagen in Deutschland - Ermittlung der zurück gewonnenen FCKW/HFKW-Mengen

Der IUTA e. V. führt im Auftrag des ZVEI (Zentralverband Elektrotechnik und Elektronikindustrie e. V.) einen Feldversuch durch. Es soll ermittelt werden, welche Mengen an FCKW/HFKW beim Kühlgeräte-Recycling zurück gewonnen werden.

Fünf deutsche Recyclingunternehmen unterstützen diese Studie und stellen ihre Anlagen für die Untersuchungen zur Verfügung. Begleitend werden alle eingesetzten Anlagentechnologien sowie die relevanten technischen Anlagendaten erfasst und dokumentiert.

Die im Rahmen des Feldtests zu behandelnden Geräte werden in verplombtem Container von der ear (Stiftung elektro-altgeräte-register) bereit gestellt. Nach dem Ausladen der Container durch das örtliche Betriebspersonal werden alle Geräte vom IUTA erfasst, gekennzeichnet, fotografiert und in Kategorien eingeordnet: Fehlwürfe, beraubte Geräte, FCKW-freie und FCKW-haltige Geräte.

Bei den FCKW-haltigen Geräten werden die klassischen Bau- und Anwendungskategorien unterschieden. Die auf den Typenschildern angegebenen Kältemittelmengen werden erfasst und in Tabellen übernommen. Erst

dann durchlaufen die Geräte die üblichen Stufen der Behandlung.

Ziel der Untersuchungen ist eine möglichst umfassende und repräsentative Ermittlung von Daten über die aktuell zu entsorgenden Kühlgeräte, die angewendete Entsorgungstechnik und den Stand der FCKW/HFKW Rückgewinnung.

Gewerbliche Begutachtung von Kühlgeräteeentsorgungsanlagen

Die gutachterlichen Tätigkeiten des IUTA e. V. für die Kältegeräte-Entsorgungsindustrie umfassen neben Überprüfungen im Sinne der TA Luft gemäß Ziffer 5.4.8.10.3 / 5.4.8.11.3 auch ganzheitliche Begutachtungen und Beurteilungen. Hierzu kann auf eine umfangreiche Labor- und Technikausstattung wie zum Beispiel alle relevanten mobilen quantitativ arbeitenden FCKW- und Pentan-Messgeräte sowie geeignete Lecksuchgeräte zurück gegriffen werden. Der IUTA e. V. ist derzeit einziges behördlich zugelassenes Unternehmen in NRW, Hessen und Sachsen.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Jochen Schiemann
+49 (0) 20 65 418 259
j.schiemann@iuta.de

Dipl.-Ing. Franziska Blauth
+49 (0) 20 65 418 217
blauth@iuta.de

4.11 Wasser-Prozess-Technik



Bild 4-90: Technikumsanlagen der Wasser-Prozess-Technik bei IUTA

Im 2010 neu gegründeten IUTA-Bereich Wasser-Prozess-Technik werden Forschungsprojekte zur Nutzwasseraufbereitung sowie zur Abwasser- und Prozesswasserbehandlung bearbeitet.

Hervor gegangen ist dieser Bereich aus dem Center for Desalination (Ce-Des).

Am Standort des IUTA in Duisburg-Rheinhausen ist ein modernes Technikum zur Wasseraufbereitung entstanden, das sich durch in modularer Bauweise gefertigte Anlagen auszeichnet, die mit ihrer Ausstattung an Mess- und Regeltechnik besonders auf die Ausführung von F&E-Vorhaben ausgerichtet sind (Bild 4-90).

So sind z. B. Module zur Nanofiltration und Umkehrosmose (Bild 4-91) im Druckbereich von 20 bis 80 bar, Dosierstationen in verschiedenen Größenordnungen sowie Mikro- und Ultrafiltration (als Vorbehandlungs- oder Einzelmodul) vorhanden. An diesen Anlagen können u. a. Fragestellungen zur Reduzierung von Belagbildung, zum Einsatz neuartiger Werkstoffe und Membranen und zu Optimierungen im Betriebsablauf bearbeitet werden.

Im Bereich der thermischen Anlagenkonzepte verfügt das Technikum über eine Mehrfacheffekt-Verdampferanlage (MED) und eine

Vakuumdestillation, die eine Stufe einer mehrstufigen Entspannungsverdampfung (MSF) darstellt.

Die MED ist mit einer Destillatproduktion von bis zu 30 m³/Tag so ausgelegt, dass sie eine Skalierung für industrielle Maßstäbe ermöglicht. Eine Besonderheit dieser Anlage sind austauschbare Verdampferrohre. Damit können alternative Werkstoffe und Beschichtungen untersucht werden, um die zurzeit verwendeten (teuren) metallischen Werkstoffe, die zudem anfällig gegenüber Belagbildung sind, zu ersetzen.

Zukünftige Projekte orientieren sich vor allem an der zunehmenden Nachfrage nach der Substitution konventioneller Energieträger durch regenerative Energiequellen. Ein Problem bei der Nutzung von Solarthermie oder Windenergie zur Meerwasserentsalzung sind die starken zeitlichen Schwankungen, die zudem abhängig von der geographischen Lage sind.



Bild 4-91: Hochdruck-Umkehrosmose-Anlagen

Deshalb ist es besonders wichtig, die aus den jeweiligen Standorten und Anwendungen resultierenden Schwankungen in der Energiebereitstellung zu untersuchen und durch steuer- und regeltechnische Konzepte sowie durch Zusatzkomponenten zur Energiespeicherung auszugleichen.

Zusätzlich zu diesen konventionellen Entsalzungsmethoden werden alternative Technologien, beispielsweise das Ausfrieren von Meerwasser, untersucht.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Jochen Schiemann
+49 (0) 20 65 418 259
j.schiemann@iuta.de

Dipl.-Ing. Franziska Blauth
+49 (0) 20 65 418 217
blauth@iuta.de

4.12 Industrielle Gemeinschaftsforschung

Durch die Verschmelzung des Vereins zur Förderung der Energie- und Umwelttechnik e. V. (VEU) auf das Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V. (IUTA) ist der IUTA e. V. als Rechtsnachfolger in alle Rechte und Pflichten des ehemaligen VEU eingetreten. Der IUTA e. V. ist damit seit 2010 Mitglied der AiF und übernimmt die Aufgaben des ehemaligen VEU innerhalb des AiF-Netzwerkes aus über 100 Mitgliedsvereinigungen. Organisatorisch ist hierzu ein neuer Bereich „Industrielle Gemeinschaftsforschung“ im IUTA gegründet worden.

Der IUTA e. V. vertritt als Forschungsvereinigung „Umwelttechnik“ innerhalb der AiF den Bereich Energie- und Umwelttechnik. In dieser Funktion

- ist der IUTA e. V. Teil des industriegetragenen Innovationsnetzwerks der AiF,
- unterstützt und initiiert er angewandte Forschung zugunsten mittelständischer Unternehmen,
- trägt er im Rahmen der industriellen Gemeinschaftsforschung durch vorwettbewerbliche Forschung auf dem Gebiet der Energie- und Umwelttechnik zur Steigerung der Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen - überwiegend kmU - bei,
- stellt er eine Dialogplattform zur Verknüpfung von Wirtschaft, Wissenschaft und staatlicher Förderung bereit,
- bietet er mit kompetenten Forschungsstellen als Partner Hilfe für Unternehmen, um technologische Herausforderungen anzunehmen,
- berät er Industrievertreter des Fachbereichs Energie- und Umwelttechnik im Rahmen der Formulierung von Entwicklungsbedarfen und der Zusammenführung mit kompetenten Partnern aus Wissenschaft und Forschung,

- gestaltet er die Zusammenarbeit mit Forschungsvereinigungen aus anderen Fachbereichen/Branchen zur Nutzung von komplementären Kompetenzen und
- trägt er mit seinen FuE-Partnern durch eine Vielzahl zielgerichteter Maßnahmen (Veröffentlichungen, Seminare, Lehre, ...) zum Transfer der Ergebnisse der „Industriellen Gemeinschaftsforschung“ in die mittelständische Wirtschaft bei.

Arbeitsweise des Bereichs und Aufgaben der Forschungsvereinigung „Umwelttechnik“

Zusätzlich zu den genannten Tätigkeiten gehört zu den Aufgaben des Bereichs auch die Repräsentation des IUTA innerhalb und außerhalb der Dachorganisation "AiF".

Mitarbeiter des Bereichs IGF im IUTA sind durch Mitwirkung in „Projektbegleitenden Ausschüssen (PA)“ direkt in die Forschung der einzelnen Projekte mit eingebunden.

Diese Ausschüsse tagen in der Regel 1-2 x pro Jahr. Den Mitgliedern der Projektbegleitenden Ausschüsse obliegt nicht nur eine inhaltliche Begleitung der einzelnen Forschungsvorhaben, sondern auch eine gewisse Steuerungsfunktion, da die FuE-Ergebnisse im Rahmen dieser Sitzung an den für die Praxis relevanten Bedürfnissen, vorgetragen durch die Mitglieder des PA, gespiegelt werden. Das Protokoll sowie die vorgetragenen Ergebnisse der Forschungsprojekte, z. B. an Hand von Präsentations-Folien, werden von der Mitgliedsvereinigung direkt ins Internet gestellt und somit der interessierten Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Das Institut für Energie- und Umwelttechnik organisiert über die Projektbegleitenden Ausschüsse hinaus auch Anwenderforen, die für das interessierte Fachpublikum offen stehen. Die Teilnahme ist kostenlos. Diese Anwender-

foren - z. B. ZBT - Brennstoffzellenallianz - haben den Zweck, die Ergebnisse der industriellen Gemeinschaftsforschung sowohl den potenziellen Nutzern als auch der Allgemeinheit ebenfalls kostenlos zur Verfügung zu stellen.

Evaluation von Vorhaben der Industriellen Gemeinschaftsforschung

Im Wissenschaftlichen Beirat des IUTA, dem die Evaluation bzw. die Begutachtung der dem IUTA zur Förderung durch das BMWi vorgelegten AiF/IGF-Vorhaben obliegt, sind rd. 55 ehrenamtliche Gutachter aus Wirtschaft und Wissenschaft tätig. Diese Evaluation wird an Hand des zwischen dem BMWi und der AiF abgestimmten Kriterienkatalogs, der auch bei den Beiratsmitgliedern des IUTA zur Anwendung kommt, vorgenommen. Die Begutachtung im Rahmen der Sitzungen des Wissenschaftlichen Beirats erfolgt durch einen mündlichen Vortrag und eine offene Disputation des Vorhabens. Für jeden Antrag wird ein Gutachten erstellt. Pro Sitzung werden etwa 15 - 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 Ergänzung und Überarbeitung des vorgelegten Antrags gegeben. Aus dem Kreis des Beirats übernimmt bzw. übernehmen zur Überarbeitung ein oder mehrere Mitglied(er) zudem eine aktive Patenfunktion. Im Rahmen des Programms Zukunftstechnologien „ZUTECH“ kommt der Forschungsvereinigung IUTA noch eine besondere Aufgabe als Netzwerkbildner zu, da mehrere Forschungsstellen und auch Forschungsvereinigungen der AiF einzubeziehen sind.

Die durchschnittliche Erfolgsquote der Forschungsvereinigung „Umwelttechnik“ bezüglich des Ergebnisses zwischen vorgelegten

und geförderten Anträgen liegt i. d. R. zwischen 40 - 50 %.

Forschungstransfer

Alle Forschungsprojekte und -ergebnisse werden vollständig, ohne Gebühren und somit frei zugänglich ins Internet gestellt und können von der Homepage des IUTA heruntergeladen werden.



Ansprechpartner:

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

Dipl.-Volksw. Günter Schöppe
+49 (0) 2065 418 208
schoeppe@iuta.de

Dr.-Ing. Gerd Brosig
+49 (0) 2065 418 333
brosig@iuta.de

5 Anhang

5.1 Vorträge 2010

Anger, S., Makhynya, Y., Peil, S., Trimis, D., Haep, S.:

Auslegung eines Mehrstoffbrenners für die Umsetzung von Abfällen der Biodieselproduktion mit überkritischem Wasser

Jahrestreffen der Fachausschüsse „Abfallbehandlung und Wertstoffrückgewinnung“ und „Hochtemperatur-Technik“, Magdeburg, 17.-19.02.2010

Asbach, C., Nickel, C., Kaminski, H., Fissan, H., Kuhlbusch, T.A.J.:

Bestimmung der persönlichen internen Dosis inhalierter Nanopartikel

ProcessNet Fachausschuss Partikelmess-technik, Karlsruhe, 09.03.2010

Asbach, C., Kuhlbusch, T.A.J.:

Stäube/Feinstäube – Expositionsbestimmung, -erfassung und -beurteilung

51. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie, Hannover, 19.03. 2010

Asbach, C.:

Umweltauswirkungen von Nanotechnologien

Umweltrefresher der Deutschen Gesellschaft für Qualität, Pforzheim, 21.06.2010

Asbach, C., Kuhlbusch, T.A.J.:

Aerosol Measurement in the Workplace - Tutorial

Aerosols in Workplaces, Karlsruhe, 28.06.2010

Asbach, C., Fissan, H., Stahlmecke, B., Kaminski, H., Pui, D.Y.H., Kuhlbusch, T.A.J.:

Development and Evaluation of a pre-separator for nanoparticle measurement devices

IAC 2010, Helsinki, Finnland, 29.8.-03.9.2010

Asbach, C.:

Electrostatic sampling of nanoparticles

NanoImpactNet Workshop on Exposure, Dublin, Irland, 09.09.2010

Azong-Wara, N., Asbach, C., Stahlmecke, B., Kaminski, H., Fissan, H., Plitzko, S., Kuhlbusch, T.A.J.:

Experimentelle Evaluierung eines personenungebundenen Thermalpräzipitators (TP) für Nanopartikel

CeNIDE Vollversammlung, Duisburg, 10.11.2010

Bettermann, I., Vogt, M., Goldschmidt, R., Bathen, D., Rösler, H.-W.:

Flue Gas Decarbonisation via Membrane Contactors and Structured Packings - A comparison

Aachener Membrankolloquium, 27./28.10.2010

Birmili, W., Weinhold, K., Nordmann, S., Wiedensohler, A., Spindler, G., Müller, K., Herrmann, H., Gnauk, T., Pitz, M., Cyrus, J., Flentje, H., Nickel, C., Kuhlbusch, T.A.J., Löschau, G., Meinhardt, F., Schwerin, A., Ries, L., Gerwig, H., Wirtz, K.:

Continuous aerosol observations in the German Ultrafine Aerosol Network (GUAN)

IAC 2010, Helsinki, Finland, 29.8.-03.9.2010

Bittig, M., Bathen, D., Pieper, B.:

Grundlagen der nassen Quecksilberabscheidung

VDI Wissensforum „Messung und Minderung von Quecksilberemissionen“, Düsseldorf, 28./29.04.2010

Bittig, M., Bathen, D., Pieper, B.:

Quecksilber in der Abgaswäsche: Alles klar?

VDI-Tagung „Emissionsminderung“, Nürnberg, 09.06.2010

Bittig, M., Bathen, D.:

Grundlagen der nassen Quecksilber-Abscheidung - Vertiefende Betrachtungen zum Einfluss unterschiedlicher Liganden
VDI-Wissensforum „Messung und Minderung von Quecksilber-Emissionen“, Mannheim, 29.09.2010

Brand, P., Gube, M., Gerards, K., Bertram, J., Kaminski, H., John, A., Kuhlbusch, T.A.J., Wiemann, M., Eisenbeis, C., Winkler, R., Kraus, T.:

Innere Exposition, biochemische Effekte und Lungenfunktion bei Schweißern nach Kurzzeit-Exposition mit Schweißrauch von verschiedenen Schweißverfahren und Verfahrensvarianten

Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e. V., 50. Wissenschaftliche Jahrestagung, Dortmund, 16.-19.06.2010

Dannehl, M., Stenger, F., Mertier, M., Sachweh, B., Goertz, V., Nirschl, H., Wang, J., Pui, D., Fissan, H.:

Online Characterisation of Nanoparticle Morphology tailored by Gas-dynamically Induced Particle Synthesis

IAC 2010, Helsinki, Finland, 29.8. - 03.9.2010

Finger, H., Haep, St.:

Emissionsminderung im Kfz-Innenraum mittels funktioneller Textilien

12. Workshop "Geruch und Emissionen bei Kunststoffen", Institut für Werkstofftechnik, Kunststoff- und Recyclingtechnik, Universität Kassel, 16.03.2010

Fissan, H.:

Umgang mit möglichen CNT - Expositionen
Inno.CNT Jahreskongress 2010, Marl, 20.01.2010

Fissan, H.:

Advanced Instrumentation for Nanoparticle Exposure and Dose Determination for Risk Assessment
Seminar „Particle Technology Laboratory“, Institute of Process Engineering, ETH Zürich, 11.02.2010

Fissan, H.:

Advanced Instrumentation for Nanoparticle Exposure and Dose Determination for Risk Assessment

University of Bremen, Bremen, 03.05.2010

Fissan, H.:

Nanotechnologie - Chancen und Risiken

CV Kempen, Kempen, 04.05.2010

Fissan, H.:

From Mechanical to Functional Filtration

Nonwoven Institute, NCSU, Raleigh, USA, 27.05.2010

Fissan, H.:

From Mechanical to Functional Filtration

UM Minneapolis, USA, 01.06.2010

Fissan, H., Stahlmecke, B., Asbach, C., Kuhlbusch, T.A.J., Wegner, K.:

Possible Nanoparticle Release from Liquid and Solid Materials into Environment

IAC 2010, Helsinki, Finland, 29.8.-03.9.2010

Fissan, H.:

Expositionsforschung für einen sicheren und verantwortungsvollen Umgang mit Nanomaterialien

3. NRW Nanokonferenz, Dortmund, 09.09.2010

Fissan, H., Haep, St., Mölter-Siemens, W.:

Towards Functionalized Filter Media

CFR-Meeting, Minneapolis, USA, 22.10.2010

Fissan, H., Stahlmecke, B., Asbach, C., Kuhlbusch, T.A.J., Wegner, K.:

Towards Standard Nanoparticle-Release Control Processes Representing Handling of Nanoparticle Containing Liquid and Solid Materials

AAAR Conference, Portland, USA, 29.10.2010

Fissan, H.:

Universal Electrical Sensor for Nanoparticle Concentration Measurements in Gases

UDE – Science Talk, Duisburg, 16.12.2010

Fissan, H., Stahlmecke, B., Asbach, C., Kaminski, H., Kuhlbusch, T.A.J., Wang, J., Liu, Z., Pui, D.:

Advanced Instrumentation for Nanoparticle Exposure and Dose Determination for Risk Assessment

VTT, Espoo, Finnland,
14.12.2010

Gräf, T., Pasel, C., Bathen, D.:

Zur Adsorption von Phenolderivaten aus organischen Lösungsmitteln mit Aktivkohlen

ProcessNet-Jahrestagung, Aachen,
23.9.2010

Haep, St.:

Erfahrungen als EU-Evaluator FP 6 / FP 7

Nationaler Informationstag FP 7 Energy Call 2011, Universitätsclub Bonn,
09.09.2010

Hellack, B., Sugiri, D., Quass, U., Albrecht, C., Schins, R.P.F., Krämer, U., Kuhlbusch, T.A.J.:

ROS generation by PM 2.5 at several locations within the area of Duisburg-Wesel, North-Rhine-Westfalia, (Germany)

IAC 2010, Helsinki, Finnland,
29.8.-03.9.2010

Hellack, B., Stahlmecke, B., Albrecht, C., Schins, R.P.F., Kuhlbusch, T.A.J.:

Intrinsisches ROS Bildungs- und Scavengingpotential verschiedener Kohlenstoffnanoröhren (CNTs)

Doktorandenkolloquium, Universitätsklinikum Essen,
19.11.2010

Helmich, M., Luckas, M., Pasel, C., Bathen, D.:

Characterisation of porosity of activated carbons and zeolites by gas adsorption and HG posimetry
XV. Workshop über die Charakterisierung von feinteiligen und porösen Festkörpern, Bad Soden,
17.11.2010

Herbst, H., Ante, S., Seidel, U., Türk, J., Börgers, A., Remmler, F., Sayder, B.:

Indirekteinleiter Krankenhaus - Bestandsaufnahme NRW

BEW, Duisburg, 25.11.2010

Huelser, T., Schierner, G., Schmechel, R., Schulz, C., Wiggers, H.:

Synthesis of Nano-sized Silicon Particles for Use as Ecological Thermoelectric Material

Materials Research Society Spring Meeting 2010, San Francisco USA,
05.04.-09.04.2010

Huelser, T., Rier, C., Schnurre, S. M., Jaeger, D., Schulz, C., Wiggers, H.:

Gas Phase Synthesis of Highly Specific Silicon Nanoparticles on the Pilot Plant Scale for Optoelectronic Applications

Materials Research Society Spring Meeting 2010, San Francisco, USA,
05.04.-09.04.2010

Huelser, T.P., Schnurre, S.M., Wiggers, H., Schulz, C.:

Gas-phase synthesis of highly-specific nanoparticles on the pilot-plant scale

World Congress on Particle Technology (WCPT6), Nürnberg,
26.04.-29.04.2010

Huelser, T.P., Schulz, C., Wiggers, H.:

Gas-phase synthesis of highly-specific nanoparticles on the pilot-plant scale

Nanotech 2010, Anaheim, USA,
21.06.-24.06.2010

Huelser, T.P.:

Highly Specific Nanoparticles for Energy Applications

NovaChemicals Research Center, Calgary CA
28.06.2010

Huelser, T., Spree, M., Schnurre S.M., Wiggers, H., Schulz, C.:

Gas-phase synthesis of Si nanoparticles on the pilot-plant scale

ProcessNet-Jahrestagung 2010, Aachen,
21.09.-23.09.2010

Huelser, T., Spree, M., Wiggers, H., Schulz, C.:

Gas Phase Synthesis of High-purity Silicon Nanoparticles on Pilot Plant Scale.

Materials Research Society Fall Meeting 2010, Boston, USA,
29.11.-03.12.2010

Huelser, T., Asbach C., Fissan, H., Kaminski, H., Kuhlbusch, T.A., Pui, D.Y., Wang, J.:
Assessment of Exposure to Engineered Silicon Nanoparticles in a Pilot Plant
Materials Research Society Fall Meeting
2010, Boston, USA,
29.11.-03.12.2010

Jacobi, S., Kaminski, H., Bruns, K., Kuhlbusch, T.A.J.:
Neue normkonforme PM₁₀-/PM_{2,5}-Messtechnik aktuelle Hinweise aus der Praxis und Weiterentwicklung
KRdL-Expertenforum, Bonn,
02.12.2010

Kuhlbusch, T.A.J.:
Sustainable Nanotechnology - Nanoparticle exposure
Professional Training on Nanoparticle Synthesis, CeNIDE, IUTA, Duisburg,
01.03.2010

Kuhlbusch, T.A.J.:
Airborne Nanoparticles: Measurement Techniques, Characterization and Exposure
EMPA, St. Gallen, Schweiz,
14.04.2010

Kuhlbusch, T.A.J.:
Exposure scenarios and exposure monitoring
Workshop "Innovation by nanotechnology and nanomaterials - current aspects of safety assessment and regulation", Dresden,
22.04.2010

Kuhlbusch, T.A.J.:
ENP Characterization in View of Health Studies
Co-Nanomet, Nürnberg,
28./29.04.2010

Kuhlbusch, T.A.J., Nickel, C., Kaminski, H., Weber, S.:
Räumliche und zeitliche Variabilität von ultrafeinen Partikeln im Ruhrgebiet
Messtechnisches Kolloquium 2010, Eisenach,
10. – 12.05.2010

Kuhlbusch, T.A.J.:
Nachhaltige Nanotechnologie: Nanomaterialien und Exposition
Connexion, Köln,
20.5.2010

Kuhlbusch, T.A.J., Hellack, B.:
Nanomaterial Exposure Measurements and Monitoring for Risk Assessment
Nanotoxicology 2010, Edinburgh, GB,
03.06.2010

Kuhlbusch, T.A.J.:
Partikel in urbanen Gebieten
Seminarvortrag IMK, Karlsruhe,
06.06.2010

Kuhlbusch, T.A.J., Asbach, C., Fissan, H., Kaminski, H.:
Particle Surface Area Concentrations and Number Size Distributions in View of Exposure Assessment
IAC 2010, Helsinki, Finnland,
29.8.-03.9.2010

Kuhlbusch, T.A.J., Weber, St., Nickel, C., Kaminski, H.:
Particle Size Dependent Variability and Spatial Representativity of Traffic Site Measurements for Exposure Assessments
IAC 2010, Helsinki, Finnland,
29.8.-03.9.2010

Kuhlbusch, T.A.J.:
Test procedures and models related to nanomaterial exposure
2nd Nanosafety Autumn School, Venedig, Italien,
04.-08.10.2010

Kuhlbusch, T.A.J., Weber, St., Nickel, C., Asbach, C., Kaminski, H.:
Ultrafeine Partikel im Ruhrgebiet, Zeitliche und räumliche Varianz
Nanosymposium Nanopartikel in der Atmosphäre, Berlin,
15.09.2010

Kuhlbusch, T.A.J., Nickel, C., Stintz, M., Schiwy, A., Maes, H., Erdinger, L., Gartiser, S.:
Umweltrisiken von Nanomaterialien: Untersuchung des Verhaltens ausgewählter Nanomaterialien unter Umweltbedingungen in Abhängigkeit von Form, Größe und Oberflächengestaltung
UFOPlan - Treffen, Heidelberg,
28.06.2010

Kuhlbusch, T.A.J.:

Wer oder was verursacht die Feinstäube in unserer Umwelt?

670. DECHEMA-Kolloquium "Feinstäube: Erkenntnisse, Maßnahmen und Bewertungen", Frankfurt a.M., 27.10.2010

Kuhlbusch, T.A.J., Asbach, C., Fissan, H., Kaminski, H.:

Atmospheric particle surface area concentration and number size distribution measurements

AAAR Conference, Portland, USA, 26.10.2010

Kuhlbusch, T.A.J.:

Gesundheit, Umwelt, Sicherheit und Nachhaltigkeit beim Einsatz von Nanomaterialien

BMBF Strategie-Treffen, Themen des 8. FRP, Frankfurt, 09.11.2010

Kuhlbusch, T.A.J., Asbach, C., Fissan, H., Kaminski, H.:

Atmospheric Particle Surface Area Concentration and Number Size Distribution Measurements

AAAR Conference, Portland, USA, 28.10.2010

Kuhlbusch, T.A.J.:

Release of and Exposure to Nanoobjects

CeNIDE Science Talk, Essen, 18.11.2010

Kuhlbusch, T.A.J., John, A.:

EC/OC/Black-Smoke-Messungen in Europa - Neue europäische Standardisierung

KRdL-Expertenforum, Bonn, 02.12.2010

Kuhlbusch, T.A.J.:

AirMonTech 2010 - 2013

AAMG-RSC and AirMonTech Conference, London, 14.12.2010

Kuhlbusch, T.A.J., Asbach, C., Kaminski, H.:

Particle Surface Area Measurements - Are Current Techniques Applicable?

AAMG-RSC and AirMonTech Conference, London, 14./15.12.2010

Kuhlbusch, T.A.J.:

Umweltauswirkungen von Nanotechnologien

Deutsche Qualitätssicherung, Köln, 18.12.2010

Kuhlbusch, T.A.J.:

ENP Characterization in View of Health Studies - The NanoCare Project

Workshop: "Metrology for Nanoparticle Characterisation", Co-Nanomet, 28-29 April 2010, Nürnberg, 2010

Mölter-Siemens, W., Lauber, G., Bieliaieva, A., Lindermann, J., Haep, S.:

Filtrationseigenschaften von Filtermedien für die Druckluftfiltration

Palas® Seminar 2010, Karlsruhe, 2010

Nickel, C., Kaminski, H., Weber, St., Kuhlbusch, T.A.J.:

Räumliche und zeitliche Variabilität von ultrafeinen Partikeln im Ruhrgebiet

LANUV NRW, Essen, 10.02.2010

Nickel, C., Kuhlbusch, T.A.J.:

Suspensionsherstellung von Nanomaterialien

Erfahrungsaustausch Suspensionserstellung, UBA, Dessau, 09.09.2010

Nickel, C., Kuhlbusch, T.A.J., Hellack, B., Stintz, M., Gabsch, S., Schiwy, A., Maes, H., Erdinger, L., Gartiser, S.:

Fate and behavior of TiO₂ nanomaterials in the environment, influenced by their shape, size and surface area

Workshop Maurach "Nanoparticles and Nanomaterials in Aquatic Systems", Maurach, 29.9.-01.10.2010

Peil, S.:

Kopplung eines HT-PEM-Brennstoffzellenstacks mit einer Absorptionskälteanlage: Erzeugung von Strom, Wärme und Kälte

VIK-Arbeitskreis „Energietechnische Zukunftskonzepte“, IUTA, Duisburg, 25.2.2010

Quass, U.:

Workshop and Conference "Current and future Air Quality Monitoring" Day 2

AAMG-RSC and AirMonTech Conference,
London, GB,
14./15.12.2010

Richard, J., Boergers, A., Tuerk, J., Bester, K.,
Dopp, E.:

**Genotoxic properties of water
contaminants before and after oxidative
waste water treatment**

3rd International Symposium Genotoxicity in
aquatic systems: Causes, effects and future
needs, Freiburg,
22.09.-24.09.2010

Richard, J., Börgers, A., vom Eyser, C., Bes-
ter, K., Türk, J., Dopp E.:

**Assessment of genotoxicity and estrogen-
like activity in ozone treated waste water**

BioDetectors 2010, Amsterdam, Niederlande,
14./15.10.2010

Schierning, G., Stein, N., Claudio, T., Her-
mann, R., Petermann, N., Wiggers, H., Huel-
ser, T., Theissmann, R., Schmechel, R.:

**Influence of Spark Plasma Sintering
Parameters on the Thermoelectric
Performance of Nanocrystalline Silicon**

Materials Research Society Spring Meeting
2010, San Francisco, USA,
05.04.-09.04.2010

Schiemann, J.:

**Entwicklung einer Demontage-Sicherheits-
werkbank für die Sekundärrohstoffgewin-
nung aus LCD-Geräten und metallurgische
Rückgewinnung von Indium, Gallium und
Germanium aus Elektronikschrott und
Entwicklung von Aufarbeitungsmethoden
für die Verwertungsindustrie**

Fachtagung Elektronikschrottreycling der RP
eG, Bremen,
16./17.09.2010

Schiemann, J.:

**Vergleich verschiedener Überprüfungs-
möglichkeiten hinsichtlich der FCKW-
Rückgewinnung aus Kühlgeräten und
deren Aussagekraft**

bvse-Branchenforum Schrott, E-Schrott: Zu-
kunftsmärkte entdecken und Rohstoffquellen
nutzen, Berlin
28./29.10.2010

Schiemann, J., Walter, E.

Recyclingmethoden der LCD-Bildschirme

RPG-Tage Bremen,
16./17.09.2010

Schmidt, K.G.

**From Research to Application, Clean Air
and Harmful Contamination**

Energy Seminar, Civil&Environmental Engi-
neering Departement, Stanford University,
CA/USA,
4.5.2010

Türk, J.:

**Effektive Reinigung und Desinfektion in
der Zytostatika - Herstellung**

Berner Praxisseminar „Sicherheitstraining für
Zytostatika“, Hamburg, 26./27.02.2010,
11./12.06.2010 und 12./13.11.2010

Türk, J.:

**Effektive Reinigung und Desinfektion in
der Zytostatika - Herstellung**

MundiCampus „Sicherheitstraining Zytostati-
ka“, Hamburg,
04./05.11.2010

Tuerk, J., Boergers, A., Richard, J., Dopp, E.,
Wolff, M., Janzen, N., Tavian, M., Chen, X.,
Bester, K.:

**Chemical and toxicological identification
of by-products during oxidative waste
water treatment**

Ozone & Related Oxidants: Solutions for
Emerging Pollutants of Concern to the Water
and the Environment. IOA-E3G International
Conference, - Geneva, Schweiz,
April 28 - 30, 2010

Tuerk, J.:

**Occurrence and Elimination of Cytostatic
Drug Contaminations in Pharmacies**

Pharmacist Meeting of the Rijnmond Inkoop
Group, Albert Schweitzer Hospital,
Dordrecht, Niederlande,
14.09.2010

Türk, J.:

**Abwasserreinigung - Elimination von
Spurenstoffen aus Abwässern**

MHUT – Mülheimer Unternehmer Treff,
08.06.2010

Türk, J., Schwesig, D., Rübel, A., Schmidt, T.C.:

Monitoring von zytostatisch wirksamen Platin-Komplexen im klinischen Umfeld und der Pharmaindustrie

Edelmetallforum, Essen,
16./17.06.2010

Türk, J.:

Auftreten und Beseitigung von Zytostatika-Kontaminationen auf Flächen und Vials

IUTA - Fortbildungsveranstaltung: Sicherer Umgang mit Zytostatika - Vermeidung und Verminderung möglicher Kontaminationen, Dresden,
24./25.09.2010

Türk, J., Teutenberg, T.:

Nachweis von Spurenstoffen und Transformationsprodukten mittels Massenspektrometrie – Welche Rolle spielt die Chromatografie?

Langenauer Wasserforum 2010, Langenau,
08./09.11.2010

Urbanczyk, R., Bathen, D., Peil, S., Hauschild, K., Felderhoff, M., Burfeind, J., Heßke, C.:

Entwicklung eines thermisch gekoppelten Systems aus einem Natrium-Alanat-Wasserstoff-Speicher und einer HT-PEM-Brennstoffzelle

ProcessNet-Jahrestagung, Aachen,
22.9.2010

Vogt, M.:

Membrankontakoren zur Abscheidung von CO₂ aus Kraftwerksrauchgasen

Vortrag anlässlich der 10 Jahresfeier der Deutschen Gesellschaft für Membrantechnik IFAT, München,
15.09.2010

Wang, J., Asbach, C., Huelser, T., Fissan, H., Kaminski, H., Kuhlbusch, T.A.J., Pui, D.Y.H.:

Exposure Measurement during the Production of Silicon Nanoparticles in a Pilot Scale Facility

IAC 2010, Helsinki, Finland
29.8.-03.9.2010

Wang, J., Pui, D.Y.H., Haep, St., Fissan, H.:

Data Analysis of Agglomerate Filtration Measurements for Polydisperse Diesel Challenging Aerosols

CFR-Meeting, Minneapolis, USA,
22.10.2010

Wego, A., Bahnert, Th., Schollmeyer, E., Guldi, D. M., Sgobba, V., Jux, N., Peil, S., Moldenhauer, G.:

Photovoltaic Fibers and Textiles due to Functionalisation with Water-soluble Porphyrines and Carbon Nano Tubes

5th International Textile Clothing & Design Conference (ITC&DC 2010), Dubrovnik, Kroatien,
05.10.2010

Wevers, C.; Franke, J.; Höffer, R. Hugo, A.:

Numerical modelling of pollution dispersion from a partly open industrial hall using a Lagrangian particle tracking method

The Fifth International Symposium on Computational Wind Engineering (CWE2010), Chapel Hill, North Carolina, USA,
23.-27.05.2010

Wiese, S.:

Method development in liquid chromatography using temperature gradients

20. Doktorandenseminars des AK Separation Science in Hohenroda,
11.01.2010

Wiese, S.:

Method development in liquid chromatography using temperature gradients

28 International Symposium on Chromatography (ISC2010), Valencia, Spanien,
13.09.2010

Wiese, S.:

Method development in liquid chromatography using temperature gradients

ProcessNet-Jahrestagung 2010, Aachen,
23.09.2010

Wiese, S., Teutenberg, T. Bathen, D.:

Methodenentwicklung in der Flüssig-Chromatografie unter Verwendung von Temperaturgradienten

ProcessNet-Jahrestagung, Aachen,
22.9.2010

Zedda, M.:

Oxidation products from novel polymer electrolyte membranes (PEM) in the product water of fuel cells

GDCH Neujahrskolloquium, Essen,
06.01.2010

5.2 Veröffentlichungen 2010

Asbach, C., Fissan, H., Stahlmecke, B., Kaminski, H., Pui, D.Y.H., Kuhlbusch, T.A.J.:

Development and Evaluation of a pre-separator for nanoparticle measurement devices

European Aerosol Conference 2010, Helsinki, Finnland, pdf 1118, elektronische Publikation, 2010

Azong-Wara, N., Asbach, C., Stahlmecke, B., Kaminski, H., Fissan, H., Plitzko, S., Kuhlbusch, T.A.J.:

Experimental evaluation of a thermophoretic personal sampler for nanoparticles

European Aerosol Conference 2010, Helsinki, Finnland, pdf 948, elektronische Publikation, 2010

Bettermann, I., Vogt, M., Goldschmidt, R., Bathen, D., Rösler, H.-W.:

Flue Gas Decarbonisation via Membrane Contactors and Structured Packings - A comparison

Tagungsband Aachener Membran Kolloquium 2010, VIVTA e. V., ISBN: 978-3-00-032823-7

Birmili, W., Weinhold, K., Nordmann, S., Wiedensohler, A., Spindler, G., Müller, K., Herrmann, H., Gnauk, T., Pitz, M., Cyrys, J., Flentje, H., Nickel, C., Kuhlbusch, T.A.J., Löschau, G., Meinhardt, F., Schwerin, A., Ries, L., Gerwig, H., Wirtz, K.:

Continuous aerosol observations in the German Ultrafine Aerosol Network (GUAN)

European Aerosol Conference 2010, Helsinki, Finnland, pdf 583, elektronische Publikation, 2010

Bittig, M., Bathen, D., Pieper, B.:

The mechanisms of Hg removal in wet flue gas cleaning systems

VGB PowerTech 90 (2010) 4, S. 77-84

Bittig, M., Pieper, B., Bathen, D.:

Quecksilber in der Abgaswäsche

VDI-Bericht 2110, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2010 4, S. 77-90

Bittig, M., Pieper, B., Bathen, D.:

Quecksilber in der Abgaswäsche

Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft, 7-8/2010, S. 309-313

Bruckmann, P., Gehrig, R., Kuhlbusch, T., Sträter, E., Nickel, C.:

Vorkommen von Feinstäuben und die Maßstäbe ihrer Bewertung

Statuspapier Feinstaub, Hrsg. GDCh-/KRdL-/ProcessNet-Gemeinschaftsausschuss "Feinstäube" (K.-G. Schmidt, R. Zellner), ISBN 978-3-89746-120-8, 11-37, 2010

Egenolf, B., Mrotzek, A., Deerberg, G., Erich, E., Grüning, F.

Urban mining: Kupfergewinnung durch Zementation von Composite-Verpackungen und Altbeizsäuren

Müll und Abfall 42 (2010) Nr. 9, S. 434-439

Erich, E., Grüning, F.

Einfache Methoden zur Metallrückgewinnung aus Abfallströmen

ZVOreport (2010) Nr. 4, S. 28-30

Finger, H., Schmidt, F., Haep, St., Bathen, D.:

Geruchsreduzierung durch innovative Beschichtungen von Textilien

F&S Filtrieren Separieren, Jahrgang 24 (2010), Nr. 6, S. 320-323

Fissan, H., Stahlmecke, B., Asbach, C., Kuhlbusch, T.A.J., Pui, D.Y.H.:

Possible Nanoparticle Release from Liquid and Solid Materials into Environment

European Aerosol Conference 2010, Helsinki, Finnland, pdf 835, elektronische Publikation, 2010

Gräf, T., Pasel, C., Bathen, D.:

Adsorptive Entfernung von Alkoxyphenolen aus Ketonen und Estern mit Aktivkohle - Experimente und Modellierung

Chem. Ing. Tech. 82 (2010) 10, S. 1763- 1769

Hellack, B., Sugiri, D., Quass, U., Albrecht, C., Schins, R.P.F., Krämer, U., Kuhlbusch, T.A.J.:

ROS generation by PM 2.5 at several locations within the area of Duisburg-Wesel, North-Rhine-Westphalia, (Germany)

European Aerosol Conference 2010, Helsinki, Finnland, pdf 541, elektronische Publikation, 2010

Herrmann, H., Kuhlbusch, T., Gnauk, T., Weinbruch, S., Baltensperger, U., Pöschl, U.: **Chemische Charakterisierung von Feinstäuben**

Statuspapier Feinstaub, Hrsg. GDCh-/KRdL-/ProcessNet-Gemeinschaftsausschuss "Feinstäube" (K.-G. Schmidt, R. Zellner), ISBN 978-3-89746-120-8, 35-56, 2010

Huelser, T., Schnurre, S. M., Wiggers, H., Schulz, C.:

Gas-phase synthesis of highly-specific nanoparticles on the pilot-plant scale

Proceeding of the World Congress on Particle Technology 2010, Nürnberg 26.04-29.04.10

Huelser, T., Schnurre, S. M., Wiggers, H., Schulz, C.:

Gas-phase synthesis of highly-specific nanoparticles on the pilot-plant scale

Nanotech 2010, Vol. 1, pp 330 – 333

Huelser, T., Spree, M., Schnurre, S. M., Wiggers, H., Schulz, C.:

Gas phase synthesis of silicon nanoparticles in a hot wall reactor on the pilot-plant scale

Abstracts of the "International Aerosol Conference 2010", Helsinki, Finland, Abstract P2G2 30.08.- 03.09.2010

Huelser, T., Spree, M., Schnurre, S. M., Wiggers, H., Schulz, C.:

Gasphasensynthese von Silicium-Nanopartikeln im Technikumsmaßstab

Chem.Ing.Tech. 82 (2010) 9, S.1453-1454

Jacobi, St., Kaminski, H., Bruns, K., Kuhlbusch, T.A.J.:

Neue normkonforme PM_{2,5}/PM₁₀-Messtechnik - Aktuelle Hinweise aus der Praxis und Weiterentwicklung

VDI-Expertenforum "Stickstoffdioxid und Partikel", 02.12.2010, Bonn, 31-46, 2010

John, A., Kuhlbusch, T.A.J.:

EC/OC/Black Smoke - Messungen in Europa

VDI-Expertenforum "Stickstoffdioxid und Partikel", 02.12.2010, Bonn, 47-58, 2010

Kaminski, H., Asbach, C., Nickel, C., Weber, St., Kuhlbusch, T.A.J.:

Evaluation of Particle Size Distribution Measurement Techniques for Urban Air Quality Monitoring

European Aerosol Conference 2010, Helsinki, Finland, pdf 890, elektronische Publikation, 2010

Kasper, M., Pfeffer, U., Asbach, C., Weinbruch, S., Bruckmann, P.:

Physikalische Methoden zur Charakterisierung von Partikeln

Statuspapier Feinstaub, Hrsg. GDCh-/KRdL-/ProcessNet-Gemeinschaftsausschuss "Feinstäube" (K.-G. Schmidt, R. Zellner), ISBN 978-3-89746-120-8, 73-82, 2010

Kuhlbusch, T.A.J., Asbach, C.:

Particle Characterization

Cardiovascular effects of inhaled ultrafine and nanosized particles, edited by F. Cassee, Springer Science + Business Media B.V., Berlin, (in press), 2010

Kuhlbusch, T.A.J., Asbach, C., Fissan, H., Kaminski, H.:

Particle Surface Area Concentrations and Number Size Distributions in View of Exposure Assessment

European Aerosol Conference 2010, Helsinki, Finland, pdf 852, elektronische Publikation, 2010

Kuhlbusch, T.A.J., Weber, St., Nickel, C., Kaminski, H.:

Particle Size Dependent Variability and Spatial Representativity of Traffic Site Measurements for Exposure Assessments

European Aerosol Conference 2010, Helsinki, Finland, pdf 854, elektronische Publikation, 2010

Kuhlbusch, T.A.J., Nickel, C.:

UBA Bericht 52/2010 Emission von Nanopartikeln aus ausgewählten Produkten in ihrem Lebenszyklus

Hrsg. Umweltbundesamt, Bericht 52/2010, Förderkennzeichen 3708 61 300, UBA-FB 001395, ISSN 1862-4804, www.uba.de/uba-info-medien/4028.html, 1 – 109, 2010

Kuhlbusch, T., Quass, U., Theloke, J., Friedrich, R., Herrmann, H., Jaenicke, R., Després, V.:

Quellen von Feinstäuben

Statuspapier Feinstaub, Hrsg. GDCh-/KRdL-/ProcessNet-Gemeinschaftsausschuss "Feinstäube" (K.-G. Schmidt, R. Zellner), ISBN 978-3-89746-120-8, 109-139, 2010

Kuhlbusch, T.A.J.:

ENP Characterization in View of Health Studies - The NanoCare Project

Workshop Report: "Metrology for Nanoparticle Characterisation", Co-Nanomet, 28-29 April 2010, Nürnberg, ISBN 978-0-9566809-3-8, 32-37, 2010

Ludes, G., Siebers, B., Kuhlbusch, T.A.J., Quass, U., Beyer, M., Weber, F.:

UBA Bericht 25/2010 "Feinstaub und NO₂ - Entwicklung und Validierung einer Methode zur immissionsabhängigen dynamischen Verkehrssteuerung"

Hrsg. Umweltbundesamt, Bericht 25/2010, Förderkennzeichen 205 45 130, UBA-FB 001366, ISSN 1862-4804, 1-132, 2010

Manders, A.M.M., Schaap, M., Querol, X., Albert, M.F.M.A., Vercauteren, J., Kuhlbusch, T.A.J., Hoogerbrugge, R.:

Sea salt concentrations across the European continent

Atmospheric Environment 44, 2434-2442, 2010

Makhynya, Y., Anger, S., Peil, S., Trimis, D., Bathen, D.:

Entwicklung einer SCWR-Anlage mittlerer Leistung zur Wasserstoffherzeugung aus Rohglycerin

Chem.Eng.Tech. 82 (2010) 9, S. 1610–1611

Pahl, C., Pasel, C., Luckas, M., Bathen, d.:

Adsorptive Entfernung von Wasser aus primären Alkoholen im ppm-Bereich

Chem.Eng.Tech. 82 (2010) 5, S. 634-640

Putaud, J.-P., Van Dingenen, R., Alatus, A., Bauer, H., Birmili, W., Cyrys, J., Flentje, H., Kuhlbusch, T.A.J. et.al.:

A European aerosol phenomenology - 3: Physical and chemical characteristics of particulate matter from 60 rural, urban, and kerbside sites across Europe

Atmospheric Environment, 44:10, 1308-1320, 2010

Sager, U., Suhartiningih, Schmidt, F.:

Einfluss der NO₂-Dosierung auf Adsorptionsfiltertests

Chem.Eng.Tech. 82 (2010) 10, 1737-1742

Sager, U., Schmidt, F.:

Binary Adsorption of n-Butane or Toluene and Water Vapor

Chem.Eng.Technol. 33 (7), 2010, 1203-1207

Shin W.G., Wang, J., Mertler, M., Sachweh, B., Fissan, H., Pui, D.H.Y.:

The effect of particle morphology on unipolar diffusion charging of nanoparticle agglomerates in the transition regime

Journal of Aerosol Science, 41:11, 975-986

Schoot van der, N., Asbach, C., Wartmann, J., Heinzl, H., Lindken, R.:

Development of gas-phase micro-particle image velocimetry for fuel cell investigations

Proceedings of the 2nd GASMEMS Workshop-Les Embiez, July 9-10, 2010, 1-8, 2010

Stahlmecke, B., Ravi, L., Azong-Wara, N., Asbach, C., Fissan, H., Kuhlbusch, T.A.J.:

Development of Online Techniques for the Measurement of Carbon Nanotubes

European Aerosol Conference 2010, Helsinki, pdf 840, elektronische Publikation, 2010

Teutenberg, T.:

High-Temperature Liquid Chromatography – A User's Guide for Method Development

Royal Society of Chemistry 2010, Cambridge

Teutenberg, T.:

High temperature liquid chromatography - a brief review about an emerging technique

Chromatography today August/September 2010, 3-6

Teutenberg, T., Wiese, S., Schmidt, T. C., Jochmann, M. A., Kujawinski, D., Zhang, L., Bettermann, H., Fischer, B.:

Kopplungsverfahren zur Authentizitätskontrolle – Neuartige Kombination innovativer Detektionstechniken auf Basis der Isotopenverhältnismassenspektrometrie und Ramanspektroskopie

GIT Labor-Fachzeitschrift 3/2010, 182-185

Teutenberg, T., Wiese, S.:

Effiziente Methodenentwicklung in der HPLC – Analyse von Aldehyden und Ketonen

GIT Labor-Fachzeitschrift 5/2010, 382-385

Teutenberg, T., Türk, J.:

Nachweis von Spurenstoffen und Transformationsprodukten mittels Massenspektrometrie: Welche Rolle spielt die Chromatografie?

Analytik news, Publikationsdatum: 10.12.2010

[http://www.analytik-](http://www.analytik-news.de/Fachartikel/2010/72.html)

[news.de/Fachartikel/2010/72.html](http://www.analytik-news.de/Fachartikel/2010/72.html)

Tuerk, J., Sayder, B., Boergers, A., Vitz, H., Kiffmeyer T. K., Kabasci, S.

Efficiency, costs and benefits of AOPs for removal of pharmaceuticals from the water cycle

Water Sci. & Technol. 2010, 61, 985-992

Urbanczyk, R., Peil, S., Bathen, D., Hauschild, K., Felderhoff, M., Heßke, C., Burfeind, J.:

HT-PEM Fuel Cell System with integrated complex hydride storage tank

Proceedings of 18th World Hydrogen Energy Conference 2010 (WHEC2010),

Essen, 16.- 21.5.2010;

ISBN 978-3-89336-654-5;

<http://hdl.handle.net/2128/4092>

Urbanczyk, R., Bathen, D., Peil, S., Hauschild, K., Felderhoff, M., Burfeind, J., Heßke, C.:

Thermisch mit einer HT-PEM-Brennstoffzelle gekopplerter H₂-Speicher (NaAlH₄)

Chem.Eng.Tech. 82 (2010) 9, S. 1608

Vogt, M., Goldschmidt, R., Bathen, D.:

Abscheidung von CO₂ aus Kraftwerksrauchgasen in Aminwäschen: Vergleich von Membrankontaktoren und strukturierten Packungen

VDI-Bericht 2110 Emissionsminderung 2010: Stand – Konzepte – Fortschritte, VDI Verlag GmbH, Düsseldorf 2010, ISBN: 978-3-18-092110-5

Walter, E.:

Demontagesicherheitswerkbank für die Sekundärrohstoffgewinnung aus ausrangierten LCD-Geräten

Recycling Technology, April 2010

Wang, J., Asbach, C., Huelser, T., Fissan, H., Kaminski, H., Kuhlbusch, T. A.J., Pui, D.Y.H.: **Exposure Measurement during the Production of Silicon Nanoparticles in a Pilot Scale Facility**

Abstracts of the "International Aerosol Conference 2010", Helsinki, Abstract 5E4

30.08.- 03.09.2010

Wang, J., Asbach, C., Huelser, T., Fissan, H., Kaminski, H., Kuhlbusch, T.A.J., Pui, D.Y.H.:

Exposure Measurement during the Production of Silicon Nanoparticles in a Pilot Scale Facility

European Aerosol Conference 2010, Helsinki, pdf 1061, elektronische Publikation, 2010

Wiese, S., Teutenberg, T., Schmidt, T. C.,

Rieger, H.-J., Molnár, I.:

Computerunterstützte Methodenentwicklung in der HPLC

Laborpraxis Januar/Februar 2010, 38-41

Wiese, S., Teutenberg, T., Schmidt, T. C.:

Computerunterstützte Methodenentwicklung in der Flüssigchromatografie unter Berücksichtigung von Temperatureffekten

LCGC Ausgabe in deutscher Sprache, Juli

2010, Jahrgang 5 Nummer 3, 2-6

<http://www.nxtbook.com/nxtbooks/advanstaruk/lcgc-ads0710/1/OnePage>

Wiese, S., Teutenberg, T., Naegele, E., Hoffmann, B.-W.:

High-Throughput Method Development for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) using the Agilent 1290 Infinity LC system and a ZORBAX Eclipse PAH column

Agilent Technologies, Application Note 5990-5007EN, 2010

<http://www.chem.agilent.com/Library/applications/5990-5007EN.pdf>

Wiese, S., Teutenberg, T., Naegele, E., Hoffmann, B.-W.:

High-Throughput Method Development for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) using the Agilent 1290 Infinity LC system and a ZORBAX Eclipse PAH column

Agilent Technologies, Application Note 5990-5007EN, 2010

LCGC, The Application Notebook, Jun 1, 2010

<http://chromatographyonline.findanalytichem.com/lcgc/Application+Notes%3A+Environment+High-Throughput-Method-Development-for-PAHs-Using-/ArticleStandard/Article/detail/676289>

Wiese, S., Teutenberg, T., Naegele, E., Hoffmann, B.-W., Gratzfeld-Huesgen, A.:

High-throughput method development for aldehydes and ketones using an Agilent 1290 Infinity LC system and an Agilent ZORBAX StableBond HD column

Agilent Technologies, Application Note 5990-5793EN, 2010

<http://www.chem.agilent.com/Library/applications/5990-5793EN.pdf>

Wiese, S., Teutenberg, T., Naegele, E., Hoffmann, B.-W., Gratzfeld-Huesgen, A.:

High-throughput method development for aldehydes and ketones using an Agilent 1290 Infinity LC system and an Agilent ZORBAX StableBond HD column

LCGC, The Application Notebook, Jun 2, 2010

[http://chromatographyonline.findanalytichem.com/lcgc/Application+Notes%3A+General/High-throughput-Method-Development-for-Aldehydes-](http://chromatographyonline.findanalytichem.com/lcgc/Application+Notes%3A+General/High-throughput-Method-Development-for-Aldehydes-a/ArticleStandard/Article/detail/684072)
[a/ArticleStandard/Article/detail/684072](http://chromatographyonline.findanalytichem.com/lcgc/Application+Notes%3A+General/High-throughput-Method-Development-for-Aldehydes-a/ArticleStandard/Article/detail/684072)

Wiese, S., Teutenberg, T., Tuerk, J., Naegele, E., Hoffmann, B.-W.:

High-Throughput LC/MS/MS method for cytostatic drugs using an Agilent 1290 Infinity LC System coupled to a tandem mass spectrometer

Agilent Technologies, Application Note 5990-1593EN, 2010

<http://www.chem.agilent.com/Library/applications/5990-5193EN.pdf>

Yook, S.-J., Asbach, C., Ahn, K.-H.:

Particle deposition velocity onto a face-up flat surface in a laminar parallel flow considering Brownian diffusion and gravitational settling

Journal of Aerosol Science, Vol. 41, Issue 10, 911-920, 2010

Zedda, M., Tuerk, J., Peil, S., Schmidt, T. C.:

Determination of polymer electrolyte membrane (PEM) degradation products in fuel cell water using electrospray ionization tandem mass spectrometry

Rapid communications in mass spectrometry 24 (2010) 3531-3538

5.3 Poster 2010

Asbach, C., Fissan, H., Stahlmecke, B., Kaminski, H., Pui, D.Y.H., Kuhlbusch, T.A.J.:

450 nm cut-off pre-separator with low pressure drop for diffusion charger based nanoparticle measurement

Annual AAAR Conference, Portland, OR, USA 25.-29.10.2010

Azong-Wara, N., Asbach, C., Stahlmecke, B., Kaminski, H., Fissan, H., Plitzko, S., Kuhlbusch, T.A.J.:

Development and experimental validation of a thermophoretic personal sampler (TP) for nanoparticle exposure studies

Workplace Aerosol Konferenz, Karlsruhe 28.06.-02.07.10

Azong-Wara, N., Asbach, C., Stahlmecke, B., Kaminski, H., Fissan, H., Plitzko, S., Kuhlbusch, T.A.J.:

Experimental evaluation of a thermophoretic personal sampler for nanoparticles

IAC 2010, Helsinki 30.08.2010

Azong-Wara, N., Asbach, C., Stahlmecke, B., Kaminski, H., Fissan, H., Plitzko, S., Kuhlbusch, T.A.J.:

Experimental evaluation of a thermophoretic personal sampler for nanoparticles

CeNIDE Vollversammlung, Duisburg 10.11.2010

Bittig, M., Haep, S., Bathen, D.:

Quecksilber in der Abgaswäsche: ein komplexes Gleichgewicht

ProcessNet Jahrestreffen der FA Energie-Verfahrenstechnik und Gasreinigung, Dortmund, 17./18. März 2010

Börgers, A., Sayder, B., Vitz H., Kiffmeyer, T., Kabasci, S., Türk, J.:

Development of an AOP pilot plant for the degradation of pharmaceuticals in hospital waste waters

International Symposium "20 Years of Research in the Field of Endocrine Disruptors & Pharmaceutical Compounds", Kompetenzzentrum Wasser, Berlin, 10.02.2010

Boergers, A., Richard J., Dopp E., Bester, K., Tuerk, J.:

Identification of oxidation by-products during oxidative waste water treatment

Part 1: Oxidative processes and chemical analysis

SETAC 2010, Sevilla, Spanien, 23.05.-27.05.2010

Boergers, A., Richard, J., Dopp, E., Bester, K., Tuerk, J.:

Identification of oxidation by-products during oxidative waste water treatment

Part 1: Oxidative processes and chemical analysis

Langenauer Wasserforum 2010, Langenau, 08./09.11.2010

Janzen, N., Tavian, M., Wolff, M., Richard, J., Dopp, J., Tuerk, J., Bester, K.:

Ozonation of the polycyclic musks HHCB and AHTN and identification of oxidation by-products

Wasser 2010, Bayreuth, 10.-12.05.2010

Haun, J., Teutenberg, T., Schmidt, T. C.:

Development of a two-dimensional comprehensive HPLC-system for the screening analysis of complex samples

Analytica 2010, München, 23.03.-26.03.2010

Haun, J., Teutenberg, T., Schmidt, T. C.:

Development of a two-dimensional comprehensive HPLC-system for the analysis of complex samples

28th International Symposium on Chromatography (ISC 2010), Valencia, Spanien, 12.09.-16.09.2010

Haun, J., Teutenberg, T., Schmidt, T. C.:

Entwicklung eines zweidimensionalen HPLC-Verfahrens zur Analyse komplexer Substanzgemische

ProcessNet-Jahrestagung 2010, Aachen, 21.09.-23.09.2010

Haun, J., Teutenberg, T., Schmidt, T. C.:

Development of a two-dimensional comprehensive HPLC-system for the screening analysis of complex samples

Langenauer Wasserforum 2010, Langenau, 08./09.11.2010

Hellack, B., Kuhlbusch, T.A.J., Azong-Wara, N.:

Nanotruck Poster

Nanotruck, Duisburg 19.06.2010

Huelser, T., Spree, M., Wiggers, H., Schulz, C.:

Gas-phase synthesis of highly-specific nanoparticles on the pilot-plant

Nanofair 2010, Dresden 06./07.07.2010

Huelser, T., Spree, M., Schnurre, S.

M., Wiggers, H., Schulz, C.:

Gas phase synthesis of silicon nanoparticles in a hot wall reactor on the pilot-plant scale

International Aerosol Conference 2010, Helsinki, Finnland, 30.08.-03.09.2010

Kaminski, H., Asbach, C., Nickel, C., Weber, St., Kuhlbusch, T.A.J.:

Evaluation of Particle Size Distribution Measurement Techniques for Urban Air Quality Monitoring

IAC 2010, Helsinki, Finnland, 30.08.2010

Liu, Z., Kim, S.C., Wang, J., Fissan, H., Pui, D.Y.H.:

Measurement for Metallic Nanoparticle Agglomerates Generated from Spark-discharge using the Universal NanoParticle Analyzer (UNPA)

IAC 2010, Helsinki, Finnland, 30.08.2010

Makhynya, Y., Anger, S., Peil, S., Trimis, D., Bathen, D.:

Entwicklung einer SCWR-Anlage mittlerer Leistung zur Wasserstoffherzeugung aus Rohglyzerin

ProcessNet-Jahrestagung, Aachen, 22.9.2010

Nickel, C., Asbach, C., Fissan, H., Kuhlbusch, T.A.J.:

Determination of the lung-deposited nanoscale particle dose

Workplace Aerosol Konferenz, Karlsruhe 28.06.-02.07.10

Oeste, K., Portner, C., Teutenberg, T., Scheerle, R. K., Graßmann, J., Letzel, T.:
Development of a direct coupled mass spectrometric method for the fast determination of biological activity in house dust using an enzymatic assay

Analytica Conference 2010, München, 23.03.-25.03.2010

Oeste, K., Portner, C., Teutenberg, T., Scheerle, R. K., Letzel, T.:

Development of a direct coupled mass spectrometric method for the fast determination of enzymatic regulation in house dust using enzymatic assays

32nd Mycotoxin Workshop, Kopenhagen, Dänemark, 14.06.-16.06.2010

Oeste, K., Scheerle, R. K., Portner, C., Teutenberg, T., Letzel, T.:

Development of a direct coupled mass spectrometric method for the fast determination of enzymatic regulation in house dust using enzymatic assays

28th International Symposium on Chromatography (ISC 2010), Valencia, Spanien, 12.09.-16.09.2010

Oeste, K., Portner, C., Teutenberg, T., Letzel, T.:

Entwicklung direkt gekoppelter massenspektrometrischer Verfahren zur schnellen Erfassung der biologischen Aktivität von Hausstaub mittels μ Enzym-assay

39. Deutscher Lebensmittelchemikertag, Stuttgart-Hohenheim, 20.09.-22.09.2010

Oeste, K., Scheerle, R. K., Portner, C., Teutenberg, T., Letzel, T.:

Development of a direct coupled mass spectrometric method for the fast determination of enzymatic regulation in house dust using enzymatic assays

ProcessNet-Jahrestagung 2010, Aachen, 21.09.-23.09.2010

Oeste, K., Portner, C., Teutenberg, T., Scheerle, R. K., Graßmann, J., Letzel, T.:

Entwicklung direkt gekoppelter massenspektrometrischer Verfahren zur schnellen Erfassung der enzymatischen Regulation von Hausstaub mittels enzymatischer Assays

GHUP (4. Jahrestagung der Gesellschaft für Hygiene, Umweltmedizin und Präventivmedizin), Aachen, 30.09.-02.10.2010

Oeste, K., Portner, C., Teutenberg, T., Letzel, T.:

Development of a direct coupled mass spectrometric method for the fast determination of enzymatic regulation in house dust using enzymatic assays

Langenauer Wasserforum 2010, Langenau, 08./09.11.2010

Pahl, C., Bathen, D., Luckas, M., Pasel, C.:
Adsorptive Entfernung von Wasser im unteren ppm- und ppb-Bereich zur Erzeugung hochreiner organischer Lösungsmittel

ProcessNet-Jahrestagung, Aachen, 22.9.2010

Peil, S., Helle, K., Burfeind, Krutsch, W.:

Entwicklung eines stationären Brennstoffzellensystems auf Basis HT-PEM zur Bereitstellung von Strom, Wärme und Kälte

3. Workshop AiF-Brennstoffzellenallianz, ZBT GmbH, Duisburg, 4./5.5.2010

Richard, J., Boergers, A., Chen, X., Tavian, M., Janzen, N., Bester, K., Dopp, E., Tuerk, J.:

Identification of oxidation by-products during oxidative waste water treatment

Part 2: Toxicological in vitro analyses
SETAC 2010, Sevilla, Spanien, 23.05.-27.05.2010

Richard, J., Boergers, A., Chen, X., Tavian, M., Janzen, N., Bester, K., Dopp, E., Tuerk, J.:

Identification of oxidation by-products during oxidative waste water treatment

Part 2: Toxicological in vitro analyses
Langenauer Wasserforum 2010, Langenau, 08./09.11.2010

Röhricht, M., Umaña, A., Türk, J., Weise, U.:
Entfernung von Arzneimitteln durch Nano-filtration und MBR mit Nanofiltrationsmodulen

Colloquium Produktionsintegrierte Wasser-/Abwassertechnik Bremen, Bremen
05./06. Oktober 2010

Röhricht, M., Eidam, S., Umaña, A., Tuerk, J., Weise, U.:

Submerged nanofiltration modules in membrane bioreactor

13th Aachener Membran Kolloquium, Aachen,
27./28.10.2010

Spree, M., Huelser, T., Wiggers, H., Schulz, C.:

Gas-phase synthesis of highly-specific nanoparticles on the pilot-plant

EnMat 2010, Karlsruhe
04.07.-08.07.2010

Stahlmecke, B., Asbach, C., Fissan, H., Kuhlbusch, T.A.J., Dziurawitz, N., Plitzko, S., Gierke, E.:

CarboSafe – Erzeugung und Charakterisierung von luftgetragenen CNT

Inno.CNT Jahrestreffen 2010, Marl
20./21.01.2010

Stahlmecke, B., Ravi, L., Azong-Wara, N., Asbach, C., Fissan, H., Kuhlbusch, T.A.J.:

Development of Online Techniques for the Measurement of Carbon Nanotubes

IAC 2010, Helsinki, Finnland, 31.08.2010

Stahlmecke, B., Ravi, L., Azong-Wara, N., Asbach, C., Fissan, H., Kuhlbusch, T.A.J.:

Characterization of Dimensions of Carbon Nanotubes using Online Techniques

Annual AAAR Conference, Portland, OR, USA
25.-29.10.2010

Stanley, N., Pui, D.Y.H., Kuehn, T.H., Asbach, C., Kuhlbusch, T.A.J., Fissan, H.:

Nanoparticle fate from a simulated leak during nanoparticle manufacturing

Annual AAAR Conference, Portland, OR, USA
25.-29.10.2010

Steuten, B., Bathen, D.:

Adsorptive Entfernung von Schwefelverbindungen aus kohlenwasserstoffhaltigen Gasen

ProcessNet-Jahrestagung, Aachen, 22.9.2010

Tavian, M., Becker, C., Eltfeld, J., Wolff, M., Janzen, N., Börgers, A., Richard, J., Chen, X., Dopp, E., Türk, J., Bester, K.:

Identification of oxidation by-products of Atenolol in post-stream ozonation in waste water treatment plants

Analytica Conference 2010, München,
23.03.-25.03.2010

Türk, J., Börgers, A., Richard, J., Dopp, E., Janzen, N., Tavian, M., Wolff, M., Chen,, Bester, K.:

Chemische und toxikologische Evaluierung von Transformationsprodukten bei der oxidativen Abwasserbehandlung

Wasser 2010, Bayreuth, 10.-12.05.2010

Urbanczyk, R., Bathen, D., Felderhoff, M., Burfeind, J.:

HT-PEM Fuel Cell System with integrated complex hydride storage tank

18th World Hydrogen Energy Conference, Essen, 17.-19.05.2010

Vogt, M., Goldschmidt, R., Bathen, D., Epp, B., Fahlenkamp, H.:

Comparison of membrane contactor and structured packings for CO₂ absorption

GHGT-10 Conference, Amsterdam,
September 2010

Vogt, M., Pasel, C., Bathen, D.:

Characterisation of CO₂ absorption in various solvents for PCC applications by Raman Spectroscopy

GHGT-10 Conference, Amsterdam,
September 2010

Vogt, M., Goldschmidt, R., Bathen, D.:

Abscheidung von CO₂ aus Kraftwerks-rauchgasen in Aminwäschen: Vergleich von Membrankontaktoren und strukturierten Packungen

VDI Tagung Emissionsminderung, Nürnberg,
8./9.06 2010

Walter, E.:

Regaining Indium from e-waste - study results

Forum "green IT", CeBit 04.03.2010,
Hannover

Wiedenmann, F., Hein, D., Türk, J., Bathen, D., Krumm, W.:

Betrachtung der Wasserdampfreformierung von Modellteeren mit einem Titan-basierten Nano-Cu/Ni-Katalysator

ProcessNet-Jahrestagung, Aachen, 22.9.2010

Wiese, S., Teutenberg, T., Jochmann, M. A., Kujawinski, D., Zhang, L., Schmidt, T.C., Fischer, B., Bettermann, H.:

Development of a novel hyphenation system based on liquid chromatography, isotope ratio mass spectrometry and raman spectroscopy

Langenauer Wasserforum 2010, Langenau, 08./09.11.2010

Wiese, S., Teutenberg, T., Jochmann, M. A., Kujawinski, D., Zhang, L., Schmidt, T.C., Fischer, B., Bettermann, H.:

Development of a novel hyphenation system based on liquid chromatography, isotope ratio mass spectrometry and raman spectroscopy

28th International Symposium on Chromatography (ISC 2010), Valencia, Spanien, 12.09.-16.09.2010

Wiese, S., Teutenberg, T., Jochmann, M. A., Kujawinski, D., Zhang, L., Schmidt, T.C., Fischer, B., Bettermann, H.:

Development of a novel hyphenation system based on liquid chromatography, isotope ratio mass spectrometry and raman spectroscopy

ProcessNet-Jahrestagung 2010, Aachen, 21.09.-23.09.2010

Wolff, M., Janzen, N., Tavian, M., Chen, X., Richard, J., Dopp, E., Türk, J., Bester, K.:

Identification and toxicity evaluation of oxidation by-products of the biocide Terbutryn oxidized with ozone

SETAC 2010, Sevilla, Spanien, 23.05.-27.05.2010

Wolff, M., Janzen, N., Tavian, M., Chen, X., Richard, J., Dopp, E., Türk, J., Bester, K.:

Identification and toxicity evaluation of oxidation by-products of the biocide Terbutryn oxidized with ozone

Langenauer Wasserforum 2010, Langenau, 08./09.11.2010

5.4 Vorträge und Besuche internationaler Gäste

Gunther Oberdörster, University of Rochester, New York, USA

Vortrag: Toxicology of Airborne Environmental and Occupational Particles
19.01.2010

Dr. Jim Wang, University of Minnesota, USA / EMPA, Dübendorf, Schweiz
20.01.2010

Dr. Martijn Schaap, TNO, Eindhoven, NL
Vortrag: Measurement and Modelling of fine dust in the Netherlands
01.02.2010

Prof. Da-Ren Chen, Washington University, St. Louis, USA
Vortrag: Miniaturized Aerosol Instrumentation
05.05.2010

Prof. Konstantinos P. Giapis, California Institute of Technology (Caltech), Pasadena, USA
Vortrag: Nanoparticles from Microplasmas Productions and Measurement
16.06.2010

Prof. Harald Krug, Empa - Materials Science & Technology, St. Gallen, Schweiz
Vortrag: Biological Principles for the Toxicological Mode of Action of Nanoobjects
17.-18.11.2010

Prof. Gregory J. Smallwood, Institute for Chemical Process and Environmental Technology, National Research Council, Ottawa, Canada
Vortrag: Laser-Induced Incandescence (LII) for the Measurement of non-volatile Aerosol Nanoparticles
16.12.2010

Eishi Momosaki, Nagano Techno Foundation in Japan, Nagano-city
24.01.2010

5.5 Forschungsprojekte der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) der Forschungsvereinigung Umwelttechnik im Jahr 2010

AiF-Vorh.-Nr.	Titel / Thema	Forschungsstellen	Laufzeit
15234 N	CO ₂ -Druckgaswäsche mit Membrankontaktoren, Verbesserung der Druckgaswäsche für CO ₂ aus Rauchgasen durch Membrankontaktoren und Simulation von Wirkungsgrad optimierten Kraftwerksprozessen mit postcombustion decarbonisation	IUTA; LU BCI TU Dortmund	06.2007 - 02.2010
15679 N	Untersuchung der Katalysatorregeneration unter dem Einfluss oxidierender und reduzierender Atmosphären bei Biomassevergasungsverfahren	FCB GH Siegen; IUTA	09.2008 - 02.2011
15861 N	Simulation von Stofftransportprozessen in reaktiven Emulsionen am Beispiel der Biodieselherstellung - STIRE	FhG UMSICHT; TD RU-Bochum	01.2009 - 12.2010
15653 N	Alkalicarbonatwäsche für die Entfernung von Kohlendioxid aus Rauchgasen fossil befeuerter Kraftwerke als robuste Alternative zu Aminwäschen	LU BCI TU Dortmund; IUTA	09.2008 - 08.2010
15973 N	Neue Montagekonzepte - Realisierung von Produktordnungssystemen in der Kleinserienmontage komplexer Produkte bei kleinen und mittleren Unternehmen	BWL TU München;	02.2009 - 01.2011
275 ZN	Feinstpartikelabscheidung für Hochtemperaturprozesse unter Nutzung aktiver und passiver, thermisch induzierter Potenzialfelder	IUTA; MVM GPS Uni Karlsruhe; IEF-2 FZJ	02.2008 - 05.2011
266 ZN	Entwicklung eines stationären Brennstoffzellensystems auf Basis Hochtemperatur-PEM zur Verstromung von Biogas	ZBT; FAL	12.2007 - 07.2010
15654 N	Weiterentwicklung und Erprobung eines Reformers zur dynamischen Brenngaserzeugung aus Erdgas für Polymermembran-Brennstoffzellen (PEMFC) zum Einsatz in der Hausenergieversorgung	IUTA; ZBT; FEM	07.2008 - 06.2010
276 ZN	Entwicklung einer Schnellmethode zur Überprüfung der Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen im Rahmen der betrieblichen Eigenkontrolle	DIL; IUTA; wfk	04.2008 - 03.2010
15751 N	Katalytische Umsetzung von NO _x mit nanoskaligen Materialien in Dünnschichtfiltern	IUTA; MPI KF; NPPT UDE	08.2008 - 07.2010
15862 N	Untersuchungen zur Bewertung und Vermeidung von toxischen Oxidationsnebenprodukten bei der oxidativen Abwasserbehandlung	IUTA; UA UDE; IHA UK Essen	11.2008 - 04.2011
15779 BG	Brenngaserzeugung aus Abfällen der Biodieselproduktion mit überkritischem Wasser zur Verwertung mit einem Verbrennungsmotor	IUTA; IWTT TU Freiberg	09.2008 - 08.2011
286 ZBG	Wandlerbasierte Energiemanagement-Einheit für die Betriebsführung von Brennstoffzelle-Speicher-Hybridstromversorgungen	ZBT; FEI TU Chemnitz	04.2008 - 09.2010
15784 BG	Entwicklung eines 3D-Siebdruckverfahrens zur Herstellung metallischer Bipolarplatten für Mikrobrennstoffzellen	ZBT; FhG IFAM Dresden	09.2008 - 01.2011
297 ZN	Entwicklung eines neuen Brennstoffzellenkonzeptes unter Nutzung von sauren Zeolithen als neuartige Ionenaustauschermedien in Kombination mit Metallschaumkatalysatoren	IUTA; LTC Uni Kai; FEM; ZBT	06.2008 - 09.2010
15780 N	Verbesserung der Feuerraummodellierung von Ersatzbrennstoffkraftwerken und Abfallverbrennungsanlagen durch empirische Untersuchungen zur Flüchtigkeitsfreisetzung - Entwicklung einer Apparatur zur Ermittlung neuer Brennstoffkenngrößen	FhG UMSICHT; LUAT UDE	09.2008 - 05.2011
15821 N	Untersuchungen der Partikelabscheidung in Probenahmeleitungen unter besonderer Berücksichtigung von turbulenter Diffusion, Thermophorese und Kondensation	IUTA; NPPT UDE	12.2008 - 11.2010
16103 BG	Entwicklung eines Testsystems zur Bestimmung der biologischen Aktivität in Biogasfermentern und Bestimmung des Einflusses von Minor Komponenten auf Biogasbildung	FhG UMSICHT; HAWK; AUFH Uni Rostock	06.2009 - 08.2011
16040 N	Metallurgische Rückgewinnung von Indium, Gallium und Germanium aus Elektronikschrott und Entwicklung entsprechender Aufarbeitungsmethoden für die Verwertungsindustrie	FEM; IUTA	04.2009 - 01.2011
15975 N	Untersuchungen zum Verhalten von Quecksilber in der Gaswäsche II - weiterführende Arbeiten zur anwendungsorientierten Nutzung des theoretischen Modells	IUTA; UA UDE	02.2009 - 05.2011
16203 N	Entwicklung direkt gekoppelter massenspektrometrischer Verfahren zur schnellen Erfassung der biologischen Aktivität von Hausstaub	IUTA; WZW TU München	09.2009 - 08.2011
16076 N	Praxisnahe Untersuchung der Filtereffizienz von Luftfiltern unter besonderer Berücksichtigung der elektrophoretischen Abscheidung	IUTA; NPPT UDE	05.2009 - 09.2011

16211 N	Untersuchung zur Ertüchtigung von PKW-Kraftstoffdampf-Rückhaltesystemen für die Verwendung alternativer Kraftstoffe	FhG UMSICHT; FLT U Siegen	09.2009 - 08.2011
16199 N	Erhöhung der Lebensdauer von Brennstoffzellensystemen durch Ammoniak-Entfernung	ZBT	09.2009 - 08.2011
16072 BG	Entwicklung einer Methode zur Qualitätssicherung bei der Fertigung von Bipolarplatten für Brennstoffzellen	ZBT; GFal	05.2009 - 04.2011
15863 N	Entwicklung eines Auslegungstools für regenerative Energieversorgungssysteme mit Wasserstoffspeicherung	ZBT; EAN UDE	01.2009 - 06.2011
311 ZN	Entwicklung eines stationären Brennstoffzellensystems auf Basis Hochtemperatur-PEM zur Bereitstellung von Strom, Wärme und Kälte	IUTA; ZBT	01.2009 - 06.2011
312 ZN	Entwicklung organischer flexibler Solarzellen durch Porphyrin- und CNT-Funktionalisierung textiler Oberflächen	IUTA; DTNW; PC1 Uni Erlangen	01.2009 - 06.2011
16200 N	Neuartige stabile Interpolymer-Anionentauschermembranen und Membran-Elektroden-Einheiten für alkalische Membranbrennstoffzellen, hergestellt ohne Verwendung kritischer Agentien und mit preiswerten Nichteledmetall-Katalysatoren	ICVT Uni Stuttgart; ZSW	10.2009 - 09.2011
15974 N	Laserbasierte Untersuchungen von Spezieskonzentrationen und Temperaturverteilungen in der Synthese hochspezifischer Nanopartikel in Gasphasenreaktoren	IVG UDE; IUTA	02.2009 - 04.2011
15955 N	Variotherme Prozessgestaltung mittels Induktionstemperierung zur spritzgusstechnischen Verarbeitung hochgefüllter Thermoplaste in Brennstoffzellenanwendungen	ZBT; IKFF Uni Stuttgart	01.2009 - 03.2011
15928 N	Entwicklung eines multidimensionalen chromatografischen Verfahrens zur Untersuchung komplexer Matrices - am Beispiel von Mykotoxinen in Staub	IUTA	12.2008 - 08.2011
16041 N	Material- und Verfahrensentwicklung für eine kostengünstige Herstellung von Hochtemperatur-Bipolarplatten zum Einsatz in PEM-Brennstoffzellen	ZBT; KKM UDE	04.2009 - 09.2011
15976 N	Entwicklung einer neuartigen mikrostrukturierten Bipolarplatte auf Basis eines kombinierten Fotolithografie-Galvanotechnikprozesses	ZBT; FEM; IMT KIT	02.2009 - 01.2011
330 ZN	Kombinierte CFD/Monte-Carlo Methoden zur Kontrolle der Produkteigenschaften bei der Nanopartikel-Synthese	NST UDE; IUTA; IVG UDE	09.2009 - 01.2012
16369 N	Untersuchungen zur Entfernung organischer Spurenstoffe aus Abwasser durch den Einsatz von Plasmaverfahren	IAC UDE; IUTA	02.2010 - 06.2012
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 - 11.2011
16282 N	Entwicklung eines selektiven Adsorbens zur Entfernung von flüchtigen Methylsiloxanen aus methanhaltigen Gasen	FhG UMSICHT;	12.2009 - 11.2011
16145 BG	Energieeffiziente Eliminierung von persistenten Pharmazeutika aus Abwässern mittels eines schadstoffabhängig gesteuerten Oxidationsverfahrens (EPASGO)	IUTA; IPK	07.2009 - 09.2011
16324 N	Entwicklung eines lösemittelfreien und materialeffizienten Verfahrens zur Imprägnierung von Kunststoffen	FhG UMSICHT; FVT RU-Bochum	03.2010 - 02.2012
16589 N	Entwicklung eines hochwertigen Polymilchsäure-Naturfasercompounds zur Anwendung im Spritzgussverfahren (PLA-NF).	FhG UMSICHT; Bionik HS Bremen	12.2010 - 01.2013
16337 N	Lageunabhängiges portables Energiesystem auf Basis einer Mikro-Direktmethanol Brennstoffzelle	ZBT; IMVT KIT; KWI DEHEMA	12.2009 - 05.2012
16338 N	Weiterentwicklung des Mikro-Particle Image Velocimetry Analyseverfahrens zur Charakterisierung von Gasströmungen als neuartige Entwicklungsmethodik für Brennstoffzellen	ZBT; IUTA	12.2009 - 11.2011
16590 N	Entwicklung und Erprobung eines Elektrolyseurs auf Basis der Hochtemperatur-PEM-Technologie	ZBT; ICVT Uni Stuttgart; FEM	06.2010 - 11.2012
16325 N	Evaluierung der kathodenseitigen Schädigungsmechanismen durch partikuläre und gasförmige Luftschadstoffe mit Hilfe von elektrochemischen Messmethoden zur Standzeiterhöhung von PEM-Brennstoffzellen	ZBT; IUTA	12.2009 - 11.2011
16633 N	Entwicklung eines Stickstoff-Detektors zur Überwachung des Anodenabgases von PEM-Brennstoffzellen	IPC HHU; ZBT	09.2010 - 08.2012
16561 N	Entwicklung eines wirkungsgradoptimierten Reformersystems für HT-PEM-Brennstoffzellenheizgeräte	ZBT	09.2010 - 01.2013
364 ZN	Entwicklung und Herstellung eines thermoelektrischen Generators aus nanokristallinem Silizium unter Berücksichtigung ökologischer Gesichtspunkte	IUTA; NST UDE; SLV Duisburg	08.2010 - 01.2013

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
16723 N	Nährstoffgewinnung und Elimination von Spurenstoffen bei der thermokatalytischen Herstellung von Biokohle	IUTA; AWW TUHH	09.2010 - 08.2012
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
16593 BG	Entwicklung von effizienten Beschichtungstechnologien und leistungsfähigen Elektroden-schichten für neuartige protonenleitende Mitteltemperatur-PEM-Brennstoffzellen (MT-PEMFC) / TP3	HIAT; FEM; FILK; KWI DECHEMA; ZSW	06.2010 - 02.2013

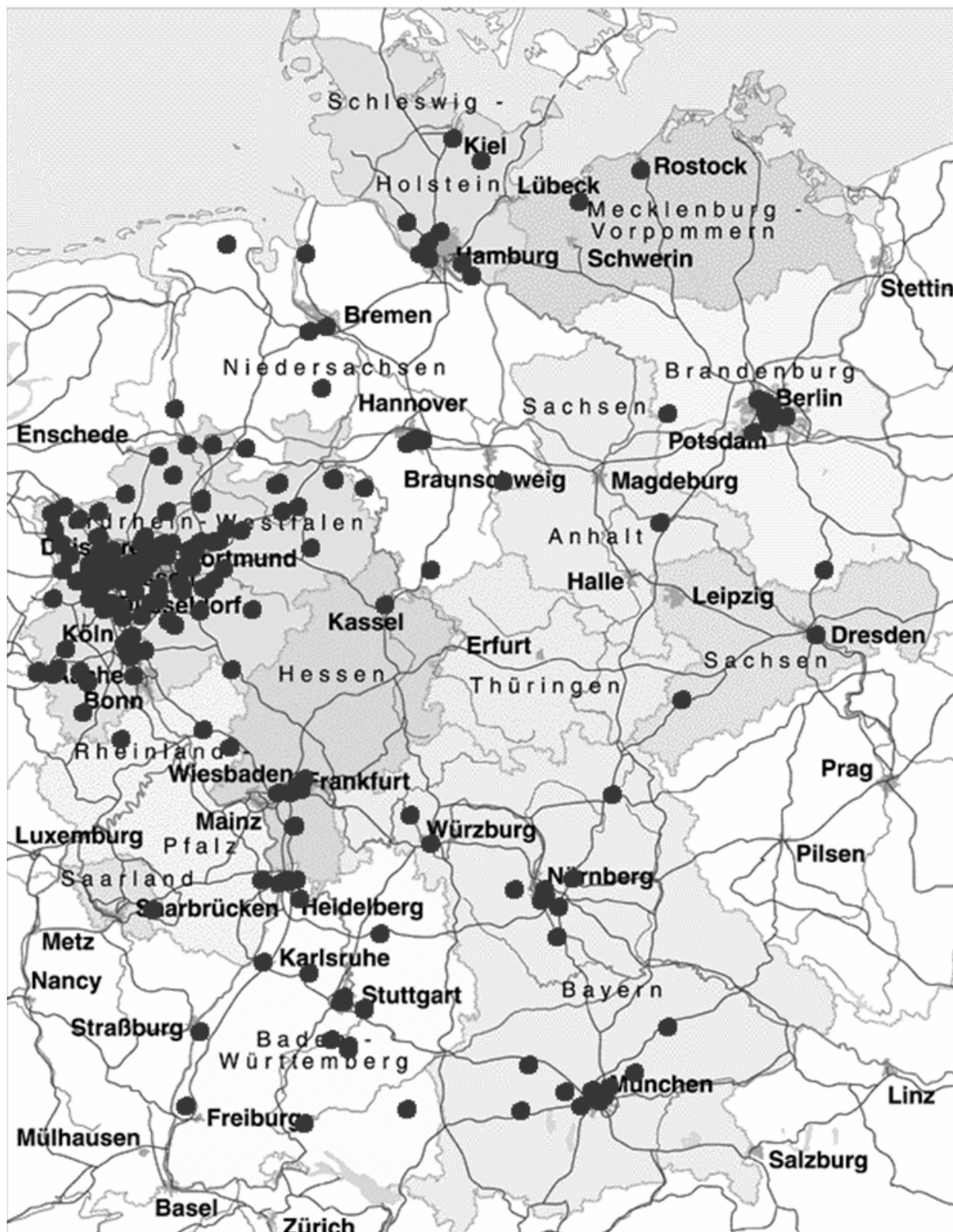
Institutskürzel Name der Forschungsstelle

AUFH Uni Rostock	Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät Hochschule
AWW TUHH	Technische Universität Hamburg-Harburg, Institut für Abwasservirtschaft und Gewässerschutz
Bionik HS Bremen	Hochschule Bremen, Institut für Umwelt und Biotechnik
BWL TU München	Technische Universität München, Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Logistik
DIL	Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e. V., Quakenbrück
DTNW	Deutsches Textilforschungszentrum Nord-West e. V., Krefeld
EAN UDE	Universität Duisburg - Essen, Fakultät Ingenieurwissenschaften, Elektrotechnik und Informationstechnik, Elektrische Anlagen und Netze
ET UDE	Universität Duisburg - Essen, Fak 5, Abt. Maschinenbau, Professur Energietechnik
FAL	Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL) Institut für Technologie
FCB GH Siegen	Universität Siegen, Fachbereich Chemie - Biologie, Arbeitsgruppe Biochemie
FEI TU Chemnitz	Technische Universität Chemnitz, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Professur für Systemtheorie Hochschule
FEM	fem Forschungsinstitut Edelmetalle und Metallchemie, Schwäbisch Gmünd
FhG IFAM	Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen
FhG UMSICHT	Fraunhofer Institut Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik UMSICHT, Oberhausen
FLT U Siegen	Universität Siegen, Institut für Fluid- und Thermodynamik, Lehrstuhl Thermodynamik und Verbrennung
FVT RU-Bochum	Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Feststoffverfahrenstechnik
GFal	Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e. V., Berlin
HAWK	Hochschule für Angewandte Wissenschaft und Kunst, Fachhochschule Hildesheim /Holzminden/Göttingen, Fakultät Ressourcenmanagement
IAC UDE	Universität Duisburg - Essen, Instrumentelle Analytische Chemie, Essen
ICVT Uni Stuttgart	Universität Stuttgart, Institut für Chemische Verfahrenstechnik
IEF-2 FZJ	Forschungszentrum Jülich, Institut für Werkstoffstruktur und -eigenschaften IEF-2
IHA UK Essen	Universitätsklinikum Essen, Institut für Hygiene und Arbeitsmedizin
IKFF Uni Stuttgart	Universität Stuttgart, Institut für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik
IMT KIT	Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Mikrostrukturtechnik (IMT)
IMVT KIT	Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Mikroverfahrenstechnik (IMVT)
IPC HHU	Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Institut für Physikalische Chemie, Flüssigphasen-Laserspektroskopie
IPK	Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung, Gatersleben
IUTA	Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V., Duisburg
IVG UDE	Universität Duisburg - Essen, Fakultät Ingenieurwissenschaften, Institut für Verbrennung und Gasdynamik
IWTT TU Freiberg	TU Bergakademie Freiberg, Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik, Lehrstuhl Hochtemperaturanlagen
KKM UDE	Universität Duisburg - Essen, Fakultät Ingenieurwissenschaften, IPR - Konstruktion und Kunststoffmaschinen
KWI DECHEMA	DECHEMA e. V., Karl-Winnacker-Institut, Frankfurt am Main
LIKAT	Leibniz-Institut für Katalyse e. V. an der Universität Rostock
LTC Uni Kai	Universität Kaiserslautern, Lehrstuhl für Technische Chemie

LU BCI TU Dortmund	Technische Universität Dortmund, Fakultät Bio- und Chemieingenieurwesen, Lehrstuhl Umwelttechnik
LUAT UDE	Universität Duisburg - Essen, Lehrstuhl für Umweltverfahrenstechnik und Anlagentechnik
MPI KF	Max-Planck-Institut für Kohlenforschung (MPI), Mülheim an der Ruhr
MVM GPS Uni Karlsruhe	Universität Karlsruhe, Institut für mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik, Bereich Gas-Partikel-Systeme (GPS)
NPPT UDE	Universität Duisburg – Essen, Lehrstuhl Nanopartikel-Prozesstechnologie
NST UDE	Universität Duisburg - Essen, Fakultät Ingenieurwissenschaften, Nanostrukturtechnik
PC1 Uni Erlangen	Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Physikalische Chemie I
SLV Duisburg	Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt SLV Duisburg
TD RU-Bochum	Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Thermodynamik
UA UDE	Universität Duisburg - Essen, Institut für Umweltanalytik
wfk	Forschungsinstitut für Reinigungstechnologie e. V., Krefeld
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

5.6 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

5.7 Mitarbeit in Ausschüssen und Arbeitskreisen

Prof. Dr.-Ing. D. Bathen

Vorsitzender des ProcessNet-Fachausschusses "Adsorption" (DECHEMA/VDI-GVC)
Obmann der VDI-Richtlinie 3674
"Abgasreinigung durch Adsorption"
Berufenes Mitglied im Beirat des Instituts für Nichtklassische Chemie INC, Leipzig
Berufenes Mitglied im Fachbeirat der Kommission Reinhaltung der Luft (VDI-KRdL)
Mitglied im Programmausschuss VDI-Tagung „Emissionsminderung 2010“
Gutachter der Zeitschrift „Chemie Ingenieur Technik“
Gutachter der Zeitschrift „Separation & Purification Technology“
Gutachter der Zeitschrift „Industrial & Engineering Chemistry Research“

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 „Arbeitskreis Kreislaufwirtschaft“
Mitglied im Richtlinienausschuss VDI 2343 „Recycling elektrischer und elektronischer Geräte“

Dipl.-Volksw. G. Schöppe

Gutachter bei der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e. V. (AiF)
Mitglied des AiF-Geschäftsführerbeirates

Prof. Dr.-Ing. K. G. Schmidt

Mitglied des Wissenschaftlichen Rates bei der „Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e. V. (AiF)" Köln
Gutachter der AiF, Köln
Stellv. Vorstandsvorsitzender des "Expertenkreises Feinstaub", einer Gemeinschaftsinitiative von DECHEMA, GdCh, GVC und KRdL in der Fachgemeinschaft SuPER der Initiative ProcessNet

Prof. Dr.-Ing. H. Fissan

Ehrenmitglied der ProcessNet- Arbeitsgruppe "Partikelmesstechnik"
Mitglied des Sonderforschungsbereiches 445 „Nanopartikel in der Gasphase“
Mitglied beim Zentrum für Wasser und Umweltforschung (ZWU) der Universität Duisburg - Essen
Mitglied beim Zentrum für mikroskalige Umweltsysteme (ZMU) der Universität Duisburg - Essen
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 der Fachgruppe „Staubabscheider für handbeschickte Kleinf Feuerungsanlagen“ des DIBT - Deutsches Institut für Bautechnik

Dr. rer. nat. T. Kiffmeyer

Mitglied im Arbeitskreis Zytostatika-Werkbänke, DIN 12980

Deutsches Institut für Normung e. V. Normenausschuss Laborgeräte und Laboreinrichtungen

Mitglied in der DWA-Arbeitsgruppe 2.14 „Krankenhausabwasser“

Gutachterin im 7. Rahmenprogramm der Europäischen Gemeinschaft

Dr. rer. nat. T. A. J. Kuhlbusch

Member of the European Academy of Sciences: EASAC-JRC

Expertengruppe zu "Nanoparticles toxicity in order to assess the possible impact of nanomaterials on human health".

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“

Beratendes Mitglied des SCENIHR-Committee der Europäischen Kommission.

Mitglied des Vorstandes der GAeF (German Aerosol Foundation)

Mitglied bei CeNIDE (Center for Nanointegration) Universität Duisburg - Essen

Beiratsmitglied VDI-GVC-Kompetenzfeld „Nanotechnik“

Mitglied bei ProcessNet – DECHEMA Arbeitskreis „Aerosole“

Mitglied der DECHEMA/VCI-Arbeitskreis „Responsible Production and Use of Nanomaterials“

Mitglied im „Nanodialog AG II“ des BMU/BMBF, und TG 4 der NanoKommission „Weiterentwicklung der Besorgnis- und Entlastungskriterien“

Mitglied beim Zentrum für Wasser und Umweltforschung (ZWU) der Universität Duisburg - Essen

Mitglied beim Zentrum für mikroskalige Umweltsysteme (ZMU) der Universität Duisburg - Essen

Fachbeirat im VDI/DIN „Umweltmesstechnik“
Gast im Ausschuss d. Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN „Emissionsbestimmung bei diffuse Quellen“

Beratendes Mitglied folgender wissenschaftlicher Konferenzen

- EAC 2009, Karlsruhe, 06. - 11.09.2009
- 2nd NanoImpactNet Conference for a healthy environment in a future with nanotechnology, Lausanne, Switzerland, 9. -12.03.2010
- Workplace Aerosols Conference, Karlsruhe, 28.06. – 02.07.2010
- Konferenz AirMonTech, London, 13. – 15.12.2010
- UMTK 2011, Baden-Baden, 11. – 12.05.2010
- 10th International Conference on Carbonaceous Particles in the Atmosphere, Wien, 26. – 29.06.2011

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)

Dr.-Ing. C. Asbach

Berufenes Mitglied im ProcessNet FA
Partikelmesstechnik
Mitglied der GVC-WG "Particle Measurement Technology"
Co-Chair der Working Group Instrumentation der European Aerosol Assembly
Mitglied im International Scientific Committee der Fachkonferenz "Risks associated to nanoparticles and nanomaterials", Nancy
Mitglied in der Gesellschaft für Aerosolforschung (GAeF)
Mitglied in der American Association for Aerosol Research (AAAR)

Dr.-Ing. F. Schmidt

Mitglied im Arbeitskreis "Luftfilter in Kraftfahrzeugen" des Fachausschusses für Kraftfahrzeugtechnik (FAKRA)
Mitglied der Arbeitsgruppen zur DIN 71460 Kfz- Innenraumfilter und zur internationalen Richtlinie ISO/TS 11155 Road vehicles-Air filters for passenger compartments - Part 1: Test for particulate filtration; Part 2: Test for gaseous filtration
Mitglied des Normausschusses Maschinenbau (NAM) im DIN und des deutschen Spiegelausschuss zu ISO/TC 142 „Cleaning Equipment für Air and other Gases“

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“

Dipl.-Ing. M. Vogt

Netzwerk Kraftwerkstechnik NRW, Cluster EnergieRegion.NRW
Klimatisch Duisburg
Netzwerk Biomasse NRW, EnergieAgentur.NRW
Gutachterin im 7. Rahmenprogramm der EU

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"
Mitglied im Richtlinienausschuss d. Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN: WG "Emissionsarme Kehrmaschinen"

Dr.-Ing. S. Opiolka

Mitglied im Richtlinienausschuss VDI 2083 Bl. 16 "Reinraumtechnik - Abgetrennte reine Umgebungen (Isolatoren, Mini-Environments, Reinraummodule) - Wirksamkeit und Zertifizierung"

Dr.rer. nat. U. Quass

Beratendes Mitglied der Konferenz AirMonTech, London, 13. – 15.12.2010

5.8 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, Land-
wirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des
Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf

Niederrheinische Industrie- und Handelskam-
mer 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

Professor Rüdiger Deike,
Greifrath

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,
EGK Entsorgungsgesellschaft Krefeld

Professor Dr.-Ing. Bernd Neukirchen,
Kettwig

Professor Dr.-Ing. Dieter Schramm,
Universität Duisburg - Essen

Georg Schürmann,
Reken

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.Ing. Dirk Sievert,
EGK Entsorgungsgesellschaft Krefeld

Abgeordneter Karl Schultheis, MdL

Dr. Walter Steudle,
Schlaidt

Dr.-Ing. Ragnar Warnecke,
Gemeinschaftskraftwerke Schweinfurt

5.9 Mitglieder des IUTA e. V.

Juristische Mitglieder:

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

EGK Entsorgungsgesellschaft Krefeld GmbH & Co. KG

Evonik Degussa GmbH, Marl

Green Chiller Verband für Sorptionskälte e. V., Berlin

Hochschule Niederrhein, Krefeld

Hollingsworth & Vose GmbH, Hatzfeld / Eder

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 Division, Essen

Rubotherm GmbH, Bochum

Stadtwerke Duisburg AG, Duisburg

Stadt Duisburg

TROX GmbH, Goch

TAG Composites & Carpets GmbH, Krefeld

Universität Duisburg Essen

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

Dr. Stefan Dietzfelbinger, Niederrheinische Industrie- und Handelskammer Duisburg

Professor Dr. Rüdiger Deike, Greifath

Professor Dr. Walter Eberhard (Ehrenmitglied), Krefeld

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. Thomas Leclair, München

Professor Dr.-Ing. Bernd Neukirchen, Essen

Hermann Obeloer, COB Consulting Mülheim

Johannes Pflug (MdB), Duisburg

Professor Dr.-Ing. Helmut Sanfleber (Ehrenmitglied), Aachen

Dipl.-Ing. Heinz Peter Schacky, Duisburg

Professor Dr.-Ing. Klaus Gerhard Schmidt, Kleinmachnow

Dipl.-Volksw. Günter Schöppe, Meerbusch

Priv.-Doz. Dr.-Ing. Frank Schmidt, Universität Duisburg - Essen

Dipl.-Ing. Jochen Schiemann, Duisburg

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:

Altlastensanierungs- und Altlastenaufbereitungsverband NRW, Hattingen

Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e. V., Bonn

Bundesvereinigung Deutscher Stahl-, Recycling- und Entsorgungsunternehmen e. V., Düsseldorf

CUTEC Institut GmbH, Clausthal-Zellerfeld

Center for Desalination Research and Capacity Building e. V., Duisburg

Deutsche Gesellschaft für Abfallwirtschaft e. V., Berlin

Forschungsinstitut für Edelmetalle und Metallchemie, Schwäbisch Gmünd

Förderverein des Instituts für Energie- und Umwelttechnik e. V., Duisburg

Professor Dr.-Ing. Hans Fahlenkamp, Krefeld

Forschungsinstitut für Tief- und Rohrleitungsbau Weimar e. V.

Gesellschaft zur Förderung angewandter Information e. V., Berlin

Dr. rer. nat. Günther Holtmeyer, Oberhausen

HIAT gGmbH, Schwerin

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, Sondershausen

Leibnitz-Institut für Katalyse e. V. an der Universität Rostock, Rostock

Dipl.-Ing. Gerald Menzler, VIK Energieberatung GmbH, Essen

Professor Dr.-Ing. Bernd Neukirchen, Essen

Netzwerk ZENIT e. V., Mülheim an der Ruhr

Oel-Wärme-Institut GmbH, Herzogenrath

PALAS GmbH, Karlsruhe

Parker Hannifin GmbH, Hiross Zander Division, 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

Universität Duisburg - Essen, Lehrstuhl Thermische Verfahrenstechnik, Duisburg

Universität Duisburg - Essen, Institut für Produkt Engineering, Duisburg

Universität Duisburg - Essen, Institut für Umweltanalytik, Essen

Universität Duisburg - Essen, Institut für Verbrennung und Gasdynamik, Duisburg

Universität Siegen, Lehrstuhl für Energie- und Umweltverfahrenstechnik, Siegen

Verein zur Förderung der Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik e. V., Oberhausen

Verein zur Förderung des Zentrums für Brennstoffzellentechnik e. V., Duisburg

Dr.-Ing. Ragnar Warnecke, Gemeinschaftskraftwerk Schweinfurt

wfk Forschungs-Institut für Reinigungstechnologie e. V. Krefeld

Wilhelm-Klauditz-Institut Fraunhofer Institut für Holzforschung, Braunschweig

Professor Dr.-Ing. Udo Werner, Recklinghausen

Zentrum für Brennstoffzellentechnik GmbH, Duisburg

5.10 Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirates des Instituts für Energie- und Umwelttechnik e. V.

Vorsitzender

Dipl.-Ing. Heinrich Kohl, Proenergy Contracting, Bochum

Mitglieder

Dipl.-Ing. Peter Bollig, Kreis Weseler Abfallgesellschaft, Kamp-Lintfort

Professor Dr.-Ing. Dieter Bathen, Universität Duisburg - Essen

Dr. Wolfgang Berger, Forschungsinstitut für Tief- und Rohrleitungsbau Weimar e. V.

Dr. Willi Braunschädel, Standardkessel Baumgarte Contracting GmbH, Duisburg

Thomas Badenhop, Vaillant GmbH, Remscheid

Professor Dr.-Ing. Otto Carlowitz, CUTEC Institut GmbH, Clausthal-Zellerfeld

Professor Dr.-Ing. Rüdiger Deike, Greifrath

Professor Dr.-Ing. GÖrge Deerberg, Fraunhofer-Institut UMSICHT, Oberhausen

Dipl.-Ing. Peter Felwor, Stadtwerke Duisburg AG

Professor Dr.-Ing. Hans Fahlenkamp, Technische Universität Dortmund

Dr. Renate Freudenberger, Forschungsinstitut für Edelmetalle und Metallchemie, Schwäbisch-Gmünd

Dr. Karl-Josef Geueke, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, Essen

Dr. Heike Glade, Universität Bremen

Professor Dr.-Ing. Rolf Gimbel, Mülheim

Professor Dr. Roger Gläser, Institut für Nichtklassische Chemie e. V., Leipzig

Dr. Günther Holtmeyer, Oberhausen

Dipl.-Ing. Thomas Hinrichs, Berner International GmbH, Elmshorn

Dr. Peter Heinrich, Blücher GmbH, Erkrath

Dr. Bernd Heiting, Krefeld

Dipl.-Ing. H.-J. Haustein, Wesel

Professor Dr. rer. nat. Angelika Heinzel, Zentrum für Brennstoffzellentechnik gGmbH, Duisburg

Dipl.-Ing. Ralf Heidenreich, Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH, Dresden

Dipl.-Ing. Gerhard Kmoch, Altlastensanierungs- und Altlastenaufbereitungsverband NRW, Hattingen

Dipl.-Ing. Heinrich Kohl, Proenergy Contracting, Bochum

Dr.-Ing. Ulrich Lohmann, Hitachi Power Europe GmbH, Duisburg

Dr. Gerd Mützenich, Grevenbroich

Dipl.-Ing. Leander Mölter, PaLas GmbH, Karlsruhe

Dipl.-Ing. Gerald Menzler, VIK Energieberatung GmbH, Essen

Professor Dr.-Ing. Bernd Neukirchen, Essen

Dipl.-Ing. Michael Nolden, ZENIT GmbH, Mülheim an der Ruhr

Dr. rer. nat. hab. Thomas Probst, Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e. V., Bonn

Dr. Stefan Panglisch, IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH, Mülheim

Dipl.-Ing. Ulrich Platthaus, 3 M Deutschland GmbH, Neuss

Dr.-Ing. Hans Roth, Duisburg

Dr. Hermann Josef Roos, Entsorgungsgesellschaft Krefeld GmbH & Co. KG, Krefeld

Dr. Helmut Rode, E.ON Energie AG, München

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtschaftsing. Dirk Sievert,
Aachen

Dr. Andreas Wecker, VGB PowerTech e. V.,
Essen (Gast)

Dr. Michael Schwake, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück

Professor Dr.-Ing. Klaus Gerhard Schmidt,
Kleinmachnow

Professor Dr. C. Torsten Schmidt, Universität
Duisburg - Essen

Professor Dr. rer. nat. Christof Schulz, Universität
Duisburg - Essen

Dr.-Ing. Dirk Sunderer, Uhde Services GmbH,
Haltern am See

Dr. Walter Steudle, Schlaitdorf

Dipl.-Ing. Manfred Sauer-Kunze, GEA Delbag
Lufttechnik GmbH, Herne

Hans-Michael Schuster, Donaldson Filtration
Deutschland GmbH, Haan

Dr. Holger Thoma, K-UTEC Salt Technologies,
Sondershausen

Professor Dr.-Ing. Mathias Ulbricht, Universität
Duisburg - Essen

Professor Dr.-Ing. Udo Werner, Recklinghausen

Dr.-Ing. Ragnar Warnecke, Gemeinschaftskraftwerk
Schweinfurt

Professor Dr.-Ing. habil. Gerd Witt, Universität
Duisburg - Essen

Professor Dr.-Ing. Eckhard Weidner, Fraunhofer-Institut
UMSICHT, Oberhausen

Harald Weiten, Weiten Industrie-Service
GmbH & Co. KG, Wallenhorst

Professor Dr. rer. nat. Harald Weber, Hochschule
Niederrhein, Krefeld

Dr. Andreas Ziolek, EnergieAgentur.NRW,
Düsseldorf

MinR Klaus Sachs, Ministerium für Innovation,
Wissenschaft und Forschung des Landes
NRW, Düsseldorf (Gast)

5.11 Mitglieder des Fördervereins des Instituts für Energie- und Umwelttechnik e. V.

Vorsitzender

Dr. Walter Steudle;
Schlaitdorf

Stellvertreter

Dipl.-Ing. Leander Mölter
PALAS® GmbH, Karlsruhe

Geschäftsführer

Dr.-Ing. Stefan Haep
IUTA, Duisburg

Mitglieder

Professor Dr.-Ing. Dieter Bathen, Duisburg
Professor Dr.-Ing. Rüdiger Deike, Greifrath
Dr.-Ing. Stefan Haep, Dinslaken
Dr. Günther Holtmeyer, Oberhausen
Dr. Thomas Leclaire, Gilching
Professor Dr.-Ing. Bernd Neukirchen, Kettwig
Dipl.-Ing. Jochen Schiemann, Duisburg
Priv. Doz. Dr. Frank Schmidt, Duisburg
Professor Dr.-Ing. K. G. Schmidt, Berlin
Dipl.-Volksw. Günter Schöppe, Meerbusch
Dr. Walter Steudle, Schlaitdorf
Dr.-Ing. Ragnar Warnecke, Schweinfurt

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

Kreis Weseler Abfallgesellschaft mbH & Co.
KG, Kamp-Lintfort

PALAS® GmbH, Partikel- und Lasermess-
technik, Karlsruhe

Rubotherm GmbH, Bochum

Stadt Duisburg

Stadtwerke Duisburg AG, Duisburg

TAG Composites & Carpets GmbH, Krefeld

TROX GmbH, Goch

Universität Duisburg - Essen

Zander Aufbereitungstechnik GmbH, Essen

Zentrum für Brennstoffzellentechnik GmbH,
Duisburg

5.12 Wegbeschreibung zum IUTA

Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V. (IUTA)

Bliersheimer Str. 60

D-47229 Duisburg

Telefon +49 (0) 20 65 418 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.

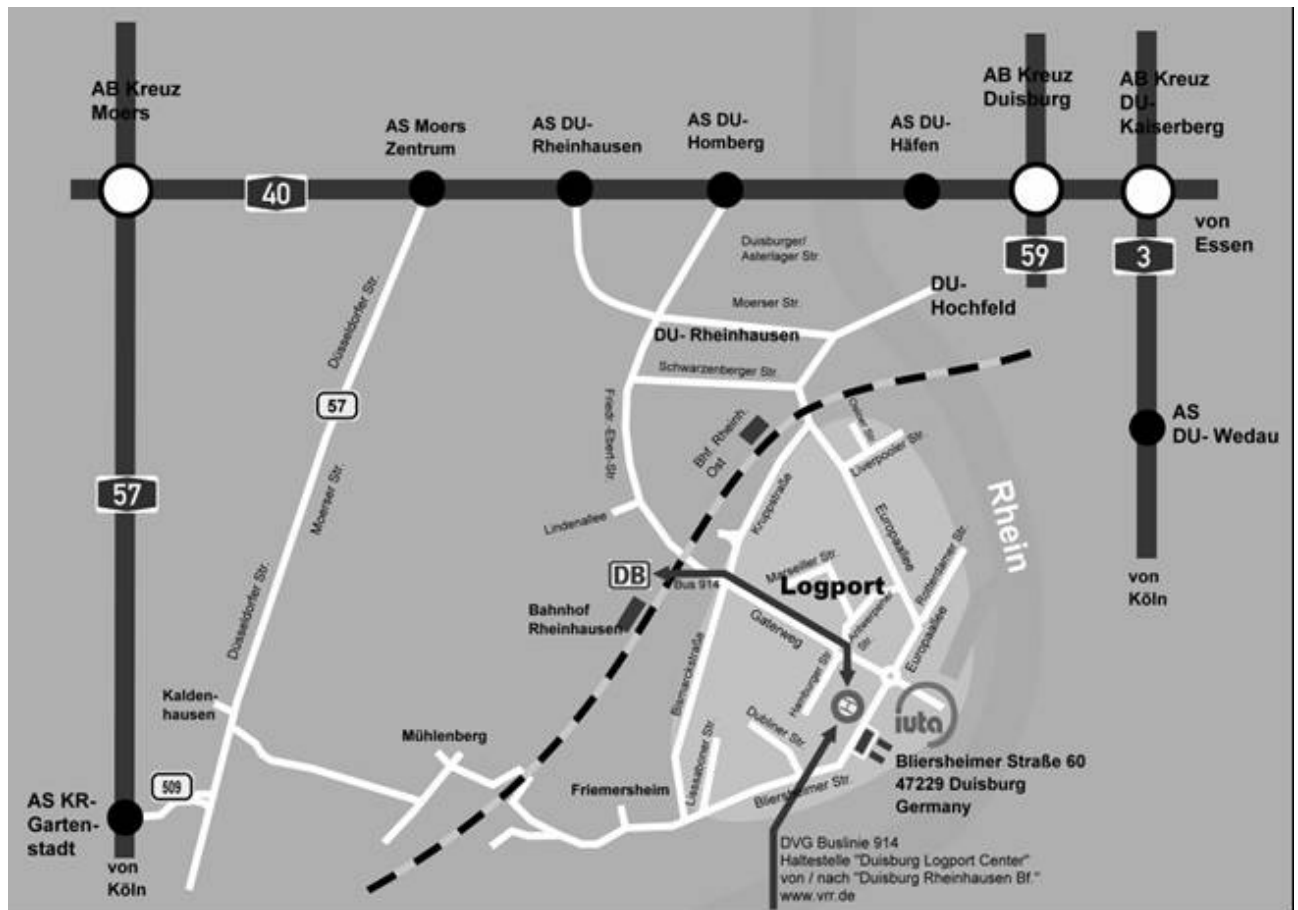


Abbildung 5.1: Skizze IUTA und Umgebung