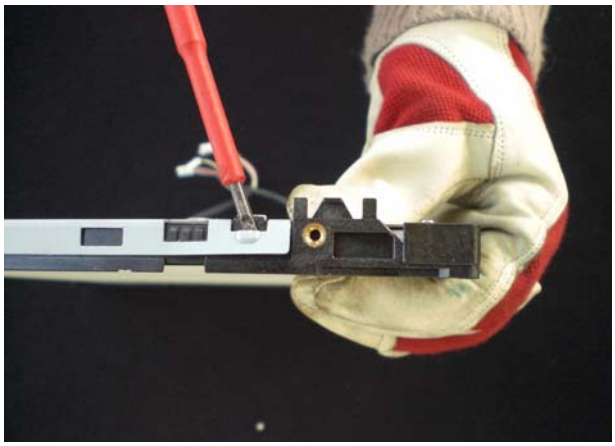
TÄTIGKEITSBERICHT 2009



Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V.

Institut an der Universität Duisburg-Essen

Bildnachweis Deckblatt

oben links: Spatenstich zum Neubau einer Technikumshalle für Versuchsstände zur Gas- und Aerosolfiltration auf der Feier zum 20-Jährigen Jubiläum des IUTA e. V. (St. Peil 2009)

oben rechts: Mehrfach-Effekt-Verdampferanlage (MED) zur Mehrwasser-Entsalzung (IUTA 2009)

unten links: Testen von Filtermaterial im Filterprüfzentrum des IUTA e. V. (IUTA 2009)

unten rechts: Elektronikschrottrecycling - Fachgerechte Demontage und Feinzerlegung im Entsorgungszentrum des IUTA e. V. (IUTA 2009)

Impressum

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

D – 47229 Duisburg

Telefon: +49 (0) 20 65 418 0
Telefax: +49 (0) 20 65 418 211

Vorstand

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

Redaktion
Prof. Dr.-Ing. D. Bathen
Dr.-Ing. S. Haep
Dipl.-Ing. M. Bittig
Dipl.-Ing. A. Hugo

Druck
Universitäts-Druckzentrum, Universität Duisburg – Essen, Campus Duisburg

TÄTIGKEITSBERICHT 2009

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

**Institut an der
Universität Duisburg – Essen**

TÄTIGKEITSBERICHT 2009

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

3 Kompetenzen der Bereiche - expertise of departments 17

4 Arbeitsschwerpunkte und technische Ausstattung der Bereiche 31

4.1 Luftreinhaltung & Prozessaerosole 31

4.1.1 Untersuchungen der Partikelabscheidung in Probenahmeleitungen unter Berücksichtigung von turbulenter Diffusion, Thermophorese und Kondensation 31

4.1.2 Wissenschaftliche Untersuchungen an Drahtgestrick-Tropfenabscheidern in einem erweiterten Technikumswäscher 32

4.1.3 Einfluss von Ladungseffekten bei Nanopartikeln in Hochtemperaturprozessen 33

4.1.4 Feinstpartikelabscheidung für Hochtemperaturprozesse unter Nutzung aktiver und passiver, thermisch induzierter Potenzialfelder 35

4.1.5 Entwicklung einer Schnellmethode zur Überprüfung der Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen im Rahmen der betrieblichen Eigenkontrolle 37

4.1.6 Das Verhalten von Quecksilber in der Gaswäsche 40

4.2 Luftreinhaltung & Filtration 42

4.2.1 Zentrum für Filtrationsforschung und funktionalisierte Oberflächen in NRW - ZF³ 42

4.2.2 Filterprüfzentrum 42

4.2.3 Druckluftfilter-Prüfung im Filterprüfzentrum 44

4.2.4 Messungen am erweiterten Prüfstand für Filterprüfungen nach DIN EN 779 45

4.2.5 Adsorption von Stickoxiden an katalytisch wirkenden Adsorbentien 45

4.2.6 Praxisnahe Untersuchung der Filtereffizienz von Luftfiltern unter besonderer Berücksichtigung der elektrophoretischen Abscheidung 47

4.3 Luftreinhaltung & Nachhaltige Nanotechnologie 50

4.3.1 Verbundprojekt NanoCare - Gesundheitsrelevante Aspekte synthetischer Nanopartikel: Schaffung einer allgemeinen Informations- und Wissensbasis als Grundlage für eine innovative Materialforschung 50

4.3.2 Experimental and numerical simulation of the fate of airborne nanoparticles from a leak in a manufacturing process to assess worker exposure 51

4.3.3 Innovationsallianz Carbon Nanotubes: Verbundprojekt CarboSafe zu Sicherheit, Gesundheit und Qualität im Umgang mit CNT 52

4.3.4 Optimierung eines personengetragenen Thermalpräzipitators 54
4.3.5 ESCAPE: European Study of Cohorts for Air Pollution Effects 55
4.3.6 Entwicklung einer Methode zur kontinuierlichen Messung der Reaktivität von PM_x-Fraktionen der Außenluft mittels Elektronenspinresonanz-Spektrometrie (ESR) 56
4.3.7 Bestimmung natürlicher Feinstaubquellen 57
4.3.8 Räumliche und zeitliche Variabilität von ultrafeinen Partikeln 58
4.3.9 Studie zur Emission von Nanopartikeln aus ausgewählten Produkten in ihrem Lebenszyklus 60
4.3.10 Nanoskalige Partikel an Schweißarbeitsplätzen 62
4.3.11 Umweltrisiken von Nanomaterialien: Untersuchung des Verhaltens ausgewählter Nanomaterialien unter Umweltbedingungen in Abhängigkeit von Form, Größe und Oberflächengestaltung 65
4.3.12 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 67
4.4 Umwelthygiene 68
4.4.1 Entwicklung von Zytostatika Wischtests 68
4.4.2 Automatisierte Probenvorbereitung für die Schnelldetektion von Mykotoxinen am Beispiel Getreide 69
4.4.3 Schimmelpilze in Innenräumen 71
4.4.4 IUTA - Fortbildungen – Diskussion und Transfer von Forschungsergebnissen 72
4.5 Technische Thermodynamik & Gasaufbereitung 73
4.5.1 Entwicklung eines Hochleistungsverdampfers für die Regeneration von Aminen bei der Veredelung von Biogas durch Kohlendioxidentzug 73
4.5.2 Entwicklung einer Wissensdatenbank zur Bewertung der Umweltrelevanz von Produkten, Nebenprodukten und Entfallstoffen 75
4.5.3 Weiterentwicklung eines innovativen Dampf-Reformers für die Hausenergieversorgung 75
4.5.4 Auswahl geeigneter Waschmittel für atmosphärische CO_2-Rauchgaswäschen 78
4.5.5 Bau und Einsatz einer mobilen Anlage zur CO_2-Abtrennung aus Rauchgasen 80
4.5.6 Vergleich von Membrankontaktoren und strukturierten Packungen in einem Gaswäscher zur Abscheidung von CO_2 aus Kraftwerksrauchgasen 82
4.5.6 Vergleich von Membrankontaktoren und strukturierten Packungen in einem Gaswäscher zur Abscheidung von CO_2 aus Kraftwerksrauchgasen 82
4.6 Energieversorgung & Wasserstoff-Technologie 85

4.6.1 Entwicklung eines Filtersystems für partikuläre und gasförmige Luftschadstoffe zur Erhöhung der Standzeit von PEM-Brennstoffzellen 85

4.6.2 Entwicklung eines portablen Hochtemperatur-PEM-Brennstoffzellensystems mit thermisch integriertem Metallhydridspeicher 86

4.6.3 Verdampfungskühlung für PEM-Brennstoffzellen 87

4.6.4 Membranentwicklung für PEM-Brennstoffzellen mit Hilfe eines neuartigen Degradationstests auf Basis einer Brennstoffzellen-Produktwasser-Analytik 89

4.6.5 Brenngaserzeugung aus Rohglyzerin der Biodieselproduktion mit überkritischem Wasser zur Verwertung in einem Verbrennungsmotor 91

4.6.6 Entwicklung eines stationären Brennstoffzellensystems auf Basis Hochtemperatur-PEM zur Bereitstellung von Strom, Wärme und Kälte“ 93

4.6.7 Entwicklung organischer flexibler Solarzellen durch Porphyrin- und CNT-Funktionalisierung textiler Oberflächen - OSoPo 94

4.7 Nano-Energie- & Nanopartikelsynthese 97

4.7.1 NanoEnergieTechnikZentrum (NETZ) Funktionale Nanopartikel-Kompositmaterialien für energietechnische Anwendungen 97

4.7.2 Laserspektroskopische Messung von Temperatur und Eisen-Atomkonzentrationen in Niederdruckflammen zur Herstellung von Nanopartikeln 99

4.8 Messstelle 102

4.8.1 Leistungsspektrum der Messstelle 102

4.8.2 Industrielle Messungen der Druckluftqualität mit einem mobilen IUTA-Prüfstand 105

4.8.3 Diffuse Feinstaub-Emissionen aus Kohlehalden von Kraftwerken 106

4.9 Forschungsanalytik 108

4.9.1 Entwicklung eines Vorhersagemodells für die Hochtemperatur-Flüssigchromatografie 108

4.9.2 Entwicklung eines Verfahrens zur Authentizitätskontrolle 110

4.9.3 Erfassung der biologischen Aktivität von Hausstaub 112

4.9.4 Entwicklung eines multidimensionalen HPLC-Verfahrens 113

4.9.5 Chemische und toxikologische Evaluierung von Transformationsprodukten bei der oxidativen Abwasserbehandlung 115

4.9.6 Energieeffiziente Eliminierung von persistenten Pharmazeutika aus Abwässern mittels eines schadstoffabhängig gesteuerten Oxidationsverfahrens (EPASGO) 116

4.9.7 Dienstleistungen 118

4.10 Entsorgungszentrum 120

4.10.1 Zerlegebetrieb 120

4.10.2 Girls Day / Klick Dich ein 121

4.10.3 Begutachtung von Kühlgeräteentsorgungsanlagen 122

4.10.4 Metallurgische Rückgewinnung von Indium, Gallium und Germanium aus Elektronikschrott und Entwicklung von Aufarbeitungsmethoden für die Verwertungsindustrie 123

4.10.5 Entwicklung einer Demontagewerkbank für die gefahrminimierte Sekundärrohstoffgewinnung aus der Zerlegung von LCD-Bildschirmgeräten 124

4.10.6 Wissenschaftliche Begleitung der Inbetriebnahme von Anlagen zur thermischen und mechanischen Meerwasserentsalzung 125

5 Anhang 127

5.1 Vorträge 2009 127

5.2 Veröffentlichungen 2009 133

5.3 Poster 2009 137

5.4 Forschungspartner und Auftraggeber 142

5.5 Mitarbeit in Ausschüssen und Arbeitskreisen 143

5.6 Mitglieder des Verwaltungsrats des Instituts für Energie- und Umwelttechnik e. V. 146

5.7 Mitglieder des Fördervereins des Instituts für Energie- und Umwelttechnik e. V. 147

5.8 Wegbeschreibung zum IUTA 148

1 Vorwort

Das Jahr 2009 zeigte für Deutschland und insbesondere die deutsche Wirtschaft ein gemischtes Bild. Die schlimmsten Prognosen, z. B. über einen drastischen Anstieg der Arbeitslosigkeit, bewahrheiteten sich zwar nicht, aber viele Branchen und Unternehmen mussten harte Einschnitte verkraften. Insgesamt scheint Deutschland aufgrund des besonnenen verantwortungsvollen Handelns vieler Menschen in Politik und Wirtschaft durch diesen Teil der Krise einigermaßen unbeschadet durchgekommen zu sein; wie der zweite Teil der Krise, insbesondere der Abbau der Staatsverschuldung und die Reform der Kapitalmärkte, bewältigt wird, muss die Zukunft zeigen.

Für IUTA war 2009 insgesamt ein sehr erfolgreiches Jahr, wobei auch in unserem Haus in einigen Bereichen die Wirtschaftskrise zu spüren war. In Zahlen heißt das, dass der (bereinigte) Umsatz wie im Vorjahr 7,5 Mio. € betrug; auch 2009 konnten wir mit einem leichten Überschuss abschließen. Die Zahl der Mitarbeiter stieg von 151 auf 152 mit dem Stichtag 31.12.2009. Insgesamt erwies sich der Mix aus einigen wenigen Großprojekten und einer Vielzahl von kleinen und mittleren Projekten als sehr krisensicher und stabilisierend. Für das Jahr 2010 erwarten wir eine stabile Projektlage und blicken vorsichtig optimistisch in die Zukunft, d. h. wir gehen von einer weiteren Steigerung von Umsatz und Mitarbeiterzahl aus.

Neben dieser kurzfristigen positiven Bestandsaufnahme ist hervorzuheben, dass auch die langfristige Entwicklung des Instituts 2009 einen guten Schritt vorangekommen ist. Es zeigte sich, dass die Fokussierung des Instituts auf die fünf bereichsübergreifend bearbeiteten Leitthemen „Aerosole & Feinstaub“, „(Nachhaltige) Nanotechnologie“, „Funktionale Oberflächen“, „Zukünftige Energieversorgung“ und „Hochtoxische Substanzen“ in Kombination mit gezielten Marketing-Maßnahmen zu einer deutlich besseren Wahrnehmung des Instituts im nationalen und internationalen Umfeld geführt hat. Zu diesen Maßnahmen zählt nicht nur die gesteigerte Anzahl an Vorträgen und Veröffentlichungen in Fachzeitschriften, sondern auch das Engagement in zahlreichen Gremien von der lokalen bis zur internationalen Ebene.

Positiv entwickelte sich auch die enge Verbindung des Hauses mit der Universität Duisburg-Essen, die sich in zahlreichen gemeinsamen Aktivitäten äußert. Zu nennen sind u. a. die Lehrveranstaltungen von IUTA-Mitarbeitern, das Doktoranden-Seminar von IUTA und Universität, die mittlerweile 10 Promotionsvorhaben von IUTA-Mitarbeitern an der Universität, die Arbeit der wissenschaftlichen Direktoren und die vielen erfolgreichen Forschungsprojekte, die in den letzten Jahren durchgeführt bzw. beantragt wurden. Ein kleiner Blick in die Statistik zeigt laufende Projekte mit 11 Lehrstühlen der Universität mit einem Gesamtvolumen von mehreren Mio. € mit Stichtag 31.12.2009.

Im Bereich der Forschung fallen natürlich zunächst die Großprojekte ins Auge. Die in 2008 aufgebauten Nanopartikel-Synthese-Anlagen wurden 2009 weiter optimiert und unterschiedliche Nanopartikel für diverse F&E-Projekte produziert. Diese europaweit einmaligen Anlagen werden zukünftig in vielen Projekten eine große Rolle spielen und sind ein wesentlicher Baustein für die geplante Bewerbung der Universität Duisburg-Essen im Rahmen der nächsten Runde der Exzellenzinitiative.

Das 8 Mio.-Projekt „Zentrum für funktionale Oberflächen und Filtrationsforschung – ZF³“ startete 2009 sehr erfolgreich, u. a. mit einem ersten Treffen des Industriebeirats, an dem

über 30 Unternehmen teilnahmen. Die Planungen für den neuen, dann 3. Hallenkomplex des IUTA laufen auf Hochtouren, das Grundstück hat IUTA bereits erworben. Wenn es wie geplant weitergeht, wird dieser Hallenkomplex im Herbst 2010 errichtet und ab Ende 2010 sämtliche Filtrations-Aktivitäten des IUTA aufnehmen. Mit dieser Infrastruktur und den neuen Geräten und Prüfständen verfügt IUTA dann im Bereich der Filtration/ Adsorption mindestens europaweit über Alleinstellungsmerkmale (Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass in den USA zurzeit ein ähnliches Zentrum aufgebaut werden soll).

Im Gebiet der Nachhaltigen Nanotechnologie konnte IUTA in 2009 seine führende Stellung ausbauen; praktisch in allen relevanten Projekten auf nationaler und internationaler Ebene von CarboSafe (BMBF) bis NanoDevice (EU) ist unser Haus in exponierter Stellung vertreten, viele der relevanten Konsortien werden von IUTA-Mitarbeitern geleitet.

Auch der Bereich der Behandlung von Abwässern, die mit sehr toxischen Komponenten belastet sind, konnte in 2009 gestärkt werden. Zum einen konnte IUTA sehr erfolgreich an entsprechenden Ausschreibungen des Ministeriums für Umwelt- und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV-NRW) teilnehmen, zum anderen stehen zukünftig mit der Übernahme des Ce-Des-Technikums (Center for Desalination) interessante Membran- und Eindampfungsanlagen zur Verfügung. Erste Projekte sind bereits in der Vorbereitung.

Neben diesen sicherlich sehr attraktiven und öffentlichkeitswirksamen Großprojekten darf aber nicht der für das IUTA noch wichtigere Bereich der vielen kleinen und mittleren Projekte vergessen werden. Hier haben es viele Mitarbeiter in jahrelanger Arbeit geschafft, exzellentes Wissen in ihren Arbeitsgebieten und erstklassige Kontakte zu den in ihrem Feld relevanten Unternehmen, Verbänden und Behörden aufzubauen. Diese Aktivitäten erwirtschaften den überwiegenden Teil der Einnahmen des IUTA und nehmen daher auch in diesem Tätigkeitsbericht einen breiten Raum ein.

Ich lade Sie ein, sich mit diesem Tätigkeitsbericht einen ersten Überblick über das IUTA zu verschaffen und wünsche Ihnen eine anregende und interessante Lektüre. Zögern Sie nicht, uns anzusprechen, wenn Sie Fragen oder Anregungen haben; die Kontaktdaten aller Ansprechpartner finden Sie am Ende jedes Artikels oder in unserem Internet-Auftritt www.iuta.de.

Abschließend möchte ich mich noch einmal bei allen Mitarbeitern, Industriepartnern, Gönnern und Unterstützern aus Politik, Wissenschaft und Wirtschaft herzlich bedanken. Insbesondere danke ich den vielen ehrenamtlich engagierten Personen, die uns auch in 2009 wieder hervorragend unterstützt haben; mein besonderer Dank gilt dem Verwaltungsrat unter seinem Vorsitzenden, Herrn Prof. Schramm, und seinen beiden Stellvertretern, Herrn Ellerbrock, MdL und Herrn Prof. Neukirchen, sowie dem Förderverein des Instituts für Energie- und Umwelttechnik (FVEU e. V.), mit seinem Vorsitzenden, Herrn Dr. Steudle, und seinem Stellvertreter, Herrn Dipl.-Ing. Mölter. Zu guter Letzt soll eine besondere Personalie nicht unerwähnt bleiben; Herr Dipl.-Volkswirt Schöppe, seit 1991 Geschäftsführer des IUTA, ist auf eigenen Wunsch zum Ende des Jahres aus dem Vorstand ausgeschieden und wird ab dem 01.01.2010 als Mitglied im Verwaltungsrat unserem Haus auch weiterhin sehr eng verbunden bleiben.

Duisburg, im Februar 2010

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

2 Organisation, Arbeitsweise und Geschäftsverlauf

2.1 Organisation und Arbeitsweise

IUTA hat die Rechtsform eines eingetragenen Vereins. Der Verein ist als gemeinnützig anerkannt und betätigt sich dementsprechend auch überwiegend gemeinnützig. Sowohl für den gewerblichen als auch den gemeinnützigen Bereich versteht sich IUTA als unternehmerisch handelndes Institut, das das Ziel einer Verwertung der erarbeiteten FuE-Ergebnisse verfolgt. Öffentliche Förderung wird für Forschungs- und Entwicklungsprojekte angestrebt, deren Ergebnisse praxisrelevant sind und in der weiteren Betätigung von IUTA zu Erlösen durch Technologietransfer führen sollen. Insofern strebt IUTA 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 01.01.2010

Mitgliederversammlung

Verwaltungsrat

Prof. Dr.-Ing. D. Schramm Universität Duisburg Essen	Vorsitzender
H. Ellerbrock MDL – NRW	Stellv. Vorsitzender
Prof. Dr.-Ing. B. Neukirchen	Stellv. Vorsitzender

Vorstand/Geschäftsführung

Prof. Dr.-Ing. D. Bathen	Wiss. Leiter und Wiss. Direktor
Vertretungsberechtigter Vorstand § 26 BGB	
Dr.-Ing. St. Haep	Vorsitzender und Geschäftsführer
Dipl.-Ing. J. Schiemann	Stellv. Vorsitzender u. Geschäftsführer

Wissenschaftliches Board

Prof.-Dr.-Ing. D. Bathen	Wiss. Leiter und Wiss. Direktor
Prof. Dr.-Ing. K.G. Schmidt	Wiss. Direktor
Prof. Dr. rer. nat. C. Schulz	Wiss. Direktor
Prof. Dr.-Ing. H. Fissan	Wiss. Direktor
sowie die Leiter der Bereiche	

Arbeitsbereiche

Umwelttechnik	Energieverfahrenstechnik	Zentrale Bereiche
Luftreinhaltung & Prozessaerosole Dr.-Ing. St. Haep	Technische Thermodynamik & Gasaufbereitung Dr.-Ing. E. Erich	Messstelle Dipl.-Ing. M. Beyer
Luftreinhaltung & Filtration PD Dr.-Ing. F. Schmidt	Energieversorgung & Wasserstoff-Technologie Dr. rer. nat. St. Peil	Forschungsanalytik Dr.- rer. nat. J. Türk
Luftreinhaltung & Nachhaltige Nanotechnologie Dr. rer. nat. T. Kuhlbusch	Nano-Energie- & Nanopartikelsynthese Prof. Dr. rer. nat. C. Schulz	Entsorgungszentrum Dipl.-Ing. J. Schiemann
Umwelthygiene Dr. rer. nat. T. Kiffmeyer		Verwaltung & Projektmanagement Dipl.-Ing. J. Schiemann

Zum 31.12.2009 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.

2.2 Geschäftsverlauf

IUTA konnte trotz einer insgesamt rezessiven wirtschaftlichen Entwicklung in Deutschland im Jahr 2009 wiederum ein zufriedenstellendes Geschäftsergebnis erwirtschaften. Der behutsame, nachhaltig angelegte Wachstumstrend wurde fortgesetzt. Dieses spiegelt sich in der Verbesserung der Infrastruktur und einer leichten Steigerung der Mitarbeiteranzahl wider.

Gestützt wurde diese Entwicklung maßgeblich durch die vom Bund und Land NRW bereitgestellten zusätzlichen Mittel für Forschung und Entwicklung sowie Gelder für Sanierungsmaßnahmen aus dem Konjunkturpaket I und II in NRW - Förderung von Maßnahmen nach dem Zukunftsinvestitionsgesetz. IUTA hat in hohem Maße von diesen Chancen im Bereich der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF), dem Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) sowie der Spitzentechnologiewettbewerbe des Landes NRW profitiert und konnte für das Jahr 2010 und darüber hinaus ein solides Fundament an Projekterfolgen, die im Wettbewerb mit anderen Forschungseinrichtungen akquiriert wurden, erzielen. Die Positionierung von 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.

Im Geschäftsjahr 2009 sind die Zuwendungsbescheide für die Bewilligung der Großvorhaben

NETZ - NanoEnergieTechnikZentrum

NRW-Wettbewerb NanoMikro
Projektgesamtvolumen rd. 12 Mio. € / IUTA rd. 2 Mio. €

ZF^3- Zentrum für Filtrationsforschung und funktionalisierte Oberflächen

NRW Wettbewerb HighTech
Projektgesamtvolumen rd. 8 Mio. € / IUTA rd. 6 Mio. €

sowie

Bau- und Einsatz einer mobilen Anlage zur CO2-Abtrennung aus Rauchgasen

NRW-Wettbewerb HighTech
Projektgesamtvolumen rd. 4,4 Mio. € / IUTA rd. 0,9 Mio. €

eingegangen. Für das Vorhaben

Natriumalanat-H_2-Speicher

NRW-Wettbewerb EnergieForschung.NRW
Projektgesamtvolumen rd. 1 Mio. € / IUTA rd. 0,36 Mio. €

liegt die Zustimmung für einen förderunschädlichen Maßnahmenbeginn zum Januar 2010 vor.

Darüber hinaus bestehen gute Chancen, die Arbeiten im Bereich der Forschung auf dem Gebiet der nachhaltigen Nanotechnologie im Rahmen des Vorhabens NANOGEM fortzusetzen. IUTA ist in diesem Vorhaben als Konsortialführer und Sprecher des Verbundes aus Industrieunternehmen und Forschungseinrichtungen, in die auch Toxikologen und Risikoforscher eingebunden sind, vorgesehen. IUTA hat sich Mitte 2009 zusammen mit unterschiedlichen Partnern ebenfalls an 5 Ausschreibungen des MUNLV zum Thema "Spurenstoffelimination aus Abwässern" beteiligt. Für 4 Projekte, die noch im Jahr 2010 starten, bestehen gute Aussichten auf eine Förderung.

Der Ausblick auf das Jahr 2010 ist somit wiederum positiv. Durch sinkende Steuereinnahmen besteht jedoch die Gefahr, dass die Etats für Forschung und Entwicklung der Bundes- und auch Landesministerien sinken und damit ein stärkerer Wettbewerb um die verbleibenden Mittel einsetzen wird. IUTA versucht, dieser sich abzeichnenden Entwicklung durch eine verstärkte Kooperation mit Wirtschaftsunternehmen, durch einen Ausbau seiner Alleinstellungsmerkmale und durch Einbindung von IUTA in die NRW-Clusterpolitik, z. B. mit den Cluster NanoMikro+Werkstoffe.NRW, dem Energie- und dem Umweltcluster, und darüber hinaus auch durch die Zusammenarbeit mit verschiedenen weiteren Netzwerken und Verbänden zu begegnen.

Hinsichtlich der Verhandlungen mit dem Ministerium für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie des Landes NRW über die zukünftige Organisationsform und eine optimale zielgerichtete Förderung des Landes NRW sind die Verhandlungen so weit gediehen, dass der IUTA e. V. weiterhin eine Förderung aus der Titelgruppe 73 im Rahmen einer Zielvereinbarung erhält. Für das Institut ist diese Unterstützung des Landes NRW essentiell, da IUTA unter dem Motto "Stärken stärken" seine Aufgaben nur dann effektiv wahrnehmen kann, wenn das Institut 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 Vertragsunterzeichnung der Zielvereinbarung ist für das Frühjahr 2010 vorgesehen.

Als besonderes Ereignis konnte IUTA im Jahr 2009 sein 20-jähriges Bestehen feiern. Unter dem Motto „Gewachsen und in den besten Jahren“ fand am 11. September 2009 die offizielle Würdigung statt.

Gemeinsam mit ca. 100 geladenen Gästen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik sowie vielen ehemaligen und aktuellen Freunden und Förderern des Hauses feierten die Mitarbeiter diesen runden Geburtstag.

Grußworte entrichteten Staatssekretär Dr. Michael Stückrath vom Ministerium für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie des Landes NRW, Professor Dr. Ulrich Radtke, Rektor der Universität Duisburg-Essen, sowie der Oberbürgermeister der Stadt Duisburg, Adolf Sauerland. Den wissenschaftlichen Rahmen spannten namhafte Vortragende wie Professor Ferdi Schüth, Direktor des MPI in Mülheim und Vizepräsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft; Professor David Pui, vielfach ausgezeichneter Aerosolforscher von der University of Minnesota und Präsident der International Aerosol-Research-Assembly (IARA), sowie Dr. Stefan Nordhoff, Leiter des Evonik Science-to-Business-Centers eco^2.

Umsatz- und Auftragsentwicklung

IUTA erreichte im Jahre 2009 mit einem Ergebnis (vor Abschreibungen) in Höhe von +948 T€ (gegenüber +861 T€ in 2008) ein zufriedenstellendes Geschäftsergebnis.

Aus Umsätzen, öffentlichen und privaten Zuwendungen, sonstigen betrieblichen Erträgen sowie Veränderungen an unfertigen Leistungen erzielte IUTA im Jahre 2009 Umsatzerlöse von rd. 7,5 Mio. €

Die periodegerechten Erlöse aus Auftragsforschung, öffentlich geförderter gemeinnütziger Forschung und industrieller Gemeinschaftsforschung, aus Auftragsanalytik und Qualifizierungsmaßnahmen, aus Beratungs- und Veranstaltungstätigkeit lagen im Jahr 2009 auf dem Niveau des Vorjahres.

Die Zuwendungen des Fördervereins des Instituts für Energie- und Umwelttechnik beliefen sich im Jahr 2009 auf 28 T€. Sie sind nach wie vor eine sehr große und wichtige Hilfe, um

Wettbewerbsnachteile gegenüber institutionell geförderten Konkurrenz-Instituten sowie Standortnachteile auszugleichen, "Eigenanteile" für öffentlich geförderte Projekte verfügbar zu haben und neue Arbeitsfelder erschließen zu können.

Der ideelle (nicht unternehmerische) Bereich des IUTA e. V. und die zweckbetrieblichen Aktivitäten (Auftragsforschung, Auftragsanalytik und Beratungstätigkeit) konnten 2009 im Vergleich zum Vorjahr leicht gesteigert werden.

Unter den Zuwendungen und Zuschüssen für Leistungen, die im gemeinnützigen Bereich und im Bereich des Zweckbetriebes erbracht wurden, hatten 2009 wesentlichen Anteil vor allem die Förderung von Projekten der EU, aus dem Bereich des Europäischen Sozialfonds sowie Projekte der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF und ProInno), für die Mittel des Bundesministeriums für Wirtschaft über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen AiF zur Verfügung stehen.

Qualifizierungsmaßnahmen mit ca. 30 Teilnehmern in der zweckbetrieblichen Zerlegewerkstatt für beeinträchtigte Personen haben ebenfalls zu den Umsätzen 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 IUTA weiterhin in der Umweltausbildung und ist anerkannter Bildungsträger des Programms "Werkstattjahr".

Forschungs-, Entwicklungs- und Beratungsarbeiten sowie Analysen werden zwar auch als konkret geforderte Leistungen nachgefragt oder als Wettbewerb ausgeschrieben, i. d. R. erschließt sich dies aber im Dialog mit Partnern aus Wirtschaft sowie Zuwendungsgebern. Diese Akquisitionstätigkeit ist nicht kurzfristig, sondern nur mittelfristig plan- und realisierbar. Firmenkontakte tragen im Allgemeinen erst nach Jahren Früchte, die Entwicklung praxisorientierter Problemlösungen setzt Kreativitätspotenziale auf Seiten der Partner und der Institutsmitarbeiter voraus. Wissenschaftsimmanente Problemfindungen sind bei einem praxisorientierten Institut wie IUTA eine Ausnahme. Förderanträge bedürfen gründlicher Vorbereitung, der Prüfung und Bewertung des Standes der jeweiligen Technik und Wissenschaft, Vorversuchen, Präsentation und Bewertung von Lösungsideen, Suche von Kooperationspartnern und potentiell interessierten Zuwendungsgebern im Bereich von Stiftungen und der öffentlichen Hand. Der Vorlauf einer solchen Projektanbahnung bis zur Bewilligung erfordert i. d. R. eine Zeitspanne von 1-3 Jahren und Projektvorinvestitionen in der Größenordnung bis zu 50 T€ pro Projekt.

Berücksichtigt man Bearbeitungs- und Transferzeiten von erfolgreichen Projekten, so kommt man zu einer Zeitspanne von der Ideengenerierung bis zur praktischen Umsetzung von ca. 8-10 Jahren.

IUTA hat sich 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 2010 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 2010 realisiert werden soll.

Die operative Leitung des Technikums für Meerwasseraufbereitung wurde Ende 2009 vom Center for Desalination Research and Capacity Building e. V. (Ce-Des) auf den IUTA e. V. übertragen. In 2010 werden das Technikum und die Aktivitäten vollständig in IUTA integriert und den Betrieb im Rahmen mehrerer FuE-Projekte aufnehmen.

Mitarbeiter

Am 31.12.2009 waren am Institut für Energie- und Umwelttechnik einschließlich der wissenschaftlichen Direktoren 123 Mitarbeiter beschäftigt. Des Weiteren erhielten im Berichtsjahr weitere rd. 29 Personen im Rahmen von ABM- und Qualifizierungsmaßnahmen eine praxisbezogene Fortbildung.

Den Hauptanteil der IUTA-Mitarbeiter stellen mit 70 Personen wissenschaftliche Angestellte mit Universitäts- bzw. technischem Hochschulabschluss sowie Fachhochschulabschluss. An technischem Personal stehen IUTA 32 Mitarbeiter zur Verfügung. Das Institut beschäftigt 2 Auszubildende im Bereich der chemischen Analytik sowie 1 Auszubildenden im Entsorgungszentrum und ist in diesem Bereich von der IHK geprüfter 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 der Industrie wechseln. Die Mitarbeiterfluktuation war für das Institut im Berichtsjahr gering. Im laufenden Jahr waren an längerfristig angestellten Mitarbeitern im wissenschaftlichen und technischen Bereich vier Abgänge zu verzeichnen. Dem stehen vier Zugänge an wissenschaftlichen und technischen Mitarbeitern im Jahr 2009 gegenüber.

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 2009 wiederum ebenso große Aufmerksamkeit gewidmet wie der Unfallverhütung und der Sicherheit am Arbeitsplatz sowie der Sorgfalt bei der Probenahme und Auftragsabwicklung bei Kunden. Durch entsprechende Vorkehrungen konnte die positive Bilanz der vergangenen Jahre auch im Berichtsjahr fortgesetzt werden. Im Jahre 2009 ereigneten sich keine meldepflichtigen Betriebsunfälle.

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 2009 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, Brandenburg, Bremen, Bayern, Mecklenburg-Vorpommern, Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz, Sachsen-Anhalt, Schleswig-

Holstein, Saarland und Thüringen. Als Forschungsinstitut sichert IUTA 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 IUTA als zurzeit einziges Unternehmen in NRW erlangt hat.

Die Zerlegewerkstatt für Massengüter, die nach 4. BImSchV als Abfallbehandlungsanlage genehmigt ist, wurde 2009 zum 6. Mal in Folge ohne Beanstandung gemäß Entsorgungsfachbetriebe-Verordnung zertifiziert.

Die von IUTA seit mehr als 10 Jahren regelmäßig durchgeführten Fortbildungs-Veranstaltungen "Sicherer Umgang mit Zytostatika" werden inzwischen gemäß den Richtlinien 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. (IUTA) 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, Forschung und Technologie des Landes Nordrhein-Westfalen zu einem der größten verfahrenstechnischen Institute Deutschlands im Bereich der Energie- und Umwelttechnik entwickelt. Den Arbeitsschwerpunkt der 153 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, in diesen Fällen aber auch 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. Insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen benötigen dazu einen barrierefreien Zugang zu anwendungsorientierter Forschung und Entwicklung für innovative Verfahren und Produkte, die insbesondere 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 öffentli-

chen Wirtschaft parallel im Verein zur Förderung der Energie- und Umwelttechnik (VEU) zusammengefunden, um den Aufbau und die Arbeit des Instituts tatkräftig zu unterstützen. Der Verein zur Förderung der Energie- und Umwelttechnik hat seither durch seine umfangreiche finanzielle Unterstützung von IUTA 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.

Der VEU hat seit 1990 als 2. Vereinszweck die Förderung und Organisation der industriellen Gemeinschaftsforschung auf dem Gebiet der Energie- und Umwelttechnik verfolgt. Seit 1991 ist der Verein Mitglied der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke e. V." (AiF) und vertritt dort den genannten Bereich. Er nimmt damit an der vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit geförderten industriellen Gemeinschaftsforschung teil, hat aber in diesem Zusammenhang nie ausschließlich IUTA gefördert. Inzwischen partizipieren etwa 100 Forschungsstellen aus nahezu allen Bundesländern an der vom VEU organisierten "Industriellen Gemeinschaftsforschung" (IGF), wobei FuE-Mittel, bereitgestellt durch das Bundeswirtschaftsministerium, von rd. 7 Mio. € an die Forschungsstellen weitergeleitet werden.

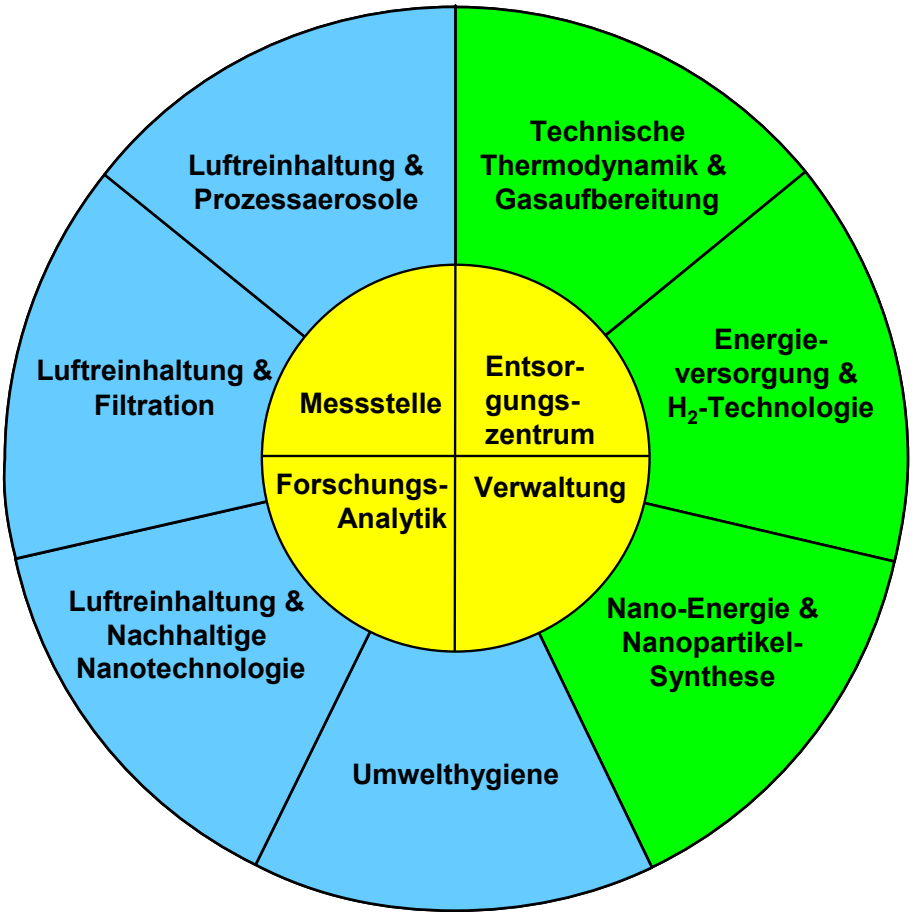
Der Bereich der industriellen Gemeinschaftsforschung hatte damit ein Gewicht erhalten, der es nahe legte, die beiden Vereinszwecke, auch was die Rechtsperson betrifft, zu trennen. Aus diesem Grunde wurde im Jahre 2002 eine Trennung in zwei Vereine vollzogen und dem neu gegründeten FVEU durch Satzungsänderung die Förderung von IUTA übertragen, während der ursprüngliche Verein zur Förderung der Energie- und Umwelttechnik e. V. (VEU) seitdem ausschließlich die Organisation der industriellen Gemeinschaftsforschung wahrnimmt.

Die Förderung des Instituts für Energie- und Umwelttechnik e. V. (IUTA) ist nun zentrale Aufgabe und einziger Vereinszweck des FVEU, dessen Mitglieder entsprechend einer Regelung in der Satzung des IUTA e. V. auch zugleich Mitglieder des IUTA e. V. sind.

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

Organisationsstruktur, Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V.

11 Bereiche
7 Forschungs-Bereiche
Umwelttechnik
Energieverfahrenstechnik
4 Zentrale Bereiche
Zentrale Bereiche



3 Kompetenzen der Bereiche - expertise of departments

Umwelttechnik

Luftreinhaltung & Prozessaerosole	Gas cleaning technologies & Aerosol technology
Dr.-Ing. St. Haep	Dr.-Ing. St. Haep
Gasreinigung hinter Verbrennungsprozessen	Flue gas cleaning
Ausbreitungsrechnungen	Dispersion Modelling
Arbeitsplatzbezogene Luftreinhaltetechnologien	Workplace related air purification
Numerische Mehrphasen-Strömungssimulation	Computational fluid dynamics and CFD modelling
Anlagenbezogene Oberflächenreinigungstechnologien	Surface purification
Partikelsensorik	Particle sensor technology
Nanopartikeltrenntechnik	Separation of nanoparticles

Luftreinhaltung & Filtration	Air Pollution Control & Filtration
PD Dr.-Ing. F. Schmidt	PD Dr.-Ing. F. Schmidt
Filterprüfung, bspw. DIN 71460/ EN 13725 / EN 779 / ISO 12500	Air filter testing, e.g. DIN 71460/ EN 13725 / EN 779 / ISO 12500
Prüfinstitut für Anlagen zur Luftreinhaltung und Filtration	Laboratory for testing of air conditioning and filtration
Geruchsfilter-Prüfstand	Test facility for odour-filters
Adsorption von Schadgasen	Adsorptive gas separation
Aerosole: elektrost. Aufladung und Neutralisierung	Aerosols: electrostatic charging and neutralisation
Modellierung: Aerosoldeposition, Dünnschichtadsorption	Modelling: aerosol deposition, thin film adsorption
Olfaktometrie	Olfactometry

Luftreinhaltung & Nachhaltige Nanotechnologie	Air Quality & Sustainable Nanotechnology
Dr. rer. nat. T. Kuhlbusch	Dr. rer. nat. T. Kuhlbusch
Luftqualität, Exposition und Gesundheit	Air Quality, exposure and health
Nachhaltige Nanotechnologie und Nanopartikelkontamination	Sustainable nanotechnology and nanoparticle contamination
Chemische und physikalische Charakterisierung	Chemical and physical characterization
Quellenidentifizierung und atmosphärische Prozesse	Source apportionment and atmospheric processes
Nanopartikel und Exposition an Arbeitsplätzen	Nanoparticles and exposure at workplaces
Partikelmesstechnik	Particle measurement technology

Umwelthygiene	Environmental Hygiene
Dr. rer. nat. T. Kiffmeyer	Dr. rer. nat. T. Kiffmeyer
Photokatalytische Verfahren	Photocatalytic decontamination
Arbeitsschutzrelevante Schadstoffe	Hazardous substances at the workplace
Innenraumhygiene	Indoor hygiene
Sensoren, Schnelltests	Sensors, rapid tests
Tagungen, Fortbildungen	Training and Seminars

Energieverfahrenstechnik

Technische Thermodynamik & Gasaufbereitung	Technical Thermodynamics & Gas Processing
Dr.-Ing. E. Erich	Dr.-Ing. E. Erich
Katalytische Gasaufbereitung	Catalytic gas treatment
Absorptive Gasreinigung	Gas cleaning by absorption
Energetische Verwertung von Biomasse	Energy production with bio-materials
Brennstoffzellenkonzepte	Concepts for fuel cells
Beratungen, Gutachten, Auftragsforschung	Proceedings, surveys, contract research

Energieversorgung & Wasserstoff-Technologie	Energy Supply & Hydrogen Technology
Dr. rer. nat. St. Peil	Dr. rer. nat. St. Peil
PEM-Brennstoffzellentechnologie	PEM-fuel cell technology
Reformierung mit überkritischem Wasser	Supercritical water reforming
Wasserstoffspeicher	Hydrogen storage
Organische Solarzellen	Organic photovoltaic cells

Nano-Energie- & Nanopartikelsynthese	Nano-Energy & Nano Particle Synthesis
Prof. Dr. rer. nat. C. Schulz	Prof. Dr. rer. nat. C. Schulz
Hochspezifische Nanopartikel-Synthese	Synthesis of Highly Specific Nanoparticles

Zentrale Bereiche

Messstelle	Measurement and Testing
Dipl.-Ing. M. Beyer	Dipl.-Ing. M. Beyer
Emissionsmessungen BImSchG	Measurement of emission
Immissionsmessungen BImSchG Feinstaub PM_{10}, org., anorg Gase, EC/OC, NCBA	Measurement of immission
Arbeitsplatzmessungen nach TRGS	Measurements at working place
Messung der Partikelgrößenverteilung in industriellen Abgasen	Measurement of particle size distribution in industrial waste gases
Druckluft-Qualitätsuntersuchungen	Compressed air quality measurements
REM-Untersuchungen inkl. EDX	Determination with slow scanning electronic microscope incl. EDX
Partikeluntersuchung in Flüssigkeiten	Measurement of particle distribution in liquid

Forschungsanalytik	Research Analysis
Dr. rer. nat. J. Türk	Dr. rer. nat. J. Türk
Analysentechnik	Analytical Technologies
Abwassertechnik	Waste Water Technologies
Arzneimittel und Spurenstoffe in der Umwelt	Pharmaceuticals and trace pollutants in the environment
Innovative chromatografische Verfahren und Kopplungstechniken	Innovative chromatographic and hyphenation techniques
Software gestützte Methodenentwicklung	Computer assisted method development
Methodenentwicklung und Spezialanalytik für FuE Anwendungen	Method development and specialised analytical methods for R&D applications
PharmaMonitor Analysis-Cleaning	PharmaMonitor Analysis-Cleaning

Entsorgungszentrum	Waste Treatement & Recycling Center
Dipl.-Ing. J. Schiemann	Dipl.-Ing. J. Schiemann
Recycling von Massengütern	Recycling of bulk material
Begutachtung und Bilanzierung von Kühlgeräteentsorgungsanlagen	Survey and evaluation of recycling plants for cooling units
Aufbereitung technischer Kunststoffe	Processing and treatment of technical plastics
Ausbildung im Bereich „Umwelt- und Kreislaufwirtschaft“	Education and training „environment and recycling management“
Untersuchungen von Shredderleichtfraktionen	Analysis of shredder “light” fractions
Wasserentsalzung	Water desalination

Bereich: **Luftreinhaltung & Prozessaerosole**

Geschäftsfeld: Umwelttechnik

Department: **Gas cleaning technologies & Aerosol technology**

Bereichsleitung / unit head: 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

Dipl.-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), Prüfmethoden (Rückhaltevermögen von Sicherheitswerkbänken)

Workplacerelated 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 und 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)

Surface purification technologies

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

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

Bereich:	**Luftreinhaltung & Filtration**
Geschäftsfeld:	Umwelttechnik
Departement:	**Air Pollution Control and Filtration**
Bereichsleitung / unit head:	PD Dr.-Ing. Frank Schmidt (0203-379-2780), f.schmidt@iuta.de
Laborleitung / laboratory head	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. Uta Sager (0203-379-3923) sager@iuta.de

Dipl.-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 (-255) kerssenbomm@iuta.de

Dipl.-Ing. G. Lauber (-255) 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 Dieselabgasaerosolen

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.de

Dipl.-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 Dieselabgasaerosolen

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.de

Dipl.-Chem.-Ing. Engin Egrioglu (-154) 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; Rechnung zur Geruchsausbreitung mit AUSTAL2000G; Forschungsarbeiten und Gutachten

Olfactometry

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

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Chem. Hartmut Finger (-220) finger@iuta.de

Dipl.-Chem.-Ing. Engin Egrioglu (-154) egrioglu@iuta.de

Prüfinstitut für Anlagen zur Luftreinigung und Filtration

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

Laboratory for testing of air conditioning/ filtration facilities

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

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Lab.-Chem. Gerhard Rapp (-219), rapp@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 Durchbruchskurven, 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:

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

Dipl.-Lab.-Chem. Gerhard Rapp (-219), rapp@iuta.de

Modellierung

Partikeldynamik und –deposition, dynamische Adsorptionprozesse in Festbetten

Modelling

Particle dynamics and deposition, dynamic adsorption processes in fixed beds

Ansprechpartner/Contact person:

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

ZF³

Entfernung von hochtoxischen Komponenten aus Gasen, Filtration von Flüssigaerosolen und Partikelabscheidung an Faserfiltern

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

Ansprechpartner/Contact person:

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

Bereich: **Luftreinhaltung & Nachhaltige Nanotechnologie**

Geschäftsfeld: Umwelttechnik

Department: **Air Quality & Sustainable Nanotechnology**

Bereichsleitung / unit head: 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. Astrid John (-214) johnas@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 (SMPS; FMPS, 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 (SMPS, FMPS, APS), mass concentrations, discontinuous (filter sampler) and continuous (TEOM), number concentration (CPC); soot concentration (aethalometer); lung deposition surface aera 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: **Umwelthygiene**

Geschäftsfeld: Umwelttechnik

Department: **Environmental Hygiene**

Bereichsleitung / unit head: 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 (insbesondere Mykotoxinen) 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 (esp. mycotoxins), 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 physikochemischen Sensoren und Schnelltests,
Validierung von Sensoren und Schnelltests mittels instrumenteller analytischer Referenzverfahren, Implementierung von on-line-Sensoren in Steuerungssysteme und technische Anlagen

Sensor and rapid testst

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 gruppenspezifischen 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

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

Catalytic gas treatment

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

Ansprechpartner/Contact person:

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

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

Absorptive Gasreinigung

Druckgaswäsche zur Absorption saurer Gasbestandteile, Empirische Optimierung von Druckgaswäschen, Untersuchung zur Degradation von Aminen, Einsatz von Aminwäschen und Pottasche zur CO_2-Abscheidung aus Rauchgasen und Biogasen

Gas cleaning by absorption

Pressurized gas scrubber for the absorption of acid gas compounds, empirical optimization of pressurized gas scrubber, investigation for the degradation of amines, CO_2-separation from flue gases and biogas with an amine scrubber and potash-solution

Ansprechpartner/Contact person:

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

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

Biomasse und energetische Verwertung

Ofenkatalysator für Kleinfeuerungsanlagen, Biomassevergasung, Gegenstromvergaser

Biomass and energy recovery

Catalytic converter for domestic fire places , biomass gasification, updraft gasifier

Ansprechpartner/Contact person:

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

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

Brennstoffzellenkonzepte

Reformierung von Methan,
Entwicklung neuer Brennstoffzellen

Concepts for fuel cells

Steam reforming of methane and natural gas, new concepts for fuel cells

Ansprechpartner/Contact person:

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

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

FuE-Dienstleistungen, Beratungen, Gutachten, Auftragsforschung

Gewinnung von Metallen aus Abfallströmen,
Eintrag von Metallen in die Umwelt
Gutachten und Analysen zu: Abfall- und Umweltmanagement, Biomasseverwertung, Altlastensanierung

Research and development services, proceedings, surveys, contract research

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

Ansprechpartner/Contact person:

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

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

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

Dr. rer. nat. C. Kube (-213)
kube@iuta.de

Rationelle Energienutzung

Energiekonzepte und Betriebsuntersuchungen, Energiewirtschaftliche Bewertung von Optimierungsmaßnahmen, Beurteilung der Energie- und CO_2-Effizienz von Anlagen

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

Ansprechpartner/Contact person:

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

Bewertungsverfahren

Entwicklung von Benchmarkinginstrumenten zur Beurteilung der Energie- und Emissionseffizienz von energieintensiven Produktionsprozessen

Assessment procedures

Development of benchmarking procedures to evaluate the energy and emission efficiency of energy demanding production processes

Ansprechpartner/Contact person:

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

Optimierung von CCS

Optimierung der Effizienz und Effekivität der CO_2-Gaswäsche durch alternative Kolonneneinbauten,
Optimierung der Waschmittelaufbereitung
innovative Konzepte zur CO_2-Abtrennung im Kraftwerksprozess,
Rauchgaskonditionierung,
Prozesskontrolle und -analytik

Optimisation of CCS

Optimisation of efficiency and effectiveness of CO_2 gas scrubbing by alternative packings,
optimisation of bleed stream recycling,
innovative concepts of CO_2 capture in power plants,
flue gas conditioning,
process control and analysis

Ansprechpartner/Contact person:

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

FuE-Dienstleistungen, Beratungen, Gutachten

Energieflussanalysen, Thermografie
Blower Door Test, Charakterisierung von Brennstoffen mittels RFA, Studien zu Verfahren zur CO_2-Abscheidung, Studien zur KWK-Kopplung und zur Abwärmenutzung in der Industrie

Research and development services, proceedings, surveys

Energy analysis of processes, thermography, blower door test, charakterisation of solid biofuels by XRF, surveys on processes of CO_2 capture, surveys on combined heat and power generation in industry, surveys on waste heat recovery

Ansprechpartner/Contact person:

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

Bereich: **Energieversorgung & Wasserstoff-Technologie**

Geschäftsfeld: Energieverfahrenstechnik

Department: **Energy Supply & Hydrogen Technology**

Bereichsleitung / unit head: Dr. rer. nat. Stefan Peil (-223), peil@iuta.de

PEM-Brennstoffzellentechnologie	**PEM fuel cell technology**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Brennstoffzellen-Produktwasser: Quantitative Kondensation des aus der Brennstoffzelle ausgetragenen Wassers zur Untersuchung von Degradationsprozessen in der Brennstoffzelle	Product water of the fuel cell: Quantitative condensation of the fuel cell water for analysis of degradation processes in the fuel cell	Dr. rer. nat. Stefan Peil (-223) peil@iuta.de Dipl.-Ing. Kirsten Helle (-222) helle@iuta.de
Brennstoffzellen-Wasserhaushalt: Quantitative Bestimmung des anodenseitigen und kathodenseitigen Wasser-Austrags in Abhängigkeit vom Befeuchtungswasser-Eintrag und der Produktwasser-Bildung	PEM water balance Quantitative Analysis of anodic and cathodic water ouput in dependence on the input of water for humidification and in dependence on the originating product water	Dipl.-Ing. Georg Moldenhauer (-223) moldenhauer@iuta.de
Verdampfungskühlung für Brennstoffzellen: Untersuchung und Optimierung von Verdampfungsstrukturen in Bipolarplatten zur Realisierung eines effektiven Wärmeaustrags auf hohem Nutztemperaturniveau	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	
Partikeleintrag in Brennstoffzellen: Untersuchung des Partikeleinflusses in der Betriebsluft auf Leistung und Standzeit von Brennstoffzellen	Input of particles into fuel cells: Investigation of the effects of particles in the operating air on the performance and lifetime of fuel cells	
Effektive Nutzung der Wärme von Brennstoffzellen: Aufbau und Betrieb eines Systems aus HT-PEM-Brennstoffzelle und Absorptionskälteanlage in einem Demonstrationscontainer zur Bereitstellung von Strom, Wärme und Kälte	Efficient use of the heat of fuel cells: Construction and operation of a system interconnection between HT-PEM-fuel cell and absorption refrigeration for the supply of electric energy, heating energy and cooling energy	
Reformierung mit überkritischem Wasser	**Supercritical water reforming**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Erzeugung von Wasserstoff aus organischen Materialien mit überkitischem Wasser (SCWR-Verfahren)	Generation of fuel gas from organic materials with supercritical water (Super-Critical Water Reforming SCWR)	Dr. rer. nat. Yevgeny Makhynya (-224) makhynya@iuta.de
Erzeugung von Brenngas aus Rohglyzerin der Biodieselherstellung zur energetischen Verwertung	Generation of fuel gas from crude glycerine of the biodiesel production for energetic utilization.	
Wasserstoffspeicher	**Hydrogen storage**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Entwicklung von Wasserstoffspeichern auf Natriumalanat-Basis mit integriertem Wärmeübertrager zur thermischen Kopplung mit Brennstoffzellen	Development of hydrogen storage tanks based on sodium aluminium hydride with integrated heat exchanger for thermal coupling to fuel cells	Dipl.-Ing. Robert Urbanczyk (-224) urbanczyk@iuta.de
Organische Solarzellen	**Organic photovoltaic cells**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Untersuchung der Effizienz und Langzeitstabilität gegenüber Witterungseinflüssen neuartiger organischer Solarzellen	Investigation of the efficiency and the long term stability under climatic influence of new organic photovoltaic cells	Dipl.-Ing. Georg Moldenhauer (-223) moldenhauer@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 Betrieb und Optimierung von drei Reaktoren im Technikums-Maßstab für die Produktion von hochspezifischen Nanopartikeln für verschiedene Anwendungen	**Synthesis of Highly Specific Nanoparticles** Operation and optimization of three reactors (pilot plant scale) for production of highly specific nanoparticles for different applications	**Ansprechpartner/Contact person:** Dipl.-Phys. Tim Hülser (-302) huelser@iuta.de Dr.-Ing. Sophie M. Schnurre (-302) schnurre@iuta.de
Prozessbegleitende Analyse-Methoden In-situ Laserdiagnostik im Bereich der Partikelerzeugung Online Atmosphärendruck-Partikel-Massenspektrometer GC/MS Online QMS	**In-process analysis** In-situ laser diagnostics during production of particles Online particle mass spectrometer GC/MS Online QMS	**Ansprechpartner/Contact person:** Dipl.-Phys. Tim Hülser (-302) huelser@iuta.de Dr.-Ing. Sophie M. Schnurre (-302) schnurre@iuta.de

Bereich: **Entsorgungszentrum**

Geschäftsfeld: Zentrale Bereiche

Department: **Waste Treatment & Recycling Center**

Bereichsleitung / unit head: 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 Kühlgerätentsorgungsanlagen

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 Leitfaden, 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 effeciveness 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

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)

Desalination

Thermal desalination with vacuum distillation, Multiple-effect distillation plant with thermal vapor compression (MED-TVC), Membrane processes: microfiltration (MF), nanofiltraion (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 (-259)
j.schiemann@iuta.de

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

Bereich: **Messstelle**

Geschäftsfeld: Zentrale Bereiche

Department: **Measurement device**

Bereichsleitung / unit head: Dipl.-Ing. Mathias Beyer (-272), beyer@iuta.de

Emissionsmessungen

Anerkannte Messstelle nach §§ 26, 28 BImSchG für die Bereiche Staub, Feinstaub (PM_{10}, PM_4, $PM_{2,5}$), Staubinhaltsstoffe, anorganische Gase, organische Gase und hochtoxische organische Stoffe (PCDD/F, PAK etc.)

Measurement of emission

Certified measurement department according to §§ 26, 28 BImSchG for parameters dust, fine dust (PM_{10}, PM_4, $PM_{2,5}$) 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

Immissionmessungen

Anerkannte Messstelle für Messungen und Begutachtung von Immissionsbelastungen in der Außenluft, PM_{10}, $PM_{2,5}$, PM_1, 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 PM_{10}, $PM_{2,5}$, PM_1, and organic and anorganic gases (BTXE, NOx, 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 guidelines 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
Neu: 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
New: 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. Optimiert 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, Deposition, 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 concentration, size distribution

Ansprechpartner/Contact person:

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

Bereich: Forschungsanalytik

Geschäftsfeld: Zentrale Bereiche

Department: Research Analysis

Bereichsleitung / unit head: Dr. rer. nat. Jochen Türk (-179), tuerk@iuta.de

Analysentechnik

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

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

Ansprechpartner/Contact person:

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

Abwassertechnik

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

Waste Water Technologies

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

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. Jochen Türk (-179)
tuerk@iuta.de

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

Pharmaceuticals and mirco 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

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. Jochen Türk (-179)
tuerk@iuta.de

Methodenentwicklung und Spezialanalytik für FuE-Anwendungen

Wissenschaftlich fundierte Entwicklung und Validierung leistungsfähiger Spezialverfahren für Forschungsvorhaben, Kooperationspartner und externe Auftraggeber;
breite Palette an Analysenverfahren und bestimmbaren Parametern:
GC, HPLC, GC-MS, LC-MS/MS, LC-MS^n

Method development and specialized analytical methods for R&D applications

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

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. Jochen Türk (-179)
tuerk@iuta.de

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

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-Speciesanalytik
Reinigungsvalidierung, Dekontamination, Außenkontaminationen

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. Jochen Türk (-179)

Christiane Balden (-157)

analysis@pharma-monitor.de

4 Arbeitsschwerpunkte und technische Ausstattung der Bereiche

4.1 Luftreinhaltung & Prozessaerosole

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

Das Forschungsprojekt verfolgt 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 der hier betrachteten Probenahme ist die Strömung 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 0,2 µm ergibt sich aufgrund der turbulenten Diffusion eine deutlich 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 ist die Validierung der theoretischen Untersuchungen durch begleitende Messungen. Hierzu wurde ein Versuchsstand konzipiert, der aus zwei isolierten, doppelwandigen Rohren von jeweils 5 m Länge besteht (Bild 4-1).

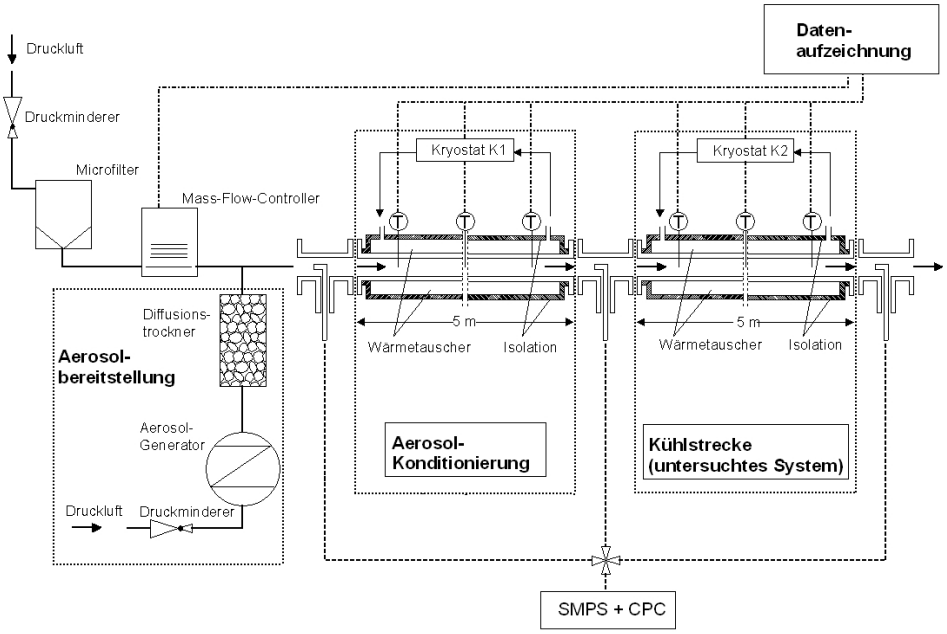


Bild 4-1: Experimenteller Aufbau

Das erste Rohr dient zur Aerosolkonditionierung, wohingegen das zweite Rohr das zu untersuchende System darstellt. Durch die Temperierung mittels zweier Kryostaten ist es möglich, Versuche zur Partikelabscheidung infolge von Thermophorese bzw. Untersuchungen zur Kondensation am selben Prüfstand durchzuführen.

Die Ergebnisse werden nicht nur maßgeblich zur Quantifizierung der Partikelverluste bei Emissionsmessungen beitragen, sondern fließen auch direkt in konstruktive Maßnahmen und Veränderungen im Aufbau der Messeinrichtungen ein.

Das Forschungsvorhaben 15821 N der Forschungsvereinigung VEU 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.

Ideen eine Zukunft geben

Ansprechpartner:

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

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

4.1.2 Wissenschaftliche Untersuchungen an Drahtgestrick-Tropfenabscheidern in einem erweiterten Technikumswäscher

In der industriellen Praxis werden Flüssigkeitströpfchen aus strömenden Gasen häufig mit Drahtgestrick-Tropfenabscheidern (Demister) entfernt. In der chemischen Industrie sind solche Tropfenabscheider weit verbreitet. Vor dem Hintergrund stetig wachsender Anforderungen an die Luftreinhaltung müssen immer leistungsfähigere Abscheider angeboten werden.

Die gezielte Verbesserung der Demister durch Weiterentwicklung und Optimierung hinsichtlich Material, Form und Anordnung kann an einem Technikumswäscher des IUTA überprüft werden. Es können Versuche an Demistern unter praxisnahen Bedingungen, insbesondere bei Feuchten >90%, durchgeführt werden.

Zur Charakterisierung und Bewertung der Demister wird als eine bestimmende Kenngröße neben dem Druckverlust der Fraktionsabscheidegrad mit Bestimmung des Grenztropfens herangezogen. Zur Bestimmung des Fraktionsabscheidegrads werden Konzentration und Größenverteilung des Aerosols mit einem optischen Partikelzähler gemessen, hier mit einem „welas 3000“ der Firma Palas, Karlsruhe.

Wesentliche Neuerung ist der modulare Aufbau der zu untersuchenden Demister. Die dazu notwendige Modulhalterung wurde von der Firma Vereinigte Füllkörper-Fabriken GmbH & Co. KG (VFF) zur Verfügung gestellt. Diese ermöglicht die Variation des Demisters bezüglich unterschiedlicher Lagen, Höhen und Drainageschichten. Bild 4-2 zeigt Demistermodule unterschiedlicher Höhen. Die bei den Untersuchungen entstandene Datenmatrix wird von VFF benutzt, ihre Produkte weiter zu verbessern und neue Anordnungen zu entwickeln. Bild 4-3 zeigt die

Fraktionsabscheidegrade eines Moduls bei verschiedenen Anströmgeschwindigkeiten.

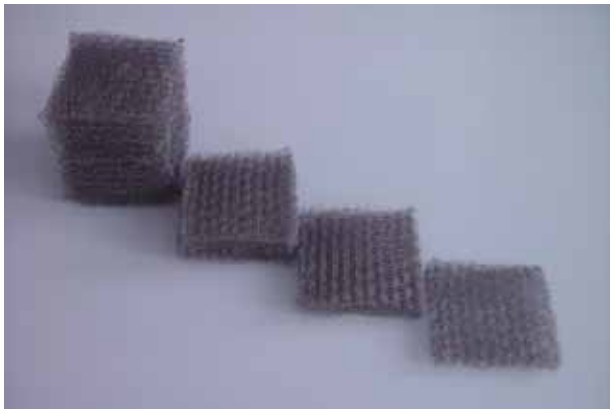


Bild 4-2: Demistermodule unterschiedlicher Höhen

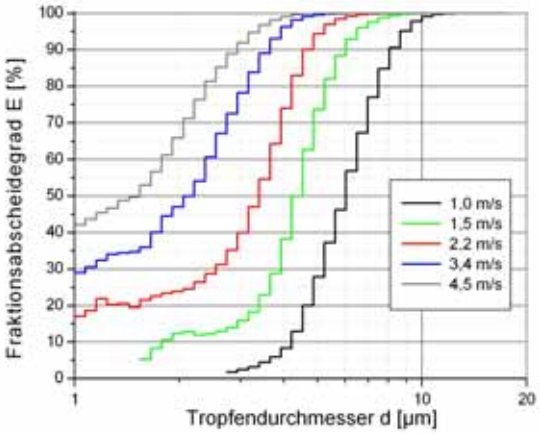


Bild 4-3: Fraktionsabscheidegrade eines Demistermoduls bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten

Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Ansprechpartner:

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

4.1.3 Einfluss von Ladungseffekten bei Nanopartikeln in Hochtemperaturprozessen

Die großtechnische Herstellung von Nano- und Mikro-Partikeln, wie z. B. die Pigment- und Rußproduktion, findet überwiegend in Aerosolreaktoren und Kristallisatoren statt. Die Eigenschaften dieser dispersen Systeme sind aus zwei Gründen schwer vorauszusagen:

1) Die Reaktoren sind sehr inhomogen, so dass die Mischung und der Transport der Reaktanden nur mittels Computational Fluid Dynamics (CFD) Software zu beschreiben sind.

2) Bisher ist kommerzielle Software nur in der Lage, eine Partikeleigenschaft, und zwar die „Größe“, zu simulieren (z. B. FPM, PARSIVAL).

Die Partikelgröße ist eine wichtige Eigenschaft, aber auch die chemische Zusammensetzung, die Kristallmodifikation, die Größe der kristallinen Bereiche innerhalb der Nanopartikel, die Anzahl der Primärpartikel innerhalb eines agglomerierten Partikels, die Primärpartikelgröße und auch der Sintergrad der Primärpartikel können eine wichtige Rolle in der Anwendung spielen. Besonders bei Anwendungen, die funktionelle Eigenschaften der Nanopartikel nutzen (z. B. als Katalysator oder als Funktionsschicht in der Gassensorik), sind Kenntnisse über andere Eigenschaften als nur die Partikelgröße wesentlich. Sehr oft werden Produkte empirisch entwickelt, da die Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften der Nanopartikel und den Produkteigenschaften des Endproduktes nicht bekannt sind.

Die Situation wird komplexer dadurch, dass die Eigenschaften oft eine Verteilungsfunktion aufweisen. Dies ist bekannt für die Partikelgröße, jedoch weniger für die weiteren Eigenschaften. Verteilte Eigenschaften (wie z. B. Größe, Form, chemische Zusammensetzung,

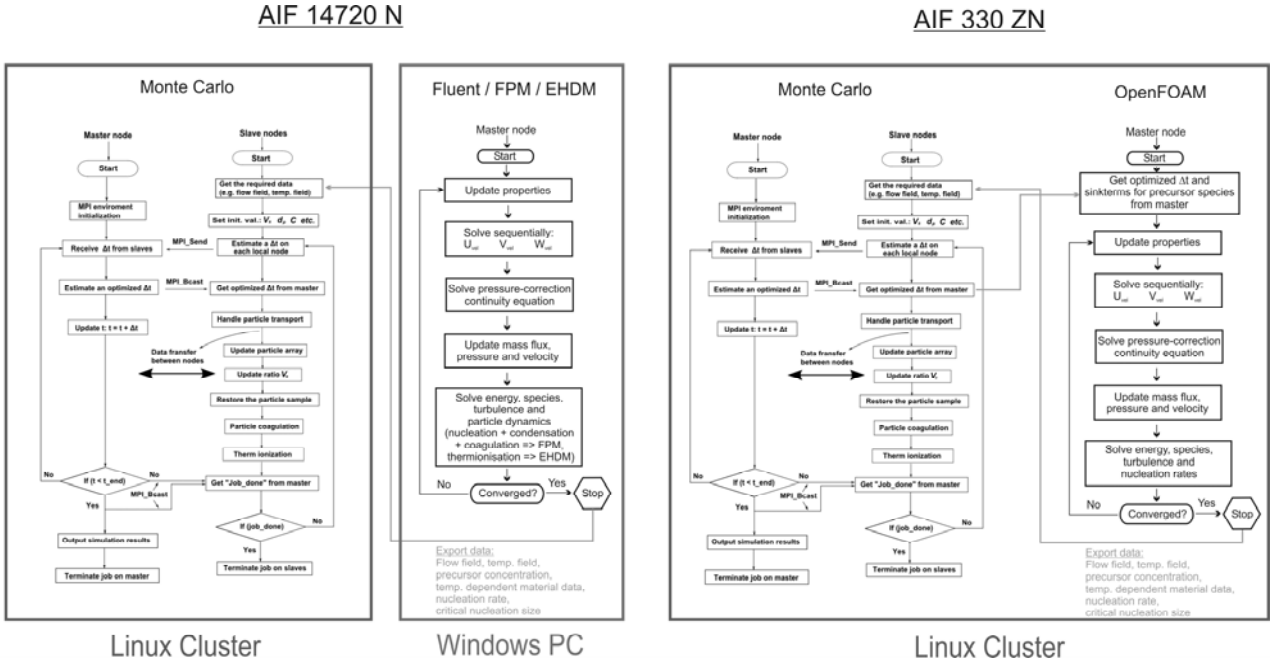


Bild 4-4: Konzept für die Kopplung von CFD- und MC-Software

Ladungszustand, Sintergrad, Kristallmodifikation) werden bisher üblicherweise mittels Populationsbilanzen simuliert, was aber für Systeme mit mehrdimensionalen Eigenschaften sehr zeitaufwändig ist. Ein an der Universität Duisburg-Essen entwickeltes Monte-Carlo-Simulationsverfahren erlaubt eine relativ einfache und numerisch effiziente Simulation verteilter Eigenschaften. 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.

Ziel des Anschlussvorhabens 330 ZN ist es, die Monte-Carlo-Simulationsmethode zur Berechnung von Produkteigenschaften von Nanopartikeln so weiterzuentwickeln, dass diese für die ortsaufgelöste Simulation unter realen Prozessbedingungen eingesetzt werden kann, um damit erstmals eine umfassende Kontrolle der Produkteigenschaften zu ermöglichen.

Bild 4-4 zeigt das bereits realisierte Konzept, wie es im abgeschlossenen Projekt zum Einsatz kam, und das Konzept für die geplante Weiterentwicklung der Kopplung.

Im Gegensatz zum Vorläufervorhaben soll nun ein open source CFD-Programm die Berechnung der für die Partikelsimulation wichtigen Größen wie Temperatur und Strömungsverhältnisse durchführen, während eine Monte-Carlo-Simulation die Entwicklung der relevanten Produkteigenschaften der Nanopartikel beschreibt. Die numerische Methode wird mittels ortsaufgelöster in situ Messungen der Produkteigenschaftsverteilung an einem Heißwandreaktor im Labormaßstab validiert. Diese Produkteigenschaften sind u. a. Sintergrad, Partikelform, chemische Zusammensetzung, Kristallinität und harte oder weiche Sinterhälse. Anhand der gewonnenen ortsaufgelösten experimentellen Daten erfolgt die Validierung der ebenfalls ortsaufgelösten CFD/MC-Software. Nach erfolgter Validierung am Heißwandreaktor wird als technischer Anwendungsfall mit besonders großer kmU-Relevanz die Dimensionierung einer Anlage zur Bereitstellung eines Test-Aerosols mit konstanter Partikelanzahlkonzentration simuliert.

Das Forschungsvorhaben 330 ZN der Forschungsvereinigung VEU 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.

Das Vorhaben wird von September 2009 bis August 2011 durchgeführt.

Ideen eine Zukunft geben

Ansprechpartner:

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

4.1.4 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. Daher verschlechtert sich das Regenerierungsverhalten, und der Druckverlust steigt an. Für Hochtemperaturprozesse ist zurzeit keine Feinstpartikelabscheidung großtechnisch realisiert.

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

Die dem empirisch entwickelten Abgasreinigungsverfahren für Feinstpartikeln zugrunde liegenden Wirkmechanismen wurden im Rahmen des IGF-Vorhabens 149 Z 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 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- (TiO_2 und Metall) sowie Schlackepartikeln im elektrischen Feld untersucht wird.

Hierzu wurde, im Rahmen eines Verbundvorhabens von IUTA, dem Karlsruher Institut für

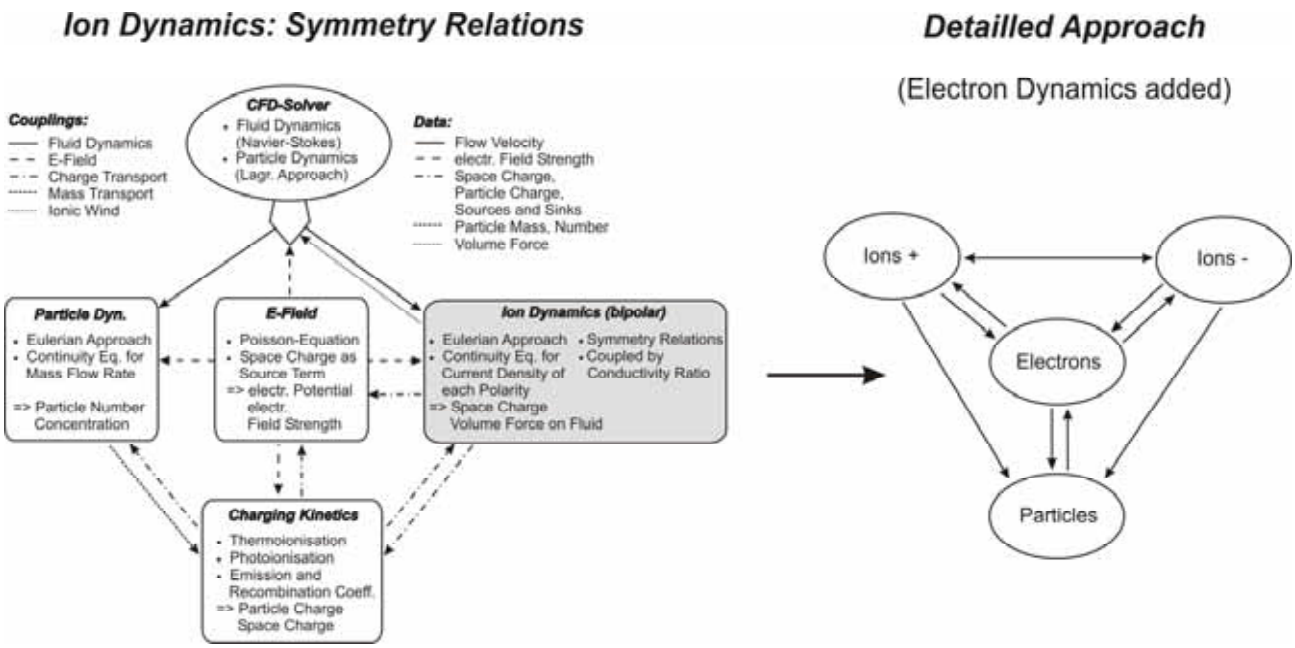


Bild 4-5: Schematischer Aufbau des EHDM und durchgeführte Optimierungen

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. Im Jahr 2009 erfolgte eine Erweiterung der theoretische Modellbildung um eine bipolare Betrachtungsweise der Aufladungskinetik. Dabei wurde das vorhandene uni-polare Modell (EHDM - Electro-Hydrodynamics Model) durch Verwendung von Symmetrierandbedingungen zwischen negativen und positiven Ionen sehr effizient auf eine bipolare Betrachtungsweise erweitert. Um die speziellen Randbedingungen in einem Elektroabscheider zu berücksichtigen, wo aufgrund der Ladungstrennung im elektrischen Feld die Symmetrierandbedingungen nicht sicher anwendbar sind, erfolgte eine detailierte Modellbildung. Hierzu war ein komplettes „Redesign“ des Modells notwendig.

Zusätzlich zur Lösung der Partikel- und Ionendynamik wird nun auch die Elektronendynamik numerisch gelöst, so dass ausgehend von der Elektronenphase die Aufladungskinetik der Partikeln im Detail betrachtet werden kann. Bild 4-5 zeigt den Aufbau des Basismodells unter Verwendung von Symmetrierandbedingungen und die Erweiterung unter Berücksichtigung der Elektronendynamik.

Die Modellbildung wird in Kürze umgesetzt sein. Dabei ist vor allem die Formulierung der einzelnen Kombinationskoeffizienten für die verschiedenen Spezies sehr anspruchsvoll. Unter den gegebenen Randbedingungen sind diese nicht oder nur sehr unzureichend untersucht. Es wird im weiteren Verlauf des Projekts daher die Aufgabe sein, durch Vergleich der unterschiedlichen modelltechnischen Ansätze mit experimentell gewonnenen Daten eine solide Methode zur Berechung der Partikelaufladung zu etablieren.

Das Forschungsvorhaben 275 Z der Forschungsvereinigung VEU 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.

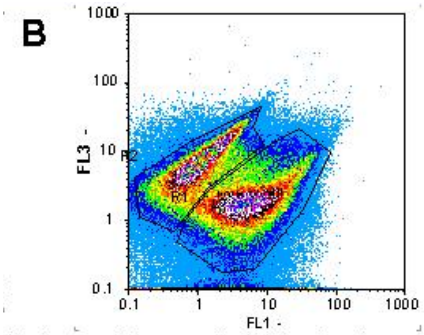
Ansprechpartner:

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

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

Die Hygieneanforderungen sind im Gesundheitsbereich, aber auch im Bereich der Lebensmittelproduktion in den letzten Jahren stetig gestiegen. Dies gilt sowohl für eigenständig durchgeführte Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen als auch für Gebäudereiniger, die als externe Dienstleister ebenfalls der Nachweispflicht nachkommen müssen. Zurzeit stehen für diese Eigenkontrollen keine geeigneten Verfahren bereit. Ziel eines von IUTA in Kooperation mit dem Deutschen Institut für Lebensmitteltechnik in Quakenbrück (DIL) und dem wfk-Forschungsinstitut für Reinigungstechnologie in Krefeld durchgeführten zweijährigen Projekts ist daher die Entwicklung eines Verfahrens zur reproduzierbaren Beurteilung der hygienischen Qualität von produktionsnahen Oberflächen bzw. schwer zugänglichen Stellen im Rahmen der Eigenkontrolle. Es wird eine möglichst vollständige Erfassung der mikrobiellen Verunreinigung durch das Probenahmeverfahren und die Auswertung in Form eines angepassten Schnelltestes angestrebt. Zur Probennahme erfolgt die Fixierung der mikrobiellen Verschmutzung in einer gezielt gestalteten Gelmatrix. Die quantitative Bestimmung der Keimzahl erfolgt aus dem aufbereiteten Gel unmittelbar mit Hilfe der Durchflusszytometrie.

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 sog. 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. Durch die Verwendung von spezifisch z. B. grün und rot fluoreszenzmarkierten Zellen wird außerdem gewährleistet, dass lebende von toten Mikroorganismen bzw. von anderweitigen Verschmutzungen unterschieden werden können, vgl. Bild 4-6.



Region	Gate	Ungated	Count	Count/ml
R1	<None>	247825	247825	479780
R2	<None>	178350	178350	344355

Bild 4-6: Darstellung der Fluoreszenz-Färbung von E. coli mit dem Live/Dead-Kit nach erfolgter Durchflusszytometrie: (FL1: Signal der grünen Fluoreszenz; FL3: Signal der roten Fluoreszenz; Bildquelle: wfk Krefeld)

Schwerpunkt der Arbeiten von IUTA ist die Entwicklung der geeigneten Applikationstechnik auf Grundlage der optimierten Gelmatrix. Wesentliche Anforderungen ergeben sich aus der reversiblen Auftragung des Gelatine-Sols auf den horizontalen, vertikalen und komplex geformten Oberflächen sowie den Anforderungen der Durchflusszytometrie an das von

den Oberflächen abgenommene, erneut verflüssigte Gel. Eine Gelapplikation per Sprühmethode ist für den reversiblen großflächeigen Einsatz und die Einbindung partikulärer Materialien gut geeignet, wie Untersuchungen in anderen Forschungsvorhaben aufgezeigt haben. Dieses Verfahren scheidet aber aufgrund des hohen apparativen Aufwandes und der Problematik des Oversprays zur Beprobung kleiner Flächenareale weitgehend aus. Als mögliche Alternativen werden die Beprobung per Übergießen oder der offene Auftrag aus Tubenkörpern untersucht. Das bei diesen Methoden bestehende Problem des unkontrollierten Wegfließens nicht erstarrten Gelmaterials wurde dahingehend gelöst, dass für unterschiedliche Flächengeometrien geeignete Formkörper entwickelt wurden. Diese sind, außer zur zu untersuchenden Fläche, mit Ausnahme einer kleinen Zuflussöffnung geschlossen ausgeführt. Damit lässt sich das verflüssigte Gel (Sol) bei definiertem Druck reproduzierbar auf ebenen, gewinkelten oder gewölbten Flächen sowie Gewindestrukturen auftragen, ohne dass warmes Gelmaterial vor Erreichen des Gelpunktes unkontrolliert fließt. Darüber hinaus kann das Gel mittels dieser Formen auch als millimeterdünner Film sowie problemlos bei höheren Temperaturen von bis zu 50 °C aufgetragen werden, bei denen scharfe Kanten und Strukturen deutlich besser umflossen werden. Die Anwendbarkeit des Verfahrens ist im Wesentlichen durch die Wartezeit bis zum ausreichenden Erstarren des Gels, minimal mögliche Anwendungstemperatur sowie Aufwand zum (möglichst stückigen) Ablösen des Gels von den Probenahmenflächen geprägt. Zu Ermittlung der optimalen Applikationsbedingungen wurden diesbezüglich Parameterstudien durchgeführt und unterschiedliche Gel-Grundstoffe in jeweils mehreren Konzentrationsstufen untersucht. Dabei sind weitere Randbedingungen zu beachten, die sich aus der Untersuchung des Gels im Durchflusszytometer ergeben. Beispielsweise wird eine hohe Empfindlichkeit des Nachweisverfahrens angestrebt. Um die Nutzsignale lebender und toter Zellen möglichst hoch ausfallen zu lassen und nur geringfügig mit einem matrixspezifischen, störenden Signal zu überlagern, werden möglichst geringe Filmdicken und niedrige Gelkonzentrationen angestrebt. Da sich diese Anforderungen nicht mit denjenigen an ein einfach von Oberflächen abzunehmendes Gel decken, besteht ein nicht unerheblicher Optimierungsbedarf.

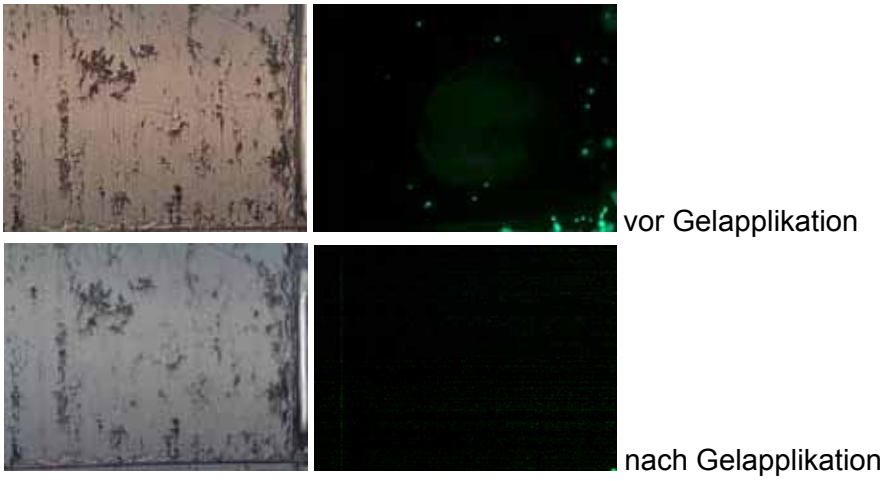


Bild 4-7: Reinigungserfolg einer Gelapplikation: Fluoreszenzaufnahmen (rechts) einer, mit 1 µm-Partikeln künstlich angeschmutzten Edelstahloberfläche vor und nach Gelapplikation. Die zugehörigen lichtmikroskopische Aufnahmen dokumentieren die erneute Auswertung desselbenBildausschnittes nach Gelanwendung.

Die Fixierung mikrobieller Anhaftungen in das Gel wird am wfk in Krefeld durch künstliche Anschmutzung von Oberflächen mit entsprechenden Bakterienkulturen und die anschließende Untersuchung der per Gelanwendung abgenommenen Materialien im Zytometer untersucht. Diese relativ aufwändige Methode wird bei IUTA um Schnelltests mit Suspensionen fluoreszierend eingefärbter, 1 µm durchmessender Partikel ergänzt. Diese werden verdünnt auf Oberflächen aufgetragen und nach Antrocknung mittels Gelapplikation entfernt.

In der Regel liefern die Oberflächen nach erfolgter Reinigung keine weiteren Fluoreszenzsignale, vgl. Bild 4-7.

In der Schlussphase des Projektes ist eine Validierung der Methode an ausgewählten Bauteilen und, in Abstimmung mit Hygienebeauftragten von Lebensmittelindustrie und dem Gesundheitsbereich, ebenfalls eine Evaluation der aktuell in der Praxis eingesetzten Reinigungstechnologien vorgesehen.

Das Forschungsvorhaben 1267 ZN der Forschungsvereinigung VEU 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

4.1.6 Das Verhalten von Quecksilber in der Gaswäsche

Als Folgevorhaben zu dem im Juli 2008 beendeten Forschungsprojekt „Untersuchungen zum Verhalten von Quecksilber zur Optimierung der nassen Abgaswäsche“ wurde zum 01.02.2009 mit den Projektarbeiten zum Thema „Untersuchungen zum Verhalten von Quecksilber in der Gaswäsche II - weiterführende Arbeiten zur anwendungsorientierten Nutzung des theoretischen Modells“ begonnen.

Lag der Schwerpunkt des Vorläufervorhabens auf der Entwicklung eines theoretischen Modells zum Verhalten von Quecksilber in der Abgaswäsche, so liegt der Fokus der derzeitigen Arbeiten auf der Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis. Obwohl die theoretischen Zusammenhänge in Fachkreisen nicht angezweifelt werden, fehlt die belastbare Validierung des Modells an betrieblichen Daten, um die Ergebnisse in eine Änderung des Anlagenbetriebs und die Konzipierung von Abgaswäschern einfließen zu lassen.

Um die benötigten Daten zu gewinnen, wurde ein Abgaswäscher im Labormaßstab nachgebaut, siehe Bild 4-8. Die Apparatur kann sowohl im Kreislaufbetrieb als auch im Durchgangsbetrieb betrieben werden:

1. Kreislaufbetrieb,
um innerhalb des Systems Gleichgewicht einzustellen. Damit können benötigte Stoffdaten wie der Henry-Koeffizient ermittelt oder die Speziesverteilung im Mehrligandensystem vermessen werden (realisiert).

2. Durchgangsbetrieb
zur Untersuchung des Einflusses von Prozessparametern wie L/G (Verhältnis von Flüssigkeitsmenge zur Gasmenge) oder Ligandenkonzentration und -zusammensetzung auf die Abscheidung von Quecksilber im Wäscher (in Planung).

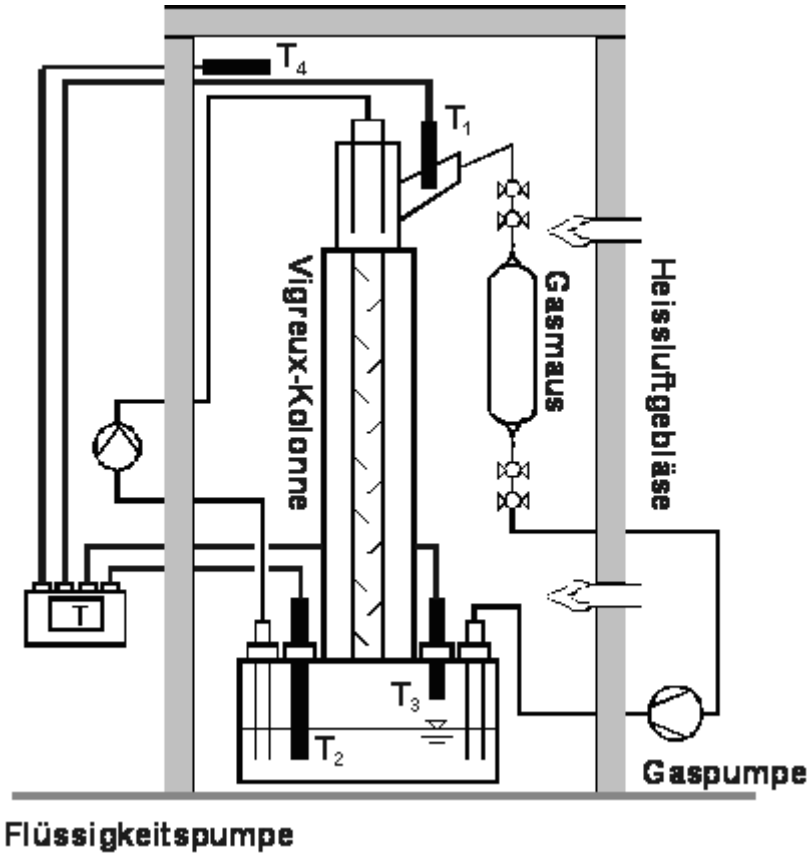


Bild 4-8: Skizze der Laborapparatur, Kreislaufbetrieb

Zur Ermittlung der auftretenden Quecksilberspezies wird das Projekt vom Lehrstuhl für Umweltanalytik von Prof. Dr.-Ing Hirner der Universität Duisburg-Essen als Kooperationspartner des IUTA e. V. unterstützt. Im Rahmen des Projektes soll mit Hilfe der Gaschromatographie und der Massenspektrometrie ein Verfahren zum messtechnischen Nachweis der vorliegenden Quecksilberspezies entwickelt werden.

Die Arbeiten werden durch Messkampagnen an großtechnischen Anlagen ergänzt.

Das Forschungsvorhaben 15975 N der Forschungsvereinigung VEU 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.

AiF
Ideen eine Zukunft geben

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Margot Bittig
+49 (0) 20 65 418 257
bittig@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 und dem Lehrstuhl für Thermische Verfahrenstechnik der Universität Duisburg-Essen sowie dem Deutschen Textilforschungszentrum Nord-West (DTNW) in Krefeld das FuE-Projekt „Zentrum für Filtrationsforschung und funktionalisierte Oberflächen in NRW - ZF³“ initiiert. Das Projekt zählt zu den 12 Gewinnern des Spitzentechnologie-Wettbewerbs „Hightech.NRW“ des Ministeriums für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie. Für die Durchführung des Vorhabens stellt das Land NRW insgesamt 5,65 Mio. € für IUTA zur Verfügung. Die am Projekt beteiligten Partner erhalten vom Land NRW eine Förderung von weiteren rd. 2 Mio. €. Die Projektlaufzeit beträgt drei Jahre und endet Anfang 2012.

Den Schwerpunkt der Forschungsarbeiten bilden die drei Themenkomplexe: Entfernung von hochtoxischen Komponenten aus Gasen, Filtration von Flüssigaerosolen und Partikelabscheidung an Faserfiltern.

Bild 4-9: Erste Sitzung des Industriebeirats

Am 05. November 2009 tagte erstmals der Industriebeirat zum Forschungsprojekt, an dem 24 Unternehmensvertreter, überwiegend von kleinen und mittelständigen Unternehmen aus Nordrhein-Westfalen, teilgenommen haben, Bild 4-9. Die Gründung des Industriebeirats war ein wichtiger Schritt für die nachhaltige Entwicklung des Zentrums. Der Beirat ist offen für interessierte Unternehmen und wird kontinuierlich erweitert. Adressaten sind Filterhersteller, Textilveredler, Nano-Partikel-Produzenten, Adsorbens- und Katalysator-Hersteller und Anwender filtertechnischer Produkte, die mit ihren Produkten Hightech-Märkte bedienen. Der Industriebeirat tagt in großer Runde, aktuell über 25 Teilnehmer, einmal pro Jahr. Ausgewählte Mitglieder halten in der Funktion eines Steering Committee permanent engen Kontakt zum Projektteam.

Das Projekt wird gefördert durch:

EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

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

NRW.

Ansprechpartner:

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

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

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

4.2.2 Filterprüfzentrum

Das Filterprüfzentrum im IUTA ist organisatorisch in den Bereich „Luftreinhaltung & Filtration“ eingebettet. Neben den Dienstleistungsangeboten konzentrieren sich die Aktivitäten auf Forschungs- und Entwicklungsaufgaben im Rahmen des Forschungsprojektes ZF³ (siehe oben) und das Vorhaben Untersuchungen zur Beschichtung von Glasfaserfiltergeweben mit photoaktiven Nanomaterialien zur Realisierung gaszersetzender Eigenschaften, gefördert vom BMBF (FKZ-Förderkennzeichen: 03X0065B).

Bild 4-10: Filterprüfstand nach EN 779

Hierzu stehen bislang 4 Prüfstände zur Verfügung, die in Anlehnung an die entsprechenden Normen konzipiert wurden, vielfach jedoch über die geforderten Kriterien hinaus gehen.

Die Prüfung der Koaleszens-Filter bzw. Filter für raumlufttechnische Anlagen oder Gasturbinenfilter wird am Filterprüfstand nach EN 779 durchgeführt. (siehe Bild 4-10 und gesonderter Beitrag). Hier wird die Effektivität von Filtersystemen bezüglich des Abscheideverhaltens gegenüber unterschiedlichsten Aerosolen und Stäuben getestet.

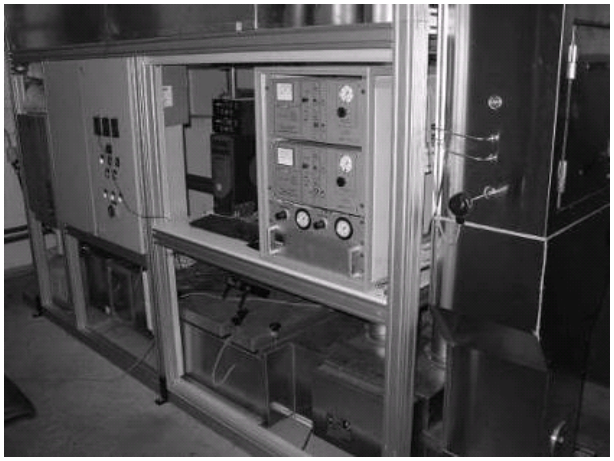


Bild 4-11: Filterprüfstand nach DIN 71460

Am Filterprüfstand nach DIN 71460 werden adsorptive Filtermedien und Schüttungen mit verschiedensten Gasen geprüft (siehe Bild 4-11), um Fragen zur Filterkapazität und des Durchbruchverhaltens zu klären.

Die Geruchsabscheidung an adsorptiven Filtersystemen wird am Geruchsfilterprüfstand mit Hilfe der dynamischen Olfaktometrie nach DIN EN 13725 bewertet. (siehe Bild 4-12).

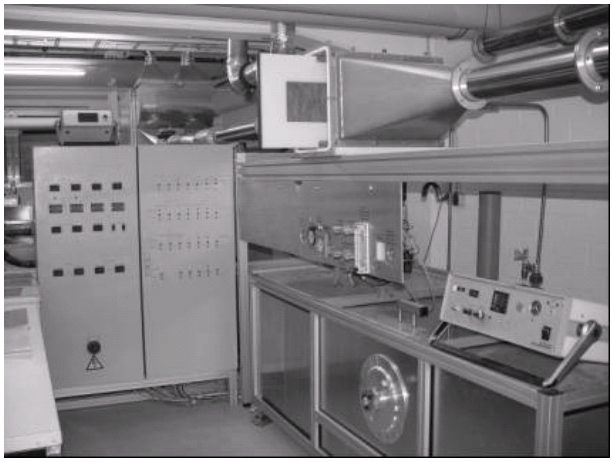


Bild 4-12: Filterprüfstand zur Messung der Geruchsabscheidung gemäß EN 13725

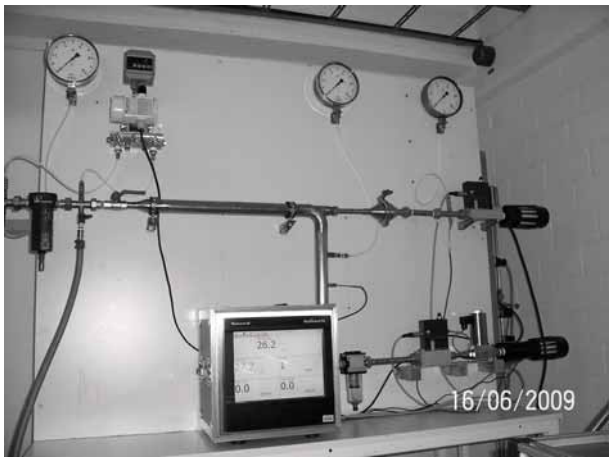


Bild 4-13: Filterprüfstand nach ISO 12500

Die Prüfung von Druckluftfiltern bezüglich des Restölgehalts und der Abscheidung von Aerosolen und Dämpfen kann an den Prüfständen gemäß ISO 12500 durchgeführt werden (siehe Bild 4-13 und gesonderter Beitrag).

Ansprechpartner:

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

4.2.3 Druckluftfilter-Prüfung im Filterprüfzentrum

Restöle:

Die nach ISO 12500-1 vorgeschriebenen Dreifach-Tests werden unter vergleichbaren Sättigungsbedingungen ohne nennenswerte Schwankungen bezüglich Druck und Volumenstrom durchgeführt (Volumenströme bis 55 m³/h ANR). Ein zusätzlicher Integritätstest mittels Particle Counter Sizer (PCS 2010) überprüft den ordnungsgemäßen Sitz der Druckluftfilter in den zugehörigen Kartuschen. Das Restöl im Reingas wird nach ISO 9377-2 ("Bestimmung des Kohlenwasserstoff-Index - Teil 2: Verfahren nach Lösemittelextraktion und Gaschromatographie") durch die zertifizierte Messstelle im IUTA gaschromatographisch quantifiziert.

Öldämpfe:

Das Filterprüfzentrum hat im vergangenen Jahr Öldämpfe-Tests für Aktivkohlefilter nach ISO 12500-2 in sein Leistungsspektrum aufgenommen. Die Durchbruchsmessungen werden mit n-Hexan durchgeführt und gleichzeitig auf der Roh- und der Reingasseite mittels FID dokumentiert (siehe Bild 4-14).

Partikel:

Partikel-Tests in Anlehnung an ISO 12500-3 wurden mit DEHS-Partikel getätigt. Die Quantifizierung erfolgte mittels PCS.

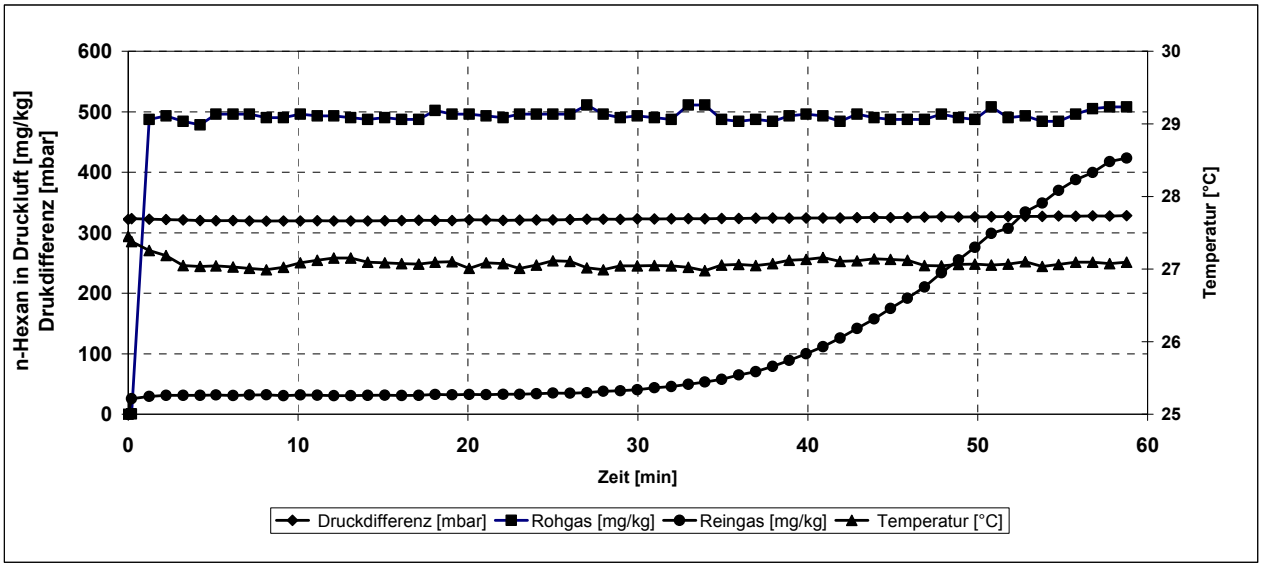


Bild 4-14: Parameter für die Druckluftfilter-Prüfung nach ISO 12500-2

Neuer Prüfstand:

Es wurde ein zusätzlicher Prüfstand in Betrieb genommen, so dass Forschungs- und Auftragsarbeiten gleichzeitig betrieben und auch größere Auftragsvolumen bewältigt werden können.

Wie der bisher betriebene Prüfstand ist auch der neue Prüfstand für Volumenströme bis maximal 55 m³/h ANR ausgelegt – er kann aber darüber hinaus für sehr kleine Volumenströme betrieben werden.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. FH Almut Kerßenboom
+49 (0) 20 65 418 106
kerssenboom@iuta.de

4.2.4 Messungen am erweiterten Prüfstand für Filterprüfungen nach DIN EN 779

Der erweiterte Filterprüfstand nach DIN EN 779 bietet die Möglichkeit, außer den Standardmessungen auch Filterprüfungen bei höherer Feuchte durchzuführen. So wurden auch 2009 wieder einige Prüfungen von Koaleszern zur Abscheidung von Wassertröpfchen aus dem Luftstrom durchgeführt. Aber auch Filter für raumlufttechnische Anlagen und Gasturbinenfilter wurden bezüglich des Feuchteeinflusses auf Druckverlust und Filtereffizienz untersucht. Beispielsweise wurden HEPA-Filter bei normaler und bei hoher Feuchte bezüglich ihres Fraktionsabscheidegrads gegen DEHS-Aerosol geprüft. Je nach Filtermedium verbesserte sich dabei die Filtereffizienz nach der Befeuchtung auf ca. 90 % (die anschließende Partikelmessung wurde jeweils bei ca. 70 % rel. Feuchte durchgeführt). In Bild 1 sind die Fraktionsabscheidegradkurven für ein ausgewähltes Filter dargestellt.

2010 sollen der Prüfstand auf Saugbetrieb umgerüstet und eine alternative Befeuchtung mittels Dampf sowie ein Kühlregister zum Entfeuchten eingebaut werden. Damit wäre IUTA in der Lage, Filterprüfungen in einem breiten Bereich verschiedener Klimabedingungen reproduzierbar durchzuführen.

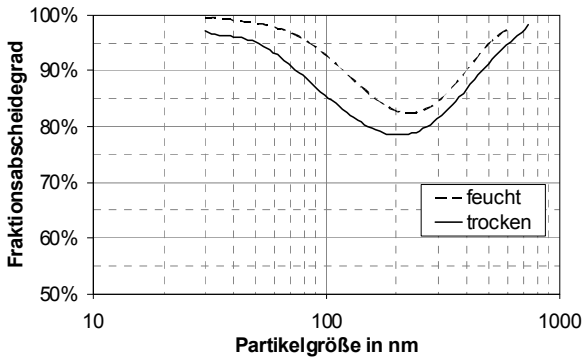


Bild 4-15: Fraktionsabscheidegrade eines Filters bezüglich DEHS-Aerosol bei ca. 30 % rel. Feuch-te („trocken“) und bei ca. 70 % relativer Feuchte („feucht“)

Weiter ist geplant, den Prüfstand zur Bereitstellung hoher Volumenströme im Projekt Oxi-Filter (BMBF-Projekt Nr. 03X0065B, Laufzeit: 1.3.2009 – 29.2.2012) einzusetzen. Mit dem geplanten Umbau können dann Temperatur und Feuchte exakt eingestellt werden.

Ansprechpartner:

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

Dipl.-Ing. Eckhard Däuber
+49 (0) 20 65 418 154
daeuber@iuta.de

4.2.5 Adsorption von Stickoxiden an katalytisch wirkenden Adsorbentien

Im Rahmen des Projektes „Katalytische Umsetzung von NO_x mit nanoskaligen Materialien in Dünnschichtfiltern“ wird die Adsorption von Stickoxiden an katalytisch wirkenden Adsorbentien untersucht. Bei den Adsorbentien handelt es sich um Aktivkohle und Zeolithe, die zunächst so konditioniert

werden, dass sie Stickoxide selektiv chemisorbieren. In die vorbehandelten Adsorbentien werden durch Ionenaustausch über die Flüssigphase oder Infiltration über die Gasphase nanoskalige Katalysatoren eingeschleust, die eine katalytische Umsetzung der chemisorbierten Stickoxide zu physiologisch neutralen Stoffen bewirken sollen. Ein wichtiger Anwendungsbereich sind Dünnschichtfilter aus dem Bereich der KFZ-Innenraumfiltration. Charakteristisch für diesen Anwendungsfall sind moderate Temperaturen und lange Verweilzeiten zwischen den Beladungsvorgängen während der Standzeiten der Kraftfahrzeuge. Die modifizierten Adsorbentien dienen zunächst als Puffer für die Stickoxide, die während der Standzeiten abgebaut werden, ein Vorgang, der bei den vorliegenden Temperaturen extrem langsam abläuft.

Die Untersuchung des Adsorptionsprozesses schließt den Test der Adsorbentien bei definierter Kontamination unter Normbedingungen als auch unter praxisnahen Bedingungen hinsichtlich Konzentrationen und Umgebungsbedingungen ein. Ebenfalls überprüft werden die Adsorbentien hinsichtlich ihrer Eignung bei Coadsorption, wenn zusätzlich zu Stickoxiden Kohlenwasserstoffe abzuscheiden sind. Weiterhin wird der Einfluss der Alterung durch Dieselrußpartikel auf das hergestellte Material untersucht.

Die experimentellen Untersuchungen werden an dem in Bild 4-16 skizzierten Filterprüfstand durchgeführt, der grundsätzlich der DIN 71460 entspricht, darüber hinaus aber durch klimatechnische Komponenten die Konditionierung des Luftstromes zwischen 15°C und 100°C sowie 40 % und 100 % relativer Luftfeuchte (bei 23°C) erlaubt und damit die Prüfkonditionen wesentlich erweitert.

Es können nicht nur Dünnschichtfilter geprüft werden, sondern auch Sorbentien selbst. Dabei durchströmt ein konditionierter Luftstrom definierter Zusammensetzung eine Schüttung des zu untersuchenden Adsorbens. Auf diese Weise können Durchbruchskurven verschiedenster Schadgaskomponenten in feuchter Luft ermittelt werden.

Für die Analyse wird ein Teilstrom vor dem Filtermaterial und ein weiterer dahinter entnommen und dem jeweiligen Messgerät zugeführt. Für Stickoxid werden zwei Analysatoren (Chemilumineszenz-Prinzip) aus der Immissionsmesstechnik eingesetzt. Die auf dem Adsorbens abgeschiedene Adsorptivmasse wird über eine Massenbilanz berechnet.

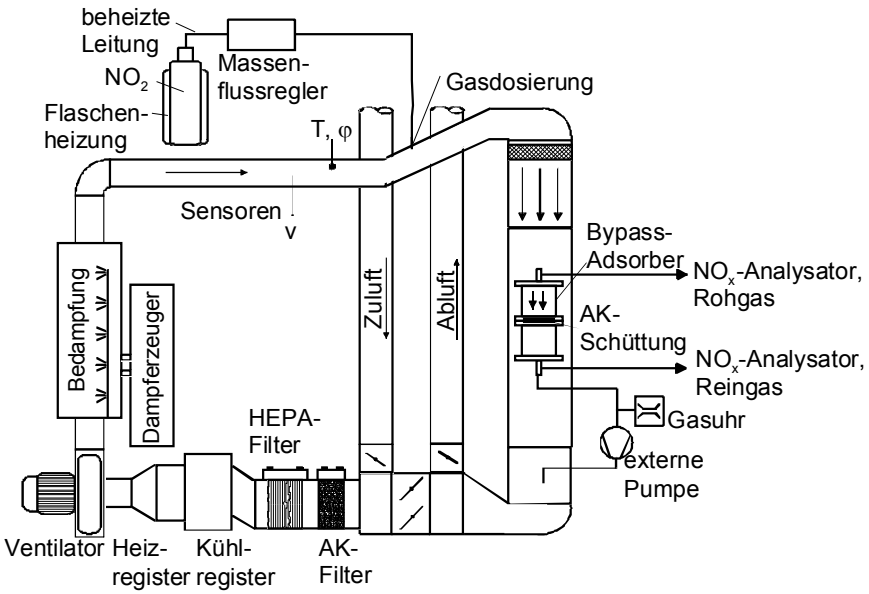


Bild 4-16: Skizze des Filterprüfstands

Erste Ergebnisse zeigen, dass es bei der Adsorption von Stickstoffdioxid an Aktivkohle, die über die Flüssigphase mit Co/Cu infiltriert wurde, zu einer Regeneration der Adsorptionskapazität nach Ruhephasen von mehreren Stunden ohne Durchströmung kommt.

Für Versuche zur Coadsorption von Kohlenwasserstoffen und deren Einfluss auf die Umsetzung von Stickoxiden wird gleichzeitig Toluol dosiert. Zur Bestimmung der Toluolkonzentrationen werden Flammenionisationsdetektoren (FID) eingesetzt. Durch eine Erweiterung des Messbereiches können mit dem FID zur Messung hinter der Filterschüttung Konzentrationen bis ca. 0,5 ppm einwandfrei erfasst werden. Die Alterung des hergestellten Adsorbens-Materials mit Dieselrußpartikeln erfolgt an einem weiteren Prüfstand. Er ermöglicht die definierte Bereitstellung von verdünntem Dieselabgas.

Das Forschungsprojekt wird in Kooperation mehrerer Forschungsstellen bearbeitet, dazu gehören 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 VEU 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.

AiF
Ideen eine Zukunft geben

Ansprechpartner:

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

4.2.6 Praxisnahe 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. Hierzu wird ein elektrischer Abscheider eingesetzt, so dass möglichst alle elektrisch mobilen Partikel vor der Zudosierung in den Prüfkanal abgeschieden werden. Des Weiteren werden unterschiedliche Methoden untersucht, um die Filter hinsichtlich einer elektrophoretischen Wirkung zu neutralisieren bzw. zu altern. Die Neutralisierung erfolgt durch eine Behandlung der Filter mit Isopropanol oder durch eine Klimabehandlung. Die Beladung der Filter zwecks Alterung vor einer anschließenden Effizienzmessung erfolgt mit Außenluft und alternativ mit Dieselruß.

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). Grundsätzliche Sachverhalte sind übertragbar auf Filter aus anderen Anwendungsbereichen, wie z. B. für Reinraumlüftungsanlagen (DIN EN 1822-1) oder Atemschutzfilter (DIN EN 143, DIN EN 13274-7), die bei diesem Vorhaben jedoch nicht untersucht werden.

Die Untersuchungsergebnisse werden genutzt, um ein routinemäßiges Verfahren für die Filterprüfung zu entwickeln, welches die Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit von Effizienzmessungen verbessert und es ermöglicht, mechanische und elektrophoretische Abscheidebeiträge zu differenzieren.

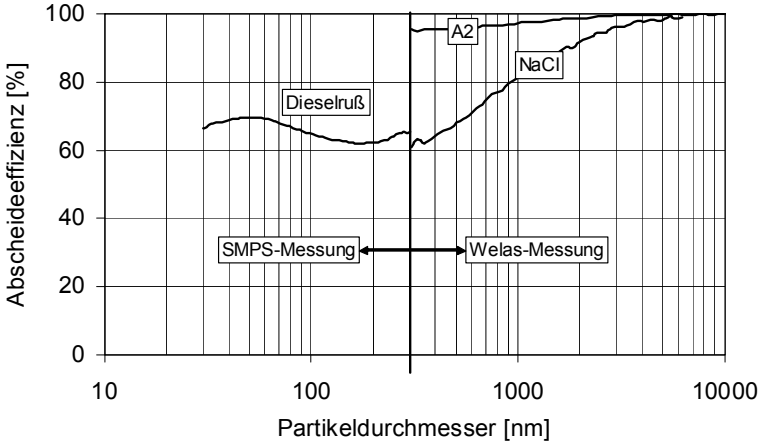


Bild 4-17: Anfangsabscheidegrad / Vergleich der Prüfaerosole A2, NaCl, Dieselruß

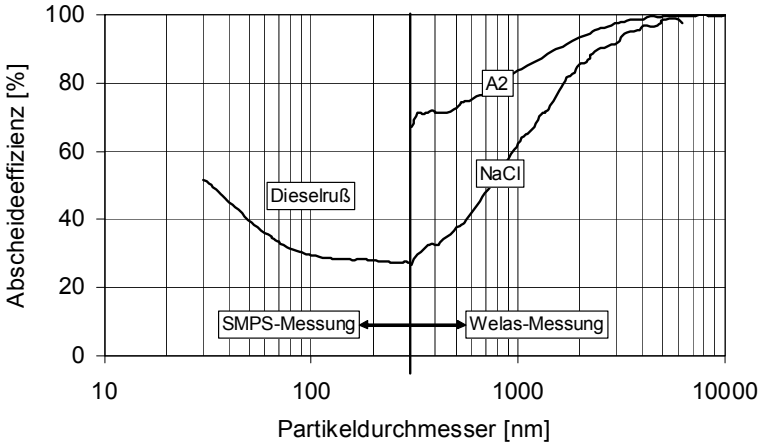


Bild 4-18: Abscheidegrad nach einer Vorbeladung mit Dieselruß / Vergleich der Prüfaerosole A2, NaCl, Dieselruß

Bild 4-17 zeigt exemplarisch die ermittelte Anfangseffizienz an einem Kfz-Innenraumfilter mit Elektreteigenschaften. Im gemäß DIN 71460-1 zu betrachtenden Partikeldurchmesserbereich > 300 nm werden die Prüfaerosole A2 und NaCl genutzt. Als Messgerät wird ein streulichtbasiertes Aerosolspektrometer (Welas, Fa. Palas) verwendet. Die Abscheideeffizienz im Partikeldurchmesserbereich < 300 nm wird unter Verwendung eines SMPS-Systems (Fa. TSI) mit Dieselruß als Prüfaerosol ermittelt. Bei der vergleichenden Gegenüberstellung ist zu beachten, dass es sich im Falle der Welas-Messung um einen optischen Latexsphären-Äquivalentdurchmesser handelt, im Falle der SMPS-Messung um einen elektrischen Mobilitäts-Äquivalentdurchmesser. Bild 4-18 zeigt den Fraktionsabscheidegrad für A2 und NaCl bzw. für Dieselruß am gleichen Filtertyp, nachdem dieser zuvor eine Beladung mit Dieselruß bis zu einem Druckverlustansteig von ca. 50 Pa erfahren hat.

Das Forschungsvorhaben 16076 N der Forschungsvereinigung VEU 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

4.3 Luftreinhaltung & Nachhaltige Nanotechnologie

4.3.1 Verbundprojekt NanoCare - Gesundheitsrelevante Aspekte synthetischer Nanopartikel: Schaffung einer allgemeinen Informations- und Wissensbasis als Grundlage für eine innovative Materialforschung

Im Rahmen des Projektes NanoCare, dessen Leitung Dr. Thomas Kuhlbusch im Jahr 2009 übernahm, wurden am IUTA verschiedene Fragestellungen im Bereich der Exposition gegenüber luftgetragenen Nanopartikeln am Arbeitsplatz bearbeitet. Die Exposition wird hierbei nicht nur an realen Arbeitsplätzen gemessen, sondern zusätzlich per Fluiddynamiksimulationen modelliert. Dabei wurde an einem exemplarischen Arbeitsplatz eine Leckage in einem Reaktor angenommen, aus dem Partikel in den Arbeitsbereich ausströmen. Es wurden unterschiedliche Lüftungsszenarien, Temperaturverteilungen, sowie Veränderungen des Aerosols durch partikeldynamische Prozesse berücksichtigt. Ebenfalls wurde der Einfluss verschiedener emittierter Partikelgrößenverteilungen sowie des stets vorhandenen Partikelhintergrundes betrachtet. So konnte z. B. gezeigt werden, dass thermische Einflüsse starke Auswirkungen auf die Partikelverteilung haben können. Bild 4-19 zeigt z. B., dass eine Erhöhung der Reaktorwandtemperatur um 50 K zu deutlichen Veränderungen der Größenverteilung an drei verschiedenen Orten am modellierten Arbeitsplatz führt, obwohl die Punkte 2 und 3 relativ weit vom Reaktor entfernt liegen.

Im Zuge der Standardisierung der Messmethodik zur Bestimmung von Arbeitsplatzexpositionen wurde eine Standardarbeitsanweisung (SAA) erarbeitet und veröffentlicht. Die Vorgehensweise mit den laut SAA zu verwendenden Messgeräten ist in separaten Standardarbeitsanweisungen beschrieben. In Einklang mit diesen SAAs wurden im Zuge des NanoCare Projektes an mehreren industriellen Standorten in Kooperation mit anderen NanoCare-Partnern Expositionsmessungen durchgeführt. Im Vorfeld dieser Messungen wurden die eingesetzten Messgeräte einer intensiven Vergleichsmessung unterzogen, deren Ergebnisse im Jahr 2009 im Journal of Nanoparticle Research veröffentlicht wurden (C. Asbach et al., J. Nanopart. Res. 11: 1593-1609, 2009).

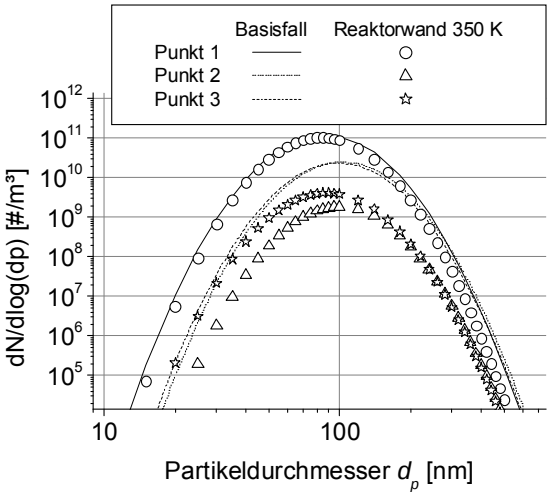


Bild 4-19: Änderung der Anzahlgrößenverteilung an drei verschiedenen Orten im modellierten Raum im Basisfall (Reaktorwandtemperatur 300 K) und bei erhöhter Reaktorwandtemperatur

Ein Parameter, der die Exposition beeinflussen kann, ist die Stabilität von Nanopartikelagglomeraten. In industriellen Prozessen werden Nanopartikel in der Regel in sehr hohen Konzentrationen hergestellt, so dass sie agglomeriert vorliegen. Die Kenntnis der Agglomeratgröße im Prozess ist nur dann für eine mögliche Exposition aussagekräftig, wenn die Agglomerate nicht aufgebrochen werden. Zur Untersuchung der Agglomeratstabilität unter mechanischen Stressbedingungen wurden verschiedene nanoskalige Pulver in den luftgetragenen Zustand versetzt. Um die Partikel unterschiedlich starken Scherkräften auszusetzen, wurde

mit variablem Überdruck an der Eingangsseite einer Düse gearbeitet. Diese Düse kann als Surrogat für eine Leckage in einem Druckgefäß, welches Nanopartikel enthält, angesehen werden. Die resultierende Anzahlgrößenverteilung der Partikel wurde mit Hilfe eines Mobilitätsspektrometers (SMPS) gemessen. In Bezug auf die Größenverteilung vor der Düse konnte gezeigt werden, dass mit steigendem Überdruck der Anteil kleiner Partikel (< ca. 300 nm) ansteigt, wohingegen der Anteil größerer Partikel (> ca. 300 nm) abnimmt. Dies deutet auf eine Zerlegung der Agglomerate hin, die zudem stoffspezifisch ist. Die Ergebnisse dieser Studie wurden im Journal of Nanoparticle Research veröffentlicht (B. Stahlmecke et al., J. Nanopart. Res. 11: 1625-1635, 2009).

Das Projekt NanoCare wurde im Jahr 2009 abgeschlossen. Die wichtigsten Erkenntnisse wurden in einem wissenschaftlichen Abschlussbericht veröffentlicht (ISBN: 978-3-89746-108-6; www.nanopartikel.info).

Das Projekt wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 03X0021K gefördert.

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Ansprechpartner:

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

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

4.3.2 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. Aus einer Exposition gegenüber toxischen Partikeln entsteht ein Risiko für den Menschen. Toxikologen haben in letzter Zeit zunehmend die Oberflächenkonzentrationen luftgetragener (Nano-)Partikel als gesundheitsrelevantes Maß diskutiert. Ein Szenario, bei dem Arbeiter einer potenziell sehr hohen Exposition gegenüber Nanopartikeln ausgesetzt sind, könnte z. B. an einer Produktions- oder Verarbeitungsanlage für Nanopartikel aus einer Leckage resultieren. Zwischen der Leckage und dem Ort der menschlichen Exposition können physikalische und chemische Reaktionen zu Veränderungen der Partikel und Aerosoleigenschaften führen. Um die Exposition besser erfassen und verstehen zu können, ist die Kenntnis dieser Veränderungsprozesse wichtig. Ziel des Projektes ist es daher, eine solche Leckage und die resultierende Ausbreitung der Partikel und deren Veränderungen sowohl experimentell als auch modelltechnisch zu simulieren. Hierzu werden 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 SMPS (Anzahlgrößenverteilung) und NSAM (in der Lunge deponierter Anteil der luftgetragenen Partikeloberflächenkonzentration) untersucht. In gemeinsam durchgeführten Versuchen konnte gezeigt werden, dass insbesondere sehr kleine Partikel durch größere Partikel durch intermodale Koagulation eingefangen werden. Hierzu wurden insgesamt drei Messreihen durchgeführt (siehe Bild 4-20).

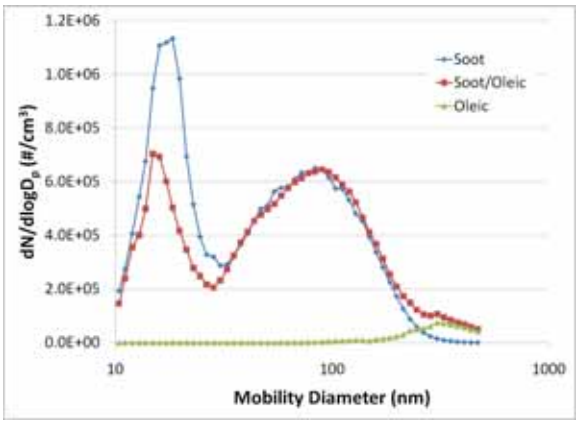


Bild 4-20: Änderung der bimodalen Rußpartikelgrößenverteilung durch Hinzufügen von 300 nm Hintergrundspartikel

Im ersten Versuch wurden Rußpartikel mit einer bimodalen Verteilung (Moden bei ca. 20 nm und ca. 100 nm) erzeugt und in den Windkanal eingebracht. In einem weiteren Schritt wurden Ölsäurepartikel mit einem mittleren Durchmesser von ca. 300 nm erzeugt und in den Windkanal eingedüst. Bei der dritten Versuchsreihe wurden beide Aerosole gleichzeitig in den Windkanal eingebracht, wobei sich reproduzierbar eine Reduktion des unteren Modes der bimodalen Rußverteilung zeigte.

Am IUTA werden parallel zu den Experimenten Modellierungen durchgeführt und mit den experimentellen Ergebnissen verglichen. Hierzu kommt die Software FLUENT, gekoppelt mit dem Fine Particle Model zum Einsatz, um die Strömung im Windkanal abzubilden und die partikeldynamischen Prozesse zu simulieren. 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.

UNIVERSITY OF MINNESOTA

National Science Foundation
WHERE DISCOVERIES BEGIN

Ansprechpartner:

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

4.3.3 Innovationsallianz Carbon Nanotubes: Verbundprojekt CarboSafe zu Sicherheit, Gesundheit und Qualität im Umgang mit CNT

Im Rahmen des Projekts CarboSafe, einem Teilprojekt der Innovationsallianz Carbon Nanotubes des BMBF, wird die mögliche Freisetzung von Kohlenstoffnanoröhren (Carbon Nanotubes, CNT) während ihres Lebenszyklus untersucht. Das IUTA entwickelt hierfür neue Auswerteroutinen für die vorhandene Messtechnik für luftgetragene Partikel (Scanning Mobility Particle Sizer, SMPS; Nanoparticle Surface Area Monitor, NSAM) sowie geeignete Probenahmeverfahren für weitergehende Analysen, welche die spezielle Form der faserförmigen CNT berücksichtigen.

Bild 4-21 zeigt Anzahlgrößenverteilungen von drei verschiedenen CNT-Suspensionen, welche mit einem Atomizer dispergiert wurden. Diese Anzahlgrößenverteilungen beruhen nur auf dem gemessenen elektrischen Mobilitätsdurchmesser der Partikel (für sphärische Partikel entspricht der elektrische Mobilitätsdurchmesser dem geometrischen Durchmesser 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 vorhanden Auswerteroutinen erweitert wer-

den, um den Durchmesser und die Länge von Nano-Fasern im luftgetragenen Zustand

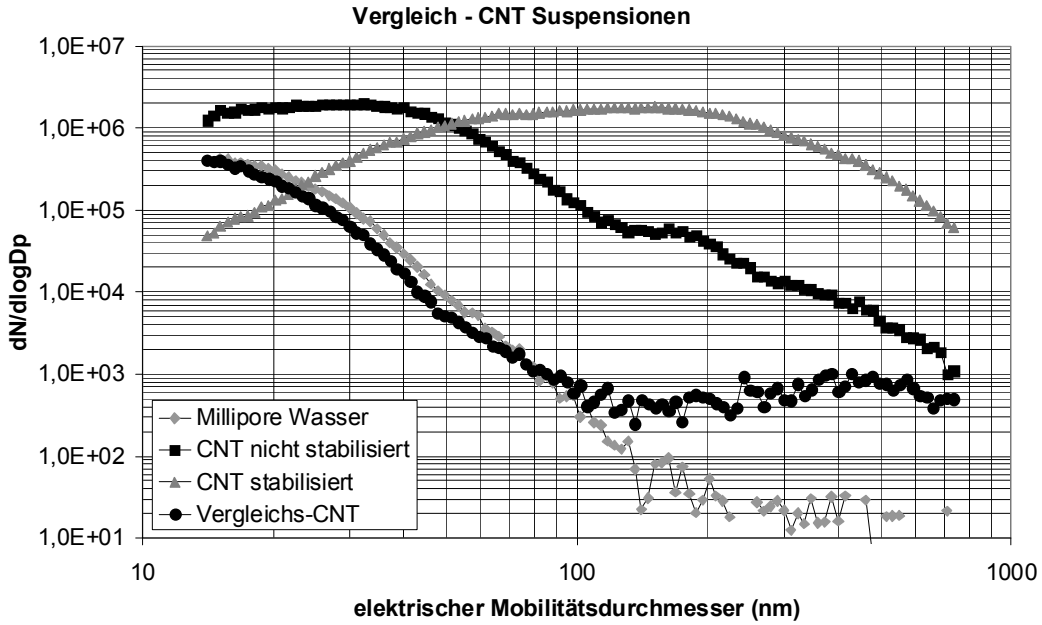


Bild 4-21: Anzahl-Größenverteilung von drei verschiedenen CNT-Suspensionen ohne Berücksichtigung des hohen Aspektverhältnisses der Fasern. Die Vergleichs-CNT haben ein deutlich größeres Aspektverhältnis als die stabilisierten und nicht stabilisierten CNT

bestimmen zu können. Hierzu werden neben umfangreichen theoretischen Überlegungen zur Aufladung und zum Verhaltenen der Fasern in den Messgeräten auch vergleichende rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen an vorklassierten CNT durchgeführt. Bild 4-22 zeigt ein Beispiel für eine auf 100 nm elektrische Mobilität klassierte CNT. Man erkennt deutlich, dass die tatsächliche Länge der Faser wesentlich höher ist als der eingestellte Mobilitätsdurchmesser.

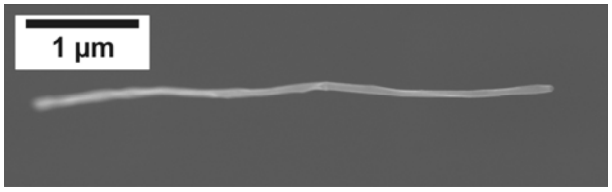
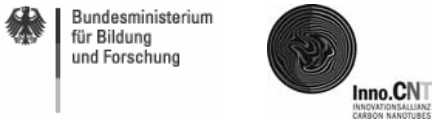


Bild 4-22: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer einzelnen, auf 100 nm elektrischen Mobilitätsdurchmesser klassierten CNT

Nach der Validierung der Messtechnik soll neben Arbeitsplatzmessungen in der CNT-Produktion exemplarisch die Freisetzung während ihrer weiteren Verarbeitung sowie beim Recycling der entsprechenden Produkte, wie z. B. Bipolarplatten für Brennstoffzellen, untersucht werden. Die Untersuchungen sollen das Spektrum möglicher Gefährdungspotenziale während des gesamten Lebenszyklus der CNT abdecken.

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

4.3.4 Optimierung eines personengetragenen Thermalpräzipitators

Eine personengebundene Expositionsmessung gasgetragener Partikel, welchen Arbeiter an Arbeitsplätzen ausgesetzt sein können, kann durch das Sammeln von Partikeln auf einer geeigneten Oberfläche realisiert werden. Mit einer nachfolgenden Analytik, z. B. mittels eines Rasterelektronenmikroskops (REM) mit Röntgenanalyse, lässt sich die Anzahlkonzentration und chemische Zusammensetzung der Partikel bestimmen. Als personengetragenes Gerät, welches das Sammeln luftgetragener Partikel ermöglicht, wurde im Bereich Luftreinhaltung & Nachhaltige Nanotechnologie ein Thermalpräzipitator (TP) entwickelt.

Der TP sammelt Partikel in einem Größenbereich von wenigen Nanometern bis zu etwa einem Mikrometer, basierend auf dem Prinzip der Thermophorese (Partikeltransport entgegen einem Temperaturgradienten; von warmen hin zu kalten Bereichen). Bislang wurde ein TP verwendet, der konstruktiv bedingt eine inhomogene Partikelabscheidung aufwies. Im Rahmen des Projektes wurde ein neuartiger TP modelliert und konstruiert, der eine homogene Probenahme von nanoskaligen Partikeln ermöglicht.

Die homogene Abscheidung wird durch die Verwendung von zwei parallelen Platten erreicht, die jeweils konstante, unterschiedliche Temperaturen aufweisen und somit einen gleichförmigen Temperaturgradienten erzeugen. Die kalte Platte besteht aus einem einkristallinen Siliziumsubstrat und dient als Probenträger für die abgeschiedenen Partikel. Modellierungsergebnisse zeigen eine homogene Abscheidung von Partikeln in einem Größenbereich von 20 nm bis 1000 nm in einem zur weiteren Auswertung vorgesehenen Bereich auf dem Substrat. Durch die homogene Abscheidung kann die quantitative Auswertung deutlich vereinfacht werden: die Anzahl der benötigten REM-Aufnahmen wurde von 32 auf ca. 5 reduziert. Experimentelle Untersuchungen bestätigten die modellierten Resultate und liefern reproduzierbare Ergebnisse.

Bild 4-23: Prototyp des neu entwickelten TP (3,2 cm x 4,5 cm x 9,7 cm).

Bild 4-23 zeigt ein Foto des gebauten Prototyps. Für die Validierung des neuen TP wurden monodisperse Polystyrol-Partikel mit einem Durchmesser von 305 nm in den luftgetragenen Zustand versetzt und anschließend bei bekannter Konzentration gesammelt. Abbildung 2 zeigt einen Vergleich von Messergebnissen mit den Ergebnissen aus der Modellierung. Man erkennt neben der sehr gleichförmigen Abscheidung der Partikel eine gute Übereinstimmung zwischen den Mess- und Modellierungsergebnissen.

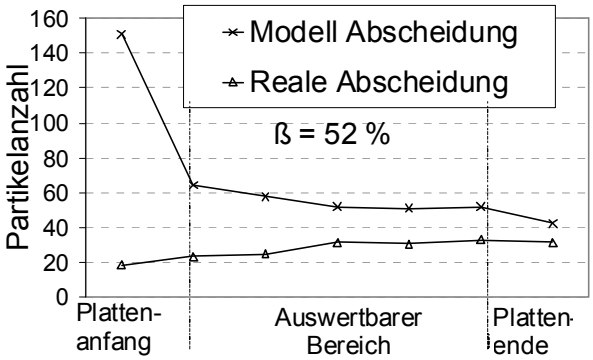


Bild 4-24: Vergleich der modellierten und der realen Abscheidung im TP für einen Temperaturgradienten von 15 K/mm, mittlere Partikelanzahlkonzentration (SMPS): ca. 23.500 #/cm³; Sammelzeit: 240 min; Partikelgröße: 305 ± 8 nm PSL. Der Faktor β gibt das mittlere Verhältnis von realer zu modellierter Belegungsdichte an.

Das Projekt wurde im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) durchgeführt.

Ansprechpartner:

M.Sc.-Ing. Nkwenti Azong-Wara
+49 (0) 20 65 418 188
azong-wara@iuta.de

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

4.3.5 ESCAPE: **E**uropean **S**tudy of **C**ohorts for **A**ir **P**ollution **E**ffects

ESCAPE ist eine durch die Europäische Union finanzierte Studie, welche die gesundheitlichen Auswirkungen von Feinstaub (PM_{10}, $PM_{2,5}$) auf den Menschen in Europa untersucht. Hintergrund ist, dass derzeitige Abschätzungen von gesundheitlichen Langzeiteffekten durch Luftverschmutzung ausschließlich auf nichteuropäischen epidemiologischen Studien basieren. An der neu aufgelegten Studie sind europaweit 24 Universitäten und Forschungsinstitute beteiligt. Koordiniert wird das Projekt von der Universität Utrecht aus den Niederlanden. Beteiligt im Ruhrgebiet sind die Universität Duisburg-Essen (Inst. f. medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie IMIBE), das Institut für umweltmedizinische Forschung (IUF) in Düsseldorf und IUTA, das Messungen von Feinstaub (PM_{10}/$PM_{2,5}$) und Stickoxiden (NO2/NO) an 41 unterschiedlichen Standorten im Ruhrgebiet einschließlich Borken durchführt. Die 41 Standorte repräsentieren die ländliche und städtische Hintergrundbelastung, Straßen mit hohem Verkehrsaufkommen und Orte mit Beiträgen sonstiger Quellen (insbesondere Industrie und Hafenanlagen). Die Untersuchungsgebiete wurden aufgrund bereits existierender Kohorten gewählt, die unter anderem den Gesundheitszustand von ausgewählten, dort lebenden Personen erheben. Die Ergebnisse der Gesundheitsstudien werden anschließend mit den Schadstoffmessungen dieser Studie verknüpft. Aus dem Vergleich sollen Hinweise auf die Auswirkung der Feinstaubbelastung auf die Gesundheit der Bevölkerung ermittelt werden. Gesundheitliche Endpunkte umfassen hierbei Morbidität (z. B. asthmatischen Beschwerden, Allergien, kardiovaskuläre Erkrankungen) und Mortalität.

Bild 4-25: Feinstaub- und Stickoxidmessungen an einer stark befahrenen Straße in Bochum

Die Messungen der Luftqualität im Ruhrgebiet endeten im August 2009, derzeit erfolgen die Datenauswertungen. Die ESCAPE-Studie wird voraussichtlich im Jahr 2011 abgeschlossen sein.

ESCAPE wird durch die Europäische Union unter der Projektnummer 211250 gefördert.

Ansprechpartner:

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

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

4.3.6 Entwicklung einer Methode zur kontinuierlichen Messung der Reaktivität von PM_x-Fraktionen der Außenluft mittels Elektronenspinresonanz-Spektrometrie (ESR)

Zurzeit sind in Anlehnung an die politische Reglementierung Studien zur Abschätzung Feinstaub bedingter gesundheitlicher Schädigungen überwiegend PM_{10}-massenbasiert. In epidemiologischen und toxikologischen Studien jedoch lässt sich zeigen, dass eine massenbasierte Abschätzung kein besonders gut geeignetes Maß zur Abschätzung Feinstaub-induzierter, gesundheitsschädigender Folgen darstellt. Deutlichere Zusammenhänge zu den beobachteten biologischen Effekten lassen sich beispielsweise mit der Oberfläche, insbesondere für nanoskalige Partikel, und angelagerten reaktiven chemischen Substanzen zeigen. Hierbei gilt das Auftreten von „Oxidativem Stress“ basierend auf der Entstehung von so genannten „Reaktiven Sauerstoffspezies“ (engl. ROS – Reactive Oxygen Species) im respiratorischen System als ein wichtiger Schlüsselmechanismus für die beobachteten biologischen / gesundheitsschädigenden Effekte.

Daher wurden in den letzten Jahren Methoden entwickelt, die Radikalbildungsaktivität von Feinstaubpartikeln zu messen, wozu zum Beispiel die ElektronenSpinResonanzspektroskopie (ESR) als ROS-Detektionsverfahren verwendet wird. Alle Untersuchungsmethoden verwenden bisher Filterproben, die manuell im Labor extrahiert und weiterverarbeitet werden. Mit dieser Vorgehensweise können lediglich Tagesmittelwerte erhalten werden. Zur Beurteilung, welche Partikelquellen welchen Beitrag zur ROS-Aktivität des Feinstaubs liefern, werden jedoch Methoden mit höherer Zeitauflösung benötigt. Zudem ist eine mögliche physikalisch-chemische Veränderung des Probenmaterials bzw. der potentiellen ROS-Aktivität aufgrund der Sammel- und Aufbereitungsmethodik ungeklärt. Somit ergibt sich der Bedarf nach neuen Messverfahren, welcher von der Fa. Magnettech, einem Hersteller von ESR-Spektrometern, IUTA, dem Institut für umweltmedizinische Forschung (IUF) in Düsseldorf und der Hogeschool Zuyd (Heerlen, NL) mit einem durch ProInno II geförderten Projekt aufgegriffen wurde. Es beinhaltet im Kern die Entwicklung eines kontinuierlich arbeitendem Sammel- und Analysensystems zur zeitaufgelösten Bestimmung der ROS-Aktivität von Schwebstaubpartikeln. Als Sammelprinzip wurde dabei eine direkte Überführung der Aerosolpartikel in eine wässrige Suspension mittels Wasserdampf-Übersättigung konstruiert. Diese wurde anschließend mit dem zu einem Fließinjektionsdetektor modifizierten ESR-Spektrometer gekoppelt. Erste Messungen mit dem System im Vergleich zwischen Innen- und Außenluftproben wurden durchgeführt und zeigen die prinzipielle Funktionsfähigkeit des Systems. Das Projekt wird im Frühjahr 2010 abgeschlossen.

Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Partner:

Ansprechpartner:

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

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

4.3.7 Bestimmung natürlicher Feinstaubquellen

Die neue europäische Luftqualitätsrichtlinie sieht die Möglichkeit vor, natürliche Feinstaubquellen bei der Bewertung der Grenzwertüberschreitungen mindernd zu berücksichtigen. Eine internationale Arbeitsgruppe hat im letzten Jahr einen ersten Entwurf eines „Guidance"-Dokumentes vorgelegt, in der die Verfahrensweise hierfür beschrieben wird. Gemäß diesem Dokument sind prinzipiell foklgende Prozesse zu berücksichtigen:

- Aufwirbelung von Meereswasser / Seesalz
- Aufwirbelung und grenzüberschreitender Eintrag von Bodenstaub von naturbelassenen Flächen ohne Vegetation („Wüsten"); bei Nachweis ausschließlich natürlicher Ursache auch Eintrag aus inländischen ariden Gebieten
- Vulkanausbrüche
- Waldbrände und andere Vegetationsfeuer, sofern der Eintrag grenzüberschreitend erfolgt.

Da die verschiedenen Quellen in den Mitgliedsstaaten unterschiedlich relevant sind, müssen zur Feststellung der Beiträge Methoden entwickelt werden, die an die jeweiligen geographischen und meteorologischen Bedingungen angepasst sind.

Für Nordrhein-Westfalen sind von den oben aufgeführten natürlichen Quellen insbesondere Seesalz, Vegetationsfeuer und der Ferntransport von Erdkrustenmaterial, z. B. Saharastaub, von Interesse.

Ziel des vom LANUV NRW beauftragten Projektes „Natürliche Feinstaubquellen" war es daher, eine für NRW und gegebenenfalls andere deutsche Länder brauchbare Methodik zur Ermittlung der Beiträge dieser Quellen zur PM_{10}-Belastung zu entwickeln.

Dazu wurden an zwei Messorten im regionalen (Eifel) und im städtischen Hintergrund (Mülheim-Styrum) über ein Jahr (April 2008 bis März 2009) zeitgleich (jeden 2. Tag) Filterproben von PM_{10} und PM_1 sowie mit geringerer Frequenz von $PM_{2,5}$ gewonnen. Eine geeignete Auswahl dieser Filterproben wurde auf ihre wesentlichen chemischen Inhaltsstoffe analysiert, vor allem Komponenten, die als Marker für die relevanten natürlichen Quellen dienen können. Die Auswahl der zu analysierenden Filterproben erfolgte anhand meteorologischer Daten, insbesondere Auswertungen von Rückwärtstrajektorien.

Die Ergebnisse zeigten, dass Seesalzanteile bei entsprechenden Westwindlagen häufig anzutreffen sind, jedoch zur PM_{10}-Konzentration anti-korreliert auftreten und daher lediglich bei knapper Überschreitung des PM_{10}-Tagesgrenzewertes von 50 µg/m³ relevant sein können. Im Hinblick auf den Ferntransport-Eintrag von Mineralstaub bzw. Vegetationsfeuer wurde eine Methodik entwickelt, Verdachtstage für Ferntransport anhand der im regionalen Hintergrund und in den städtischen Gebieten gemessenen PM_{10}-Konzentrationen zu identifizieren und den Verdacht durch Rückwärtstrajektorien zu bestätigen oder falsifizieren. Im Messjahr konnten zwei Episoden nachgewiesen werden, bei denen Mineralstaub eingetragen wurde. Die Episoden lagen im Mai (Antransport von Saharastaub) bzw. September (Staub aus der Region Kaspisches Meer). Lediglich die erste Episode führte auch an einigen Tagen zu weiträumigen PM_{10}-Grenzwertüberschreitungen, die aber vor allem auf die Anlagerung von sekundär gebildeten Ammoniumnitrat und –sulfatpartikeln während des Partikeltransportes zurückzufüh-

ren waren und somit nicht als ausschließlich natürlichen Ursprungs angesehen werden können. Der direkt auf Saharastaub zurückzuführende Anteil war deutlich geringer als die im Vergleich zu den Tagen vor und nach der Episode beobachtete PM_{10}-Zunahme. Während der Kasachstan-Episode war, bei insgesamt geringeren PM_{10}-Belastungen, der Mineralstaubanteil markanter ausgeprägt. Ein grenzüberschreitender Eintrag von Verbrennungsaerosolen, wie in den letzten Jahren zumeist aus östlichen Quellregionen (z. B. West-Russland) beobachtet, war im Messjahr nicht nachweisbar.

Das Projekt ist abgeschlossen. Der Forschungsbericht wird nach Freigabe voraussichtlich im 2.Quartal 2010 verfügbar sein.

Das Projekt wurde durch das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen finanziert.

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Ansprechpartner:

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

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

4.3.8 Räumliche und zeitliche Variabilität von ultrafeinen Partikeln

Epidemiologische Studien in den USA und Europa haben eine gesundheitsschädliche Wirkung von Schwebstaub, insbesondere der Partikelfraktion mit aerodynamischem Partikeldurchmesser ≤ 10 µm (PM_{10}) nachgewiesen. Dementsprechend wurden mit der EU-Richtlinie 1999/30/EG zur Begrenzung von Feinstaubimmissionen Grenzwerte für die PM_{10}-Feinstaubbelastung festgelegt. Neuesten Studien zufolge stehen vor allem Partikel mit Durchmessern ≤ 100 nm, so genannte ultrafeine Partikel (UFP), im Verdacht, gesundheitsschädlich zu sein.

In einem vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) geförderten Forschungsvorhaben hat das IUTA in Kooperation mit der Universität Duisburg-Essen im Rahmen einer Studie die Anzahlkonzentrationen ultrafeiner Partikel, deren räumlich-zeitliche Varianz und mögliche Exposition der Bevölkerung in einem Stadtgebiet untersucht.

Dazu wurden in einem 6-monatigen Zeitraum Messungen an der Verkehrsstation Gladbecker Straße in Essen und der städtischen Hintergrundstation in Mülheim-Styrum durchgeführt. Für die Untersuchungen wurden neben den Partikelanzahl- und Partikelgrößenverteilungsmessungen auch Stickoxid- und massenbezogene PM-Konzentrationsmessungen sowie die meteorologischen Daten betrachtet.

Zusätzlich wurde innerhalb des 6-monatigen Untersuchungszeitraums eine weitere Messstation an der Ellernstraße in Essen für einen Zeitraum von 2 Monaten eingerichtet. Diese diente in einer Entfernung von etwa 500 m zur Gladbecker Straße als Verkehrshintergrundstation und sollte kleinräumige Effekte und horizontale Gradienten der Konzentration ultrafeiner Partikel zwischen einer stark befahrenen Straße und ihrem Umfeld aufzeigen.

Die Partikelmessungen an den stationären Messstationen wurden mit elektrischen Mobilitätsanalysatoren (SMPS) durchgeführt. Zusätzlich zu den SMPS-Geräten wurden 2 weitere Partikelmessgeräte auf ihre Eignung hin, ultrafeine Partikel größenaufgelöst zu detektieren, in kurzen Messkampagnen untersucht.

Zur Untersuchung der räumlichen Variation der Partikelkonzentrationen im Umfeld der stationären Messungen an der Gladbecker

Straße in Essen wurden im näheren Umfeld der Verkehrsstation an 58 Punkten mobile Messungen der Partikelanzahlkonzentrationen mit einem tragbaren Partikelzähler vorgenommen. Generell konnten die Ergebnisse dieser Studie eine räumliche Variabilität von UFP aufzeigen, welche vorwiegend durch lokale Quellen (Straßenverkehr, Hausbrand, etc.) bedingt ist.

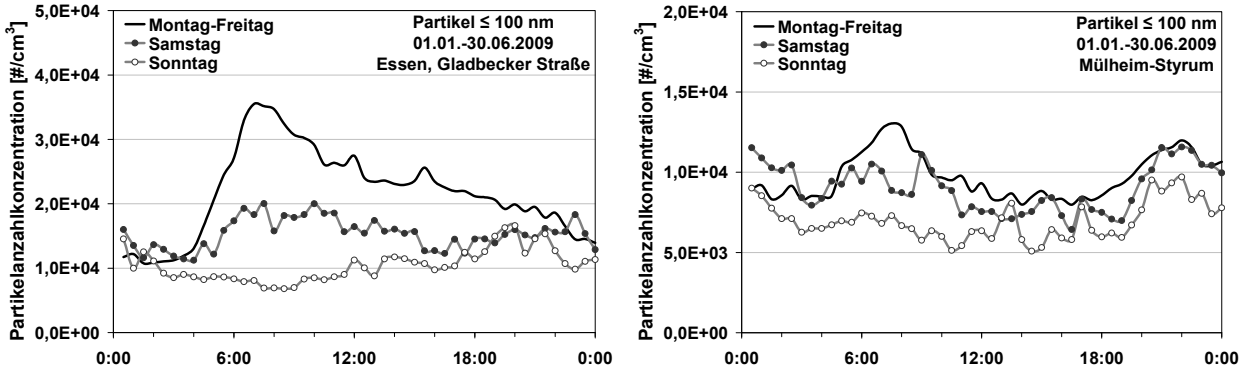


Bild 4-26: Mittlere Tagesgänge für die Messstationen Essen, Gladbecker Straße (links) und Mülheim-Styrum (rechts), Achtung: Skalierung unterschiedlich

Die zeitlichen Verläufe der Partikelanzahlkonzentrationen spiegelten an den Mess-stationen das Verkehrsaufkommen wider. Bei den mittleren Tagesgängen der Anzahlkonzentrationen für UFP fielen sowohl an der Gladbecker Straße als auch in Mülheim-Styrum die höchsten mittleren Tageswerte mit dem morgendlichen Berufsverkehr zusammen. Nach dem Tagesmaximum nahmen an der Gladbecker Straße die Werte für UFP bis in die Nacht kontinuierlich ab (siehe Bild 4-26, links), während sich in Mülheim-Styrum ein zweites Maximum in den Abendstunden ausbildete (Bild 4-26, rechts).

An Wochenenden gingen für beide Stationen die UFP-Konzentrationen zurück, wobei an der Station in Mülheim-Styrum in den Nächten von Samstag und Sonntag trotzdem hohe Werte ermittelt wurden. Windrichtungsanalysen konnten keinen direkten Hinweis auf mögliche Quellen liefern, wobei vermutet wird, dass die Autobahn im näheren Umfeld (Verlauf nordwestlich bis nordöstlich) der Messstation die Werte beeinflusst hat. Diese Vermutung wird dadurch unterstützt, dass die UFP-Anzahlkonzentrationen wesentlich höher lagen, wenn der Wind aus nordöstlichen Richtungen wehte.

An der Verkehrsstation Gladbecker Straße konnte ein eindeutiger Zusammenhang zwischen UFP- und NO-Konzentrationen und dem Verkehrsaufkommen hergestellt werden. So fallen die ausgeprägten Anstiege des morgendlichen Straßenverkehrs mit den Anstiegen der UFP- und NO-Konzentrationen zusammen, ebenso die Konzentrationsabnahmen mit dem Rückgang des nachmittäglichen Rückfahrtverkehrs. Eine Korrelationsanalyse konnte diesen Zusammenhang des Verkehrsaufkommens mit den UFP- und NO-Konzentrationen bestätigen, insbesondere den des LKW-Verkehrs.

Mit den mobilen Messungen mittels tragbaren Partikelzählers konnte ein räumlich-zeitliches Muster der Partikelanzahlkonzentrationen in einem heterogenen Untersuchungsgebiet in der Nähe der Gladbecker Straße aufgezeigt und eine räumliche Nähe zu Partikelemissionsquellen aufgelöst werden. Von der Hauptstraße weg wurde eine Abnahme der Partikelkonzentrationen um etwa 8 % pro 10 m nachgewiesen.

Ein Zusammenhang von ultrafeinen Partikeln zu den massenbezogenen PM_1- und PM_{10}-Konzentrationen konnte durch Korrelationsanalysen nicht nachgewiesen 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

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

4.3.9 Studie zur Emission von Nanopartikeln aus ausgewählten Produkten in ihrem Lebenszyklus

Im Rahmen des Umweltforschungsplans (UFOPLAN) 2008 wurde eine Literaturstudie vom Umweltbundesamt - FKZ 3708 61 300 - in Auftrag gegeben, die den Stand des Wissens und den Forschungsbedarf im Bereich der Emission von nanoskaligen Partikeln aus Produkten im Verlauf ihres Lebenszyklus und ihre mögliche ökologische Relevanz zusammenfassen soll. Hierfür wurden Informationen zu nanoskaligem Silber, nanoskaligem Titandioxid, nanoskaligem Carbon Black, nanoskaligem Ceroxid - speziell für Wischtücher, Außenwandfarben, Füllstoff in Reifen und Additive im Kraftstoff - zusammengetragen und bewertet.

Mögliche Messtechniken und Messmethoden für unterschiedliche Messgrößen und Matrizes zur Untersuchung der Freisetzung und Charakterisierung von Nanostrukturen und deren Verhalten in der Umwelt wurden in einem Abschnitt gesondert zusammengefasst. Im Verlauf des Lebenszyklus kann eine Freisetzung von nanoskaligen Materialien aus Produkten in die Umwelt an unterschiedlichen Abschnitten erfolgen. Während der Produktion, Weiterverarbeitung, Transport, beim Gebrauch oder bei der Entsorgung von Materialien und Produkten. Die Freisetzung kann dabei generell in die Umweltmedien Luft, Wasser oder Boden/Sedimente stattfinden. Bild 4-27 zeigt einen Produktlebenszyklus am Beispiel von nanoskaligemSilber.

Für die Freisetzung von nanoskaligem Silber und Titandioxid TiO_2 aus den betrachteten Produkten scheint die aquatische Phase der Hauptexpositionsweg zu sein, da hier die Freisetzung am wahrscheinlichsten erfolgt. Insbesondere beim Waschen von Tüchern und Textilien, die mit nanoskaligem Silber beaufschlagt waren, konnte die Freisetzung nachgewiesen werden.

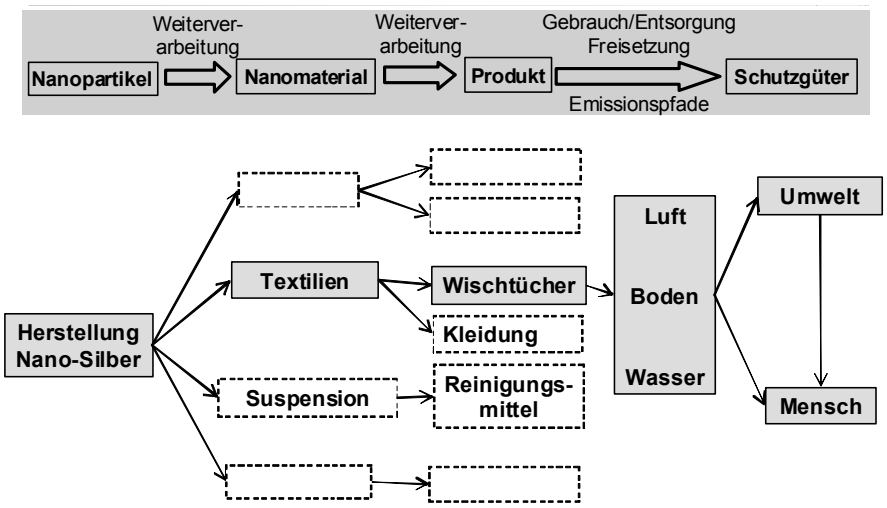


Bild 4-27: Exemplarische Darstellung des Produktlebenszyklus, von der Herstellung des Nanomaterials über die Weiterverarbeitung zum Produkt und die möglichen Freisetzungspfade (hier Nano-Silber)

Die Freisetzung von TiO_2 aus Wandfarben konnte nach Regenereignissen im Regenwasser und naheliegenden Oberflächengewässern bei Feldmessungen nachgewiesen werden. Laborstudien zeigten zudem, dass TiO_2-Partikel über mechanische Prozesse freigesetzt werden können. Bild 4-28.

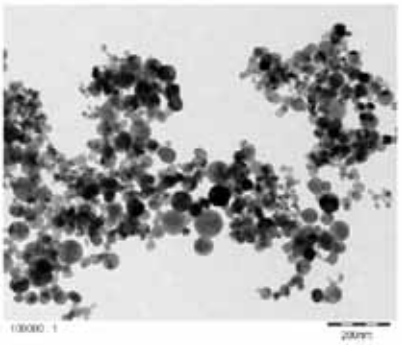


Bild 4-28: Titandioxid 42 nm Partikeldurchmesser (NanoCare 2009)

Die Emission von nanoskaligem Carbon Black oder nanoskaligem Ceroxid aus den Produkten scheint hingegen vornehmlich über den Luftpfad zu erfolgen.

Carbon Black kann aus Druckerschwärze, Laserdruckern oder Reifen stammen. Studien haben eine Freisetzung von nanoskaligen Partikeln aus Reifen beim Gebrauch nachgewiesen. Es konnte aber nicht bestimmt werden, ob die originären Produktpartikel freigesetzt wurden oder aus sekundären Prozessen gebildete Partikel.

Nanoskaliges Ceroxid wird hauptsächlich in Poliermitteln, Beschichtungen und als Katalysator in z. B. Dieselkraftstoffen eingesetzt. Des Weiteren wird der Einsatz von Ceroxiden zu medizinischen Zwecken z. B. als Antioxidant erprobt oder vermarktet. Für alle aufgeführten Anwendungen ist eine Emission von Ceroxiden wahrscheinlich, sie konnte insbesondere für den Einsatz in Kraftstoffen in Feldversuchen nachgewiesen werden.

Insgesamt existieren nur wenige Veröffentlichungen, die sich explizit mit der Freisetzung aus den zu untersuchenden Materialien und Produkten befasst haben. Die aus diesen Studien gewonnenen Daten geben erste Hinweise zur Emission von nanoskaligen Partikeln aus Produkten. Eine abschließende Beurteilung zur Emission von nanoskaligen Partikeln aus Produkten und eine Einschätzung zu möglichen Konzentrationen in den Umweltkompartimenten sind aufgrund der geringen Datenbasis an quantitativen Studien zurzeit nicht möglich.

Neben der Einschätzung zur Exposition wurden vorhandene Messstandards und Methoden ausgewertet und auf ihre Eignung für die

Beurteilung von Nanomaterialien bzw. Nanopartikeln überprüft. Eine besondere Schwierigkeit sind die geringe Größe der Objekte, ihre unterschiedlichsten Eigenschaften und die Schwierigkeit, geringste Konzentrationen in Kompartimenten zu messen, in denen eine hohe Konzentration an natürlichen nanoskaligen Partikeln / Kolloiden vorliegt.

Aus den Ergebnissen der Studie wurden folgende Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte für die nähere Zukunft abgeleitet:

Methodenentwicklung und Standardisierung der „Freisetzungsmessungen“ in Hinblick auf Normen

Life-Cycle-Betrachtungen der Freisetzung über den ganzen Zyklus

Messtechnikentwicklungen spezifisch für Nanoobjekte in wässrigen Medien, Sedimenten und Böden

Studien zum Verhalten von Nanomaterialien in wässrigen Medien, Sedimenten und Böden

Grundcharakterisierung der Materialien im Produkt, in der Matrix und in einem Medium

Kopplung von experimentellen Untersuchungen mit der Modellierung der Freisetzung, Ausbreitung/Mobilität und erwarteten Umweltkonzentrationen.

Die Studie startete am 01.12.2008 und wurde im September 2009 abgeschlossen. Das Projekt wird vom Umweltbundesamt unter dem Kennzeichen 3708 61 300 gefördert.

Umwelt Bundes Amt

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

4.3.10 Nanoskalige Partikel an Schweißarbeitsplätzen

Weltweit sind sehr viele Arbeitnehmer mit Schweißarbeiten beschäftigt und durch ihre berufliche Tätigkeit einer komplexen inhalativen Belastung am Arbeitsplatz ausgesetzt. Neben dem Schweißpersonal selbst sind generell die Bediener von mechanisierten Prozessen im unmittelbaren Umfeld der Schweißprozesse von der Belastung mit Schadstoffen betroffen. Allerdings sind bisher im Bereich der Arbeitsplatzüberwachung allgemein nur wenige Untersuchungen zur Exposition mit ultrafeinen Partikeln (UFP, Partikel ≤ 100 nm) durchgeführt worden.

Aus diesem Grund wurde im Rahmen dieses Forschungsvorhabens der Schweißrauch in der unmittelbaren Umgebung von Schweißern an einem definierten Arbeitsplatz für ausgewählte Schweißverfahren charakterisiert. Gleichzeitig wurde mithilfe von sensitiven Untersuchungsmethoden in situ untersucht, inwieweit sich subklinische adverse Effekte der inhalativen Gefahrstoffe an den Atemwegen der exponierten Personen im Sinne der Prävention nachweisen lassen. In Erweiterung und für die Entwicklung eines Risikomanagementsystems wurden die entzündlichen, fibrogenen sowie möglicherweise kanzerogenen Eigenschaften von nanoskaligen Partikeln aus Schweißrauchen mit etablierten in vitro- und in vivo-Techniken erfasst.

Für die physikalische, chemische und morphologische Charakterisierung der Schweißrauchpartikel wurden für eine Messkampagne 12 verschiedene Schweißverfahren/-varianten (Schutzgasschweißvarianten mit Massivdraht und Fülldraht und verschiedenen Schutzgasen, Schweißen mit Stabelektrode, jeweils hochlegiert und unlegiert) entsprechend den Marktanteilen und möglichen Risikokomponenten untersucht. Während dieser Untersu-

chungen wurden Schweißrauchproben auf Filtern gesammelt und diese mit dem Makrophagenmodell toxikologisch analysiert. Aus den Ergebnissen der physikalischen, chemischen Charakterisierung und den in vitro-Untersuchungen erfolgte anschließend die Auswahl von 3 Schweißvarianten für die detaillierte Kampagne. Während dieser Messkampagne wurden arbeitsmedizinische Untersuchungen an 6 Probanden mit dem Ziel durchgeführt, die gesamte Kausalitätskette der Wirkung exogener Noxen (innere Exposition – biochemischer Effekt – funktioneller Effekt) abzudecken.

Für die Charakterisierung der Schweißrauchpartikel am Arbeitsplatz wurden die Anzahl- und Oberflächenkonzentrationen, die Partikelgrößenverteilungen und die Massenkonzentrationen ermittelt. Zur chemische Charakterisierung und die toxikologischen Untersuchungen wurde eine filterbasierte $PM_{0,4}$-Probenahme nach dem Impaktorprinzip entwickelt und angefertigt.

Die Auswertung der Messdaten lässt erkennen, dass nicht nur der Schweißprozess an sich eine sehr ungleichmäßige und großen Schwankungen unterworfene Partikelfreisetzung verursachte, sondern auch bei den Schweißverfahren/-varianten große Variationen auftraten. Bei den über die Nettoschweißzeit gemittelten Partikelanzahlkonzentrationen traten Variationen bis zum Faktor 50 auf. Die maximale Variation bei den gemittelten Partikeloberflächenkonzentrationen lag bei 78. Dagegen variierten die gemittelten $PM_{0,4}$-Massenkonzentrationen innerhalb der untersuchten Varianten nur um den Faktor 7.

Die Partikelgrößenverteilungen waren meist bimodal mit einem Modus bei 10 nm und einem weiteren Modus bei 100-160 nm mit variablen Anteilen zur Gesamtanzahlkonzentration.

Bei den in der 2. Messkampagne näher untersuchten 3 Schweißvarianten wurde jede Variante von jeweils 2 verschiedenen Schweißern geschweißt. Auch innerhalb einer Schweißvariante variierten die gemittelten Anzahlkonzentrationen sehr stark (siehe Bild 4-29) und lassen erkennen, dass die Höhe der Schweißrauchexposition durch individuelle Unterschiede in der Handhabung indirekt vom Schweißpersonal abhängig ist.

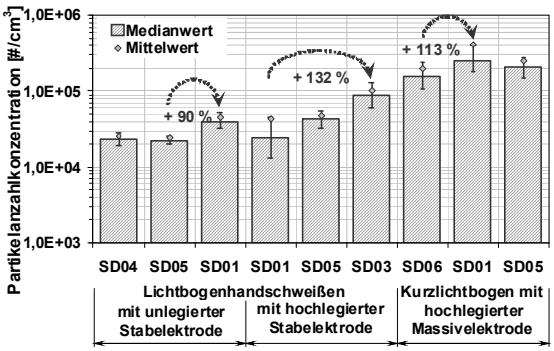


Bild 4-29: Partikelanzahlkonzentrationen während der Schweißvorgänge (SD bedeuten die Identifikationsnummern der verschiedenen Schweißer)

Die chemische Charakterisierung der Schweißstäube spiegelte die Inhaltsstoffe der verwendeten Schweißdrähte bzw. Elektroden wider. Beim Vergleich unlegiert zu hochlegiert nahm der Anteil des Eisens im Schweißrauch jeweils deutlich ab, während die Anteile von Chrom und Nickel deutlich zunahmen.

Die morphologische Charakterisierung ergab, dass sich die auf speziellen Probenträgern gesammelten Schweißrauchpartikel in Gestalt und fraktaler Dimension sehr ähnelten und aufgrund der morphologischen Gestalt nicht eindeutig zu differenzieren waren.

Bei den toxikologischen in vitro Untersuchungen ergab sich ein konsistentes Ergebnismuster für die Proben der ersten und zweiten Messkampagne. Die Tests wurden anhand des Makrophagenmodells durchgeführt und die biologische Aktivität der Schweißrauchpartikel, die funktionelle Zellschädigung, die Vitalität, die Zellnekrose und der DNA-Gehalt bestimmt. Als Negativ- bzw. Positivkontrolle dienten Korund und Quarz DQ12. Alle adversen Effekte zeigten eine klare Dosisabhängigkeit; die in vitro-Toxizität einiger Proben lag oberhalb der von Quarz DQ12.

Auf der Grundlage der in vitro-Ergebnisse wurden drei Schweißverfahren/-varianten mit unterschiedlich stark ausgeprägter in vitro-Toxizität für in vivo-Tests im Rattenmodell ausgewählt. Die drei Schweißrauchproben wurden im Multi-Dosis Modell über 3, 21 und 90 Tage getestet. Histologische Analysen der belasteten Rattenlunge zusammen mit Untersuchungen der bronchoalveolären Flüssigkeit lieferten ein kohärentes und insgesamt plausibles Bild zur Einschätzung der unterschiedlichen Toxizitäten der drei in vivo untersuchten Schweißrauchverfahren. Die histologischen Befunde zeigten für eine der untersuchten Partikelqualitäten (KLB hochlegiert) klare Parallelen zum Humanmodell der Schweißerlunge.

Die arbeitsmedizinischen Untersuchungen wurden zu Quantifizierungen der inneren Exposition durch Blut- und Urinuntersuchungen, der biochemischen Effekte durch Atemkondensatanalyse sowie der funktionellen Effekte durch verschiedene Lungenfunktionsprüfungen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass Schweißen unter Verwendung hochlegierter Materialien mit einer signifikanten Zunahme der inneren Chrom- und Nickelexposition einhergeht. Verschiedene biochemische Effektparameter reagierten mit einem Anstieg auf die Schweißrauchexposition. Lungenfunktionelle Beeinträchtigungen konnten nachgewiesen werden. Im Trend war zu sehen, dass nicht nur die innere Exposition gegenüber Chrom, sondern auch biochemische und funktionelle Effekte für das Handschweißen mit hochlegierter Stabelektrode erkennbar sind. Allgemein ist aber festzustellen, dass die gefundenen Effekte nicht stark ausgeprägt waren. Es muss betont werden, dass die Interpretation der Ergebnisse durch die geringe Fallzahl von nur 6 Probanden erschwert war. Bei der oft hohen biologischen Variabilität der gemessenen Parameter wurde das Ergebnis durch Einzelwerte beeinflusst, die statistische Aussagekraft ist somit beschränkt.

Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse der physikalischen, chemischen und morphologischen Charakterisierung sowie der toxikologischen und arbeitsmedizinischen Untersuchungen wurde ein Risikomanagementsystem entwickelt. Dazu wurden in einer Risikomatrix die Summenindizes der in vitro-Toxizität und der Exposition gegenübergestellt. Aus dieser Risikomatrix ergeben sich Risikomaßzahlen, mit denen Schweißvarianten identifiziert werden können, die ein hohes Gefährdungspotenzial aufzeigen. Aufgrund dessen lassen sich geeignete Maßnahmen einleiten, die das Schweißpersonal vor möglichen Gefährdungen schützen.

An dem Forschungsvorhaben waren neben dem IUTA die Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt SLV Duisburg, das Institut für Arbeits- und Sozialmedizin des Universitätsklinikums der RWTH Aachen sowie das Institut zur Entwicklung und Anwendung von Verfahren zur biologischen Emissionsbewertung IBE Marl beteiligt.

Das Forschungsvorhaben 14994 N der Forschungsvereinigung VEU 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.

AiF
Ideen eine Zukunft geben

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Heinz Kaminski
+49 (0) 20 65 418 105
kaminski@iuta.de

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

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

Nanomaterialien haben vielseitige Einsatzmöglichkeiten. Ihre intensivere Nutzung wird daher auch in Zukunft von zunehmender Bedeutung für Hersteller und Anwender sein (www.nanonet.de/). Allein in den letzten zwei Jahren wurde eine Zunahme von Produkten, die Nanomaterialien beinhalten oder verwenden, von 279 % verzeichnet (Woodrow Wilson Datenbank - 2009). Damit ist eine deutliche Zunahme einer Exposition der Umwelt gegenüber Nanomaterialien zu erwarten. Demgegenüber liegen wenige Informationen über Verbleib, Verhalten und biologische Effekte von Nanomaterialien in der Umwelt vor. Für die Wirkungsanalyse von Chemikalien gibt es eine Vielzahl von standardisierten Biotestmethoden (z. B. nach OECD-Richtlinien), mit denen Effekte auf Lebewesen erfasst werden können. Die Ergebnisse aus diesen Untersuchungen können dann in eine Risikobewertung von Chemikalien einfließen. Die OECD Guidelines for the Testing of Chemicals sind international harmonisiert und anerkannt. Es ist daher nahe liegend, diese Richtlinien bezüglich ihrer Eignung für und Anwendung auf Nanomaterialien zu überprüfen und ggf. anzupassen. Die Problematik, Nanomaterialien einer Risikobewertung nach bestehenden Schemata zu unterziehen, beruht darauf, dass Nanomaterialien in Wasser, Sedimenten und Böden ein anderes Verhalten als Chemikalien zeigen können. Hieraus ergeben sich weit reichende Konsequenzen für die Durchführung der Tests. So lässt zum Beispiel die klassische massenbezogene Konzentration-Wirkungs-Analyse bei Nanomaterialien wahrscheinlich keine hinreichende Risikobeurteilung zu, denn sie ist von weiteren Parametern abhängig (z. B. Größenverteilung der Partikel und deren Oberfläche), deren Berücksichtigung zu ergänzen ist. Folglich müssen für Analysen der Effekte von Nanomaterialien neue Bezugsgrößen untersucht und in der Wirkungsanalyse eingesetzt werden. Die Terminologie der etablierten Richtlinien muss an Nanomaterialien angepasst werden.

Im Rahmen des FuE-Vorhabens wird am IUTA in Kooperation mit weiteren Partnern das Umweltverhalten von verschiedenen Modifikationen von nanoskaligen Titandioxidpartikeln untersucht.

Ziele des Projektes sind

a) die Charakterisierung der in den Test einzusetzenden Dispersionen und Erstellung entsprechender SOPs für Nanomaterialien am Beispiel der vorgegebenen Substanzen

b) die Eignung der bestehenden OECD Teststandards mit Bezug zur Mobilität von Nanomaterialien in Umweltmedien (Boden / Sedimente, Wasser, Luft) zu untersuchen, evtl. entsprechend anzupassen/erweitern, die Messungen durchzuführen und

c) Charakterisierung der Dispersionen nach Versuchsdurchführung, um Aussagen zum Umweltverhalten der untersuchten Nanomaterialien treffen zu können.

Im ersten Teil des Vorhabens werden die nanoskaligen Materialien in Suspensionen gebracht und charakterisiert. Basierend auf der Charakterisierung der Testmedien wird im zweiten Teil des Vorhabens das Verhalten der eingesetzten Nanomaterialien in der Umwelt, Schwerpunkt Wasser und Boden, entsprechend der OECD-Richtlinien untersucht.

Die zu untersuchenden Systeme sind:

- Kläranlagensimulation (OECD No. 303A – Versuchsdurchführung Hydrotox)

- Adsorption – Desorption zwischen Böden und Wasser (OECD No. 106 – Versuchsdurchführung IUTA)

- Versickern im Boden (OECD No. 312 - Versuchsdurchführung IUTA).

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

Umwelt
Bundes
Amt

Ansprechpartner:

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

4.3.12 NanoDevice: Novel Concepts, Methods, and Technologies for the Production of Portable, Easy-to-Use Devices for the Measurement and Analysis of Airborne Engineered Nanoparticles in Workplace Air

Die Bestimmung der persönlichen Exposition gegenüber Nanopartikeln ist neben deren Toxizität essentiell für die Abschätzung des durch Nanopartikel verursachten Risikos. Im Zuge des siebten Forschungsrahmenprogrammes (FP7) fördert die EU daher das Projekt NANODEVICE, in dem 15 Partner aus verschiedenen Ländern der europäischen Union zusammenarbeiten, um tragbare oder personengebundene Nanopartikelmessgeräte zu entwickeln. IUTA ist in NANODEVICE in einer Vielzahl von Arbeitspaketen aktiv, mit einem besonderen Fokus auf der Entwicklung eines modularen Systems zur Expositionsbestimmung. Ziel ist es, in Kooperation mit TSI und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) einen einfach zu bedienenden Monitor zu entwickeln, der Aerosole am Arbeitsplatz möglichst umfassend physikalisch charakterisiert. Hierzu werden Methoden der elektrischen Mobilitätsanalyse herangezogen und die nötigen Komponenten (Auflader, Klassierer) miniaturisiert. Für die Detektion der Partikel hinter dem Klassierer werden neuartige Verfahren entwickelt. Es ist geplant, mehrere Parameter der Partikel hinter dem Klassierer zu detektieren 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. Im Zuge des Projektes wurden umfassende Modellierungen der zu entwickelnden Geräte durchgeführt.

Neben der Geräteentwicklung ist IUTA in NanoDevice insbesondere für die Planung und Durchführung von Vergleichsmessungen der 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 Industriearbeitsplätzen.

Weiterhin unterstützt IUTA die Aktivitäten zur Beschreibung von Expositionsszenarien und zum Schließen möglicher Wissenslücken bezüglich des Partikelverhaltens infolge einer Freisetzung. Hierzu werden detaillierte numerische Simulationen durchgeführt, die eine genaue Analyse einzelner partikeldynamischer Prozesse erlauben.

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

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

4.4 Umwelthygiene

4.4.1 Entwicklung von Zytostatika Wischtests

Im Rahmen des Tätigkeitsschwerpunktes „Verbesserung des Arbeitsschutzes beim Umgang mit gesundheitsgefährdenden Arzneimitteln“ wurde 2009 das in Zusammenarbeit mit der Firma R-Biopharm durchgeführte PROINNO II-Vorhaben „Entwicklung eines Immunchromatographischen Wischtests zur Ermittelung von Zytostatika-Oberflächenkontaminationen an Arbeitsplätzen“ erfolgreich abgeschlossen.

Die in der chemotherapeutischen Krebsbehandlung eingesetzten Zytostatika, aber auch andere Medikamente, besitzen ein erhebliches gesundheitsgefährdendes Potenzial, dem durch entsprechende Maßnahmen des Arbeits- und Umweltschutzes Rechnung getragen werden muss. Diese Substanzen können durch Unfälle, aber auch beim sachgemäßem Umgang, verschiedenste Oberflächen (Arbeitsflächen, Böden, Mobiliar, Arbeitsgeräte, Behältnisse, etc.) kontaminieren und durch weitere Aktivitäten (z. B. Reinigungsvorgänge, Transport von Gegenständen) in andere Bereiche transportiert werden. Dies wurde in vielen Studien u. a. des IUTA nachgewiesen. Gemäß § 11 Abs. 2 GefStoffV sind regelmäßige Messungen kanzerogener Arbeitsstoffe, zu denen viele Arzneimittel gehören, notwendig. Trotz dieser Verpflichtung zum Monitoring wird es aufgrund der hohen Kosten und des Zeitaufwandes für die klassische Laboranalytik derzeit nur selten durchgeführt.

Die Entwicklung im Rahmen dieses Projekts basiert auf der Anwendung der in einem Vorläuferprojekt entwickelten spezifischen Antikörper zur selektiven Detektion der beiden Zytostatika Methotrexat und Fluorouracil durch die Nutzung der Antikörper-Antigen-Reaktion in einem kompakten und leicht handhabbaren Teststreifen. Am IUTA wurden unter anderem die Validierung der Ergebnisse durch Vergleich mit der klassischen HPLC-Analytik, die Prüfung und Auswahl verschiedener Wischmaterialien und –lösungen, die Prüfung der Querempfindlichkeit gegenüber strukturell verwandten Substanzen (insbesondere Folsäure) sowie die Untersuchungen zur Langzeitstabilität der Materialien durchgeführt. Die Bestimmungsgrenze des Tests liegt für Methotrexat bei ca. 50 ng (Bild 4-30).

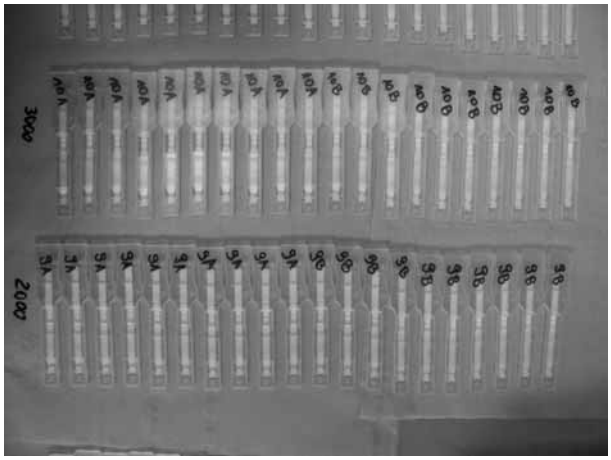


Bild 4-30: Verdünnungsreihe zur Ermittlung der Nachweisgrenze des Schnelltests für Methotrexat

Die einzelnen Schritte des Verfahrens sind:

1. Eintauchen des Wischstäbchens in die Wischlösung
2. Abwischen der zu untersuchenden Oberfläche (z. B. 5x5 cm) in zwei Richtungen
3. Abtrennen des Wischkopfes mit dem abgelösten Zytostatikum und Überführung in ein Fläschchen mit dem Laufmittel für den lateralen Fließtest
4. Lösen der nachzuweisenden Substanz durch Schütteln
5. Auftragen des im Laufmittel gelösten Analyten auf den Testsstreifen.

Zur Bewertung der Ergebnisse wurde vom Kooperationspartner eine Auswertekarte entwickelt (Bild 4-31).

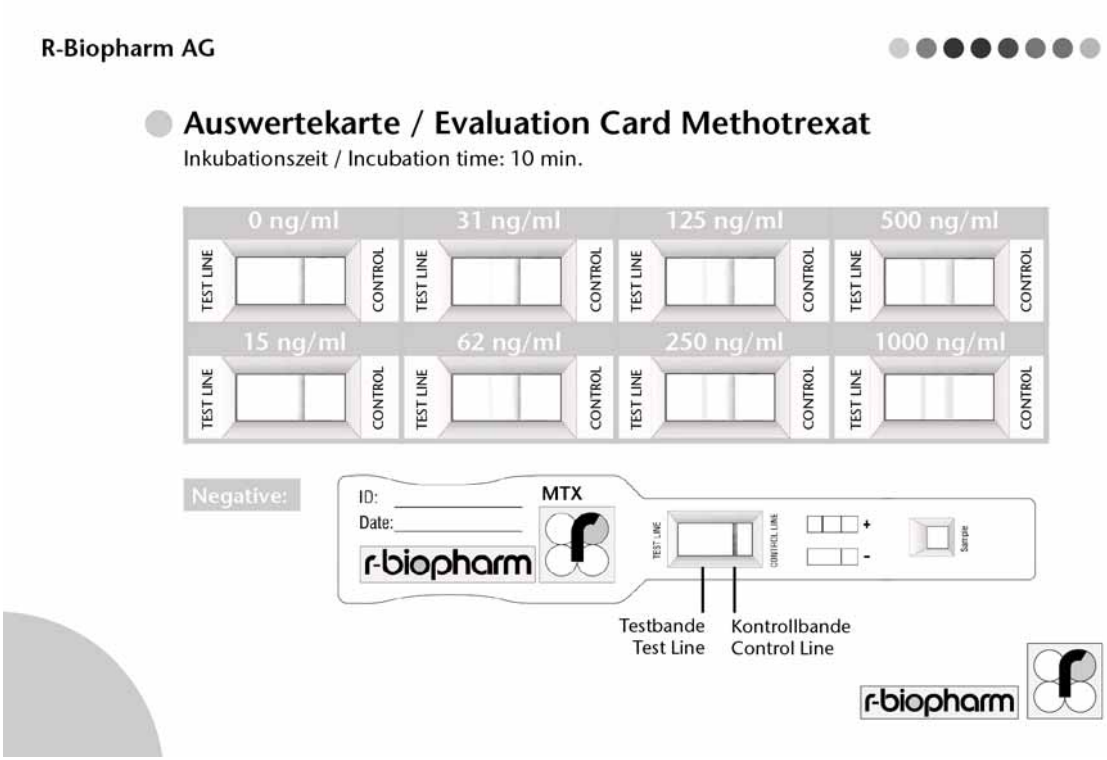


Bild 4-31: Auswertekarte für den Methotrexat Schnelltest

Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Ansprechpartner:

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

4.4.2 Automatisierte Probenvorbereitung für die Schnelldetektion von Mykotoxinen am Beispiel Getreide

Mit Mykotoxinen belastete Getreide stellen ein gesundheitliches und wirtschaftliches Risiko dar, sowohl bei der Ernährung von Tieren als auch beim Menschen. Diesem Sachverhalt wird z. B. durch die Festlegung von Richtwerten und Höchstmengen durch Bundes- und EU-Behörden Rechnung getragen. Es besteht jedoch keine ausreichende Überwachung der Mykotoxinbelastung an kritischen Kontrollpunkten wie Getreidemühlen, da die analytischen Mittel nicht gegeben sind. Vor diesem Hintergrund soll ein Verfahren zur automatisierten Probenvorbereitung für die Vor-Ort-Analytik von Schimmelpilzgiften (Mykotoxinen) in Getreideproben erarbeitet werden. Ziel dieses Verfahrens ist es, ohne eine aufwändige Laboreinrichtung in kurzer Zeit (1 bis 5 min) Extrakte herzustellen, die sofort mit bereits verfügbaren immunchemischen Bestimmungsmethoden vor Ort analysiert werden können (Bild 4-32). Die erzielte Zeitersparnis von ein bis drei Tagen im Vergleich zur Labormethodik schafft die Grundlage für ein verbessertes Qualitätsmanagement in der Lebens- und Futtermitteltechnik und ermöglicht eine schnelle, kostengünstige Kontrolle einzelner Materialchargen.

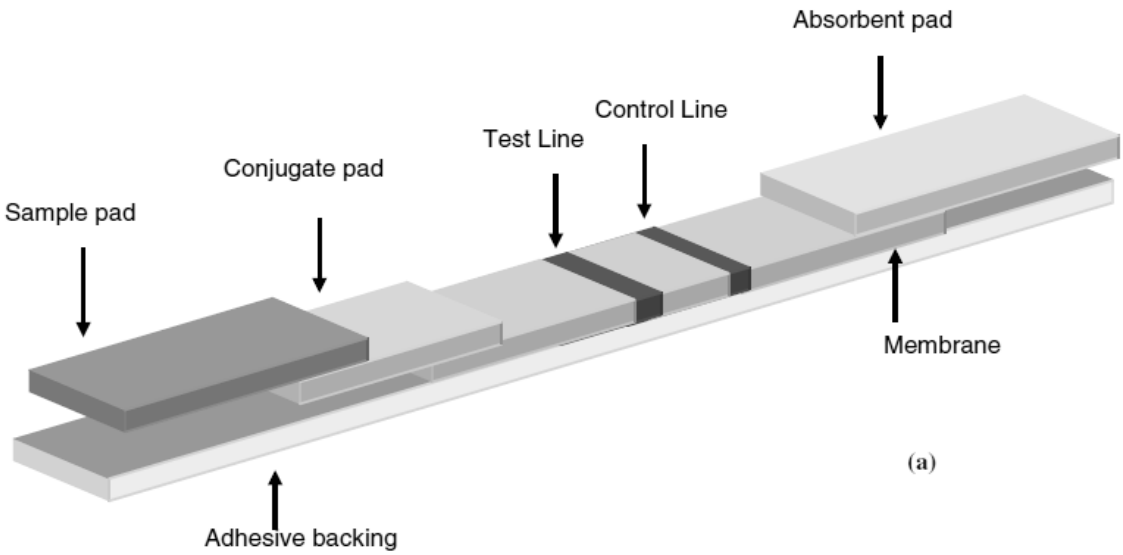


Bild 4-32: Schematische Darstellung eines immunochemischen Schnelltests (Lateral-flow- test). Nach der Aufgabe des Probenextraktes, bilden sich bei einem positiven Befund zwei Linien aus (Test Line und Controll Line)

Die erzielte Zeitersparnis von ein bis drei Tagen im Vergleich zur Labormethodik schafft die Grundlage für ein verbessertes Qualitätsmanagement in der Lebens- und Futtermitteltechnik und ermöglicht eine schnelle, kostengünstige Kontrolle einzelner Materialchargen.

	Temperatur °C							
	25	50	75	100	125	150	175	200
Leitungswasser (ungepuffert)	+	+	+	+	±	±	-	-
Phosphatpuffer (sauer)	+	+	+	+	±	±	-	-
Phosphatpuffer (neutral)	+	+	+	+	±	±	-	-
Phosphatpuffer (alkalisch)	-	-	-	-	-	-	-	-

Bild 4-33: Übersicht der optimalen (+), ausreichenden (±) und ungenügenden (-) Extraktionsbedingungen für ausgewählte Mykotoxine in Getreide

Es wurde eine schnelle Methode zur wässrigen Extraktion von Mykotoxinen für die vor-Ort-Analytik entwickelt. Die optimalen Parameter zur Extraktion von Aflatoxin B1, Fumonisin B1 und B2, Ochratoxin A, Deoxynivalenol und Zearalenon aus Getreide mittels ASE® (accelerated solvent extraction) wurden ermittelt und sind in Bild 4-33 dargestellt.

Bild 4-34 zeigt stark verklumptes gemahlenes Getreide, das Ergebnis der ersten Versuche zur Extraktion.

Bild 4-34: Ergebnis der ersten Versuche zur Extraktion. Das eingesetzte gemahlene Getreide verklebte zu einer harten Masse, die sich nur sehr schwer aus den Extraktionsbehältern entfernen ließ

Weiterhin wurden Multimykotoxin-Methoden auf Basis der HPLC-MS/MS für die Vergleichsanalytik entwickelt. Tabelle 4-1 zeigt beispielhaft die Ergebnisse für einen der verwendeten Schnelltests. Das Prinzip eines Schnellextraktes für die universelle Untersuchung der geregelten Mykotoxine konnte belegt werden. Außerdem wurde ein online-SPE System für die direkte Anreicherung mit

einem Autosampler für ein HPLC-System angepasst.

Tabelle 4-1:Ergebnisse (++ sehr gut, + gut, (+) befriedigend) des Schnelltests RIDA QUICK DON R5904 (Nachweisgrenze 0,5 ppm) für verschiedene extrahierte Getreidesorten

Hartweizen I - pH 7 - 100 °C	(+)
Weizen II - pH 3 - 50 °C	+
Roggen III - pH 7 - 100 °C	++
Mais IV - pH 7 - 75 °C	(+)
Hafer V - pH 3 - 50 °C	+
Gerste VI - pH 3 - 75 °C	++

Das Prinzip eines Schnellextraktes für die universelle Untersuchung der gesetzlich erfassten Mykotoxine konnte belegt werden. Außerdem konnte ein online-SPE System für die direkte Anreicherung mit einem Autosampler für ein HPLC-System angepasst werden.

Ansprechpartner:

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

4.4.3 Schimmelpilze in Innenräumen

Die Menschen in Industrieländern halten sich täglich zu mehr als 80 % ihrer Zeit in geschlossenen Räumen auf, deshalb sind Innenraumkontaminationen grundsätzlich von gesundheitlicher Relevanz. Mehr als 20 % der Haushalte in Deutschland weisen direkt erkennbare Feuchtigkeitsschäden auf. Ein sichtbarer Schimmelpilzbefall liegt in etwa jeder zehnten Wohnung vor, allerdings kann dieser lange hinter Möbeln oder Wandverkleidungen verborgen bleiben. In Abhängigkeit von abiotischen Faktoren sind viele Pilze in der Lage, Mykotoxine zu produzieren. Über 400 dieser sekundären Metabolite von Schimmelpilzen sind bekannt, aber nur wenige als Reinsubstanzen erhältlich. Diese Substanzen können u. a. Leber und Nieren schädigen, immunsuppressiv, mutagen und kanzerogen wirken. Da Hausstaub eine Senke für mittel- und schwerflüchtige Verbindungen darstellt, ist dieser ein idealer Indikator für eine Innenraumkontamination mit Mykotoxinen. Gleichzeitig ist Hausstaub ein Pfad der Exposition mit diesen Stoffen.

In der hier vorgestellten Studie wurden bevölkerungsrepräsentative Hausstaubproben untersucht, die im Rahmen der norddeutschen Leukämie- und Lymphomstudie gesammelt wurden. Darüber hinaus wurden über 350 aktuelle Proben aus Haushalten mit und ohne sichtbaren Schimmelpilzbefall gesammelt und analysiert. In den Hausstaubproben wurden Aflatoxin B1, Citrinin, Deoxynivalenol, Diacetoxyscirpenol, Gliotoxin, Ochratoxin A, Roridin A und Sterigmatocystin mittels Flüssigchromatographie-Massenspektrometrie (LC-MS/MS) quantifiziert.

Weitere Toxine und Metabolite wurden gleichzeitig per MS^n-Screening in der linearen Ionenfalle des Hybridmassenspektrometers untersucht.

Besonderes Augenmerk lag auf den Mykotoxinen aus der Gruppe der Trichothecene, die von dem Schimmelpilz Stachybotry chartarum gebildet werden können. Satratoxin G und H und ihre Isomere konnten ohne Referenzsubstanz anhand ihres Vorläuferions und ihrem Fragmentierungsmuster identifiziert werden. Die gefundenen Fragmente stimmen mit Literaturangaben und mit den Ergebnissen einer Softwaresimulation überein. Zusätzlich wurde die Identität mit einem Flugzeitmassenspektrometer (Cap-LC-TOF-MS) (Bild 4-35) und das Fragmentierungsmuster mittels eines Quadropol- Flugzeitmassenspektrometer (HPLC-QTOF-MS) bestätigt.

Das Vorhaben wurde im Oktober 2009 abgeschlossen.

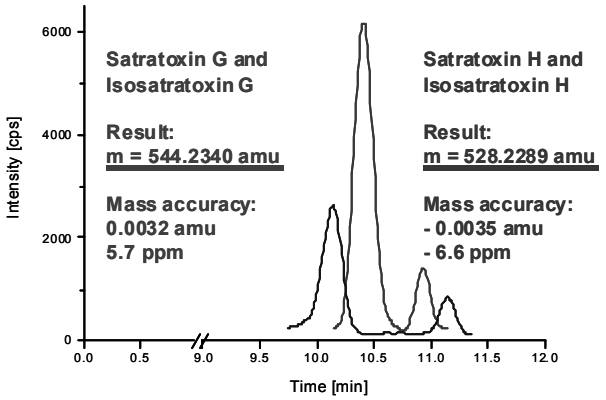


Bild 4-35: Chromatogramm von Satratoxin G und H sowie den Isomeren gemessen mittels Cap-LC-TOF-MS incl. der Angabe der Massgenauigkeit

Das Forschungsvorhaben 15406 N der Forschungsvereinigung VEU 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.

Ideen eine Zukunft geben

Ansprechpartner:

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

4.4.4 IUTA - Fortbildungen – Diskussion und Transfer von Forschungsergebnissen

Ergänzend zu den Forschungsaktivitäten zur Verbesserung des Arbeitsschutzes beim Umgang mit gesundheitsgefährdenden Arzneimitteln führt der Bereich Umwelthygiene regelmäßige Fortbildungsseminare zum Thema „Sicherer Umgang mit Zytostatika“ mit jeweils aktualisiertem Programm 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 (Antiboitika, Virustatika, monoklonaler Antikörper, etc.) umgehende Personen in Apotheken, Kliniken, Arztpraxen, Pflegediensten, Produktions- und Abfüllbetrieben sowie an Behördenvertreter und Hersteller von technischer und persönlicher Schutzausrüstung. Für IUTA sind diese Veranstaltungen mit insgesamt ca. 150-200 Teilnehmern eine wichtige Möglichkeit zur Vorstellung aktueller Forschungsvorhaben und -ergebnisse sowie zum Austausch über Veränderungen und neue Probleme im Arbeitsalltag der mit Zytostatika umgehenden Beschäftigten. 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 einen praktischen Teil, in dem unter anderem das Verhalten bei Unfällen mit Freisetzung der Wirksubstanzen geübt wird.

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

Für 2010 sind IUTA-Fortbildungsveranstaltungen in Duisburg und in Dresden geplant. Dabei wird erstmals ein weiterer praktischer Teil zur Dekontamination von Oberflächen, basierend auf den diesbezüglichen Forschungsergebnissen des IUTA, angeboten.

Ansprechpartner:

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

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

4.5 Technische Thermodynamik & Gasaufbereitung

4.5.1 Entwicklung eines Hochleistungsverdampfers für die Regeneration von Aminen bei der Veredelung von Biogas durch Kohlendioxidentzug

Für die Einspeisung von Biogas in bestehende Erdgasnetze oder die direkte energetische Nutzung ist die Entfernung von Kohlendioxid (CO_2) notwendig. Dieses Gas bildet neben Methan die Hauptkomponente des Biogases mit Anteilen von 25 bis 55 %. Ein gebräuchliches Verfahren zur CO_2-Entfernung ist die Gaswäsche mit wässrigen Aminlösungen als Lösungsmittel. Im großtechnischen Maßstab wird dieser Prozess durch einen Lösungsmittelkreislauf realisiert. Hauptbestandteile einer Aminwäsche sind Absorber- und Desorberkolonnen, in denen die Aminlösung im Kreis gefahren wird. In der Absorptionskolonne, die üblicherweise als Füllkörperkolonne ausgelegt ist, steigt das CO_2-haltige Biogas bei Temperaturen von ca. 40 bis 60°C nach oben und gelangt im Gegenstrom mit der herunterrieselnden Aminlösung in Kontakt. Zur Desorption kann die Lösung entweder direkt oder, sofern unter Druck gearbeitet wird, nach dem Entspannen erhitzt werden. Als Wärmequelle dient zunächst heiße, regenerierte Lösung aus dem Regenerator (Desorberkolonne). Im Anschluss wird die erwärmte beladene Lösung in der mit Dampf beheizten Desorberkolonne bei ca. 120°C regeneriert. Die im Wärmetauscher abgekühlte, regenerierte Aminlösung wird anschließend wieder zum Kopf der Absorberkolonne zurückgeführt. Bild 4-36 zeigt das Fließschema einer Aminwaschanlage.

Beim Betrieb von Aminwäschen treten jedoch unerwünschte Nebenprodukte auf, die ohne Gegenmaßnahmen zu einem monatlichen Kapazitätsabfall von 10 bis 15 % führen. Es treten hauptsächlich folgende Störstoffe auf:

- Heat Stable Salts (HSS)
- Degradationsprodukte des Amins.

Um gebildete HSS aus der Aminlösung zu entfernen, werden Reclaimer in das Anlagenkonzept integriert. In diesem Bauteil wird der Waschlösung Natriumhydroxid oder Natriumcarbonat zugesetzt, damit sich mit den Anionen der HSS die entsprechenden Natriumverbindungen bilden. Durch Auskochen der Lösung wird das Amin zurückerhalten und wieder dem Waschprozess zugeführt. Im Sumpf verbleiben die unerwünschten Nebenprodukte.

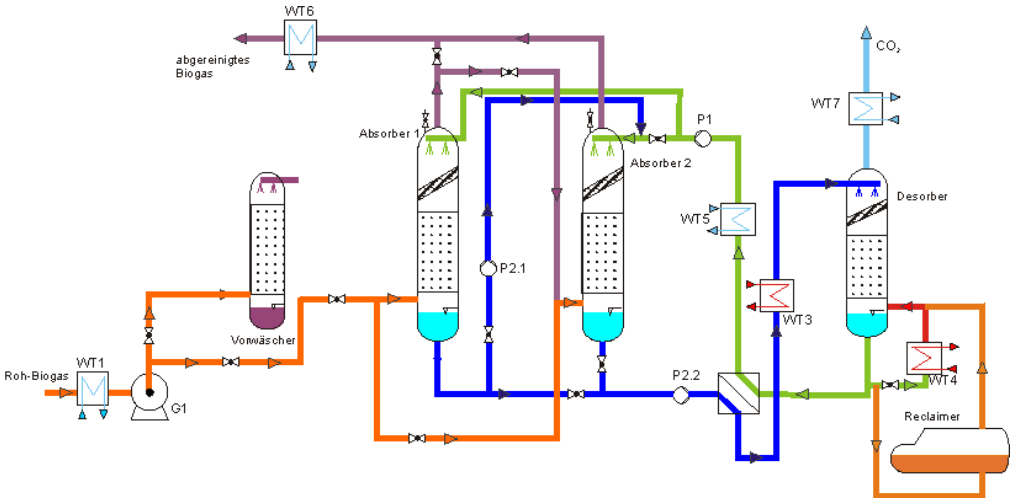


Bild 4-36: Verfahrensfließbild Aminwäsche

Die Entwicklung einer mikrostrukturierten Beschichtung auf den Rohren der Wärmetauscher im Desorptions- und Reclaimerprozess einer Aminbiowaschanlage steht im Mittelpunkt des von der AiF geförderten Projekts „Hochleistungsverdampfer für wässrige Medien“, das in Kooperation des IUTA e. V. mit der Dreyer & Bosse Kraftwerke GmbH, Gorleben, seit dem 1. September 2009 bearbeitet wird. Durch die zu entwickelnde Mikrobeschichtung auf Basis von Nickel- bzw. Titanschichten soll der spezifische Wärmefluss erhöht werden, um die thermische Belastung der wässrigen Aminlösung zu minimieren und die Energieeffizienz der Regeneration zu optimieren unter gleichzeitiger Beschränkung von Degradationsreaktionen. Der Anteil des IUTA e. V. am Gesamtvorhaben umfasst die Ausarbeitung und Durchführung analytischer Untersuchungen der Aminlösung zu verschiedenen Zeitpunkten, insbesondere zur Charakterisierung der beabsichtigten Verbesserungen im Desorptions- und Regenerationsprozess des Amins.

Getestet und validiert werden folgende Analysenmethoden: Verschiedene Titrierverfahren, u. a. mit konduktometrischer Endpunktbestimmung, Ionenchromatographie, gasanalytische CO_2-Bestimmung nach Hempel sowie die Wasserbestimmung nach Karl-Fischer. Es werden die gebildeten unerwünschten Produkte quantifiziert und zusätzlich geprüft, wie die chemisch-physikalischen Größen pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Redox-Potential, Viskosität und Brechungsindex sowie die Eisenionenkonzentration (infolge Einschleppung durch Anlagenbauteile) zur Charakterisierung der Prozesseffektivität bzw. des Korrosionsfortschritts herangezogen werden können. Weiterhin werden Siedediagramme unter Atmosphärendruck und gegebenenfalls im Vakuum erstellt, um schnell und einfach durch Vergleiche zu Hinweisen auf Amindegradation infolge thermischer Belastung zu gelangen. Geprüft wird ferner, ob Methoden der klassischen organischen Chemie zur Quantifizierung funktioneller Gruppen der Degradationsprodukte herangezogen werden können, die spezifisch über den Waschmittelzustand Auskunft geben und als Schnelltest ausgearbeitet werden können, um im Anlagenbetrieb eine unmittelbare Beurteilung zu gestatten.

Neben der qualitativen und quantitativen Erfassung unerwünschter Aminderivate sollen plausible Reaktionsmechanismen ihrer Bildung formuliert werden, um zu prüfen, wie durch Wahl der Prozessparameter der Bildung entgegengewirkt werden kann. Hierzu werden auch thermodynamische Berechnungen durchgeführt und interpretiert.

Neben den analytischen Arbeiten werden zusätzlich Versuche zur Beschreibung des Korrosionsverhaltens durch Amindegradationsprodukte durchgeführt. Durch diese Experimente sollen die Bedingungen erforscht werden, unter denen Korrosion durch die Amindegradationsprodukte eintritt und welche Gegenmaßnahmen zu treffen sind.

Das Forschungsvorhaben KF 2025402 DA8 wird im Rahmen des Programms „Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) – Fördermodul Kooperationsprojekte – vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Ansprechpartner:

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

Dipl.-Chem. Dipl.-Ing. FH Frank Grüning
+49 (0) 20 65 418 213
gruening@iuta.de

4.5.2 Entwicklung einer Wissensdatenbank zur Bewertung der Umweltrelevanz von Produkten, Nebenprodukten und Entfallstoffen

Um die Vielzahl der Anforderungen bei der Herstellung, Verwendung und Entsorgung der Produkte zu bündeln und eine schnelle und eindeutige Entscheidungshilfe anbieten zu können, wurde im Auftrag von ThyssenKrupp Steel Europe AG eine Wissensdatenbank zur Bewertung der Umweltrelevanz von Produkten, Nebenprodukten und Entfallstoffen aufgebaut. Die Zusammenstellung aller relevanten produktspezifischen Informationen, wie z. B. Recyclingfähigkeit, Angaben zu Inhaltsstoffen und das Gefährdungspotential von einzelnen Stoffen erlaubt durch die logische Verknüpfung mit ebenfalls abgelegten Richtlinien, Normen oder kundenspezifischen Anforderungen eine schnelle Analyse auf Konformität, die übersichtlich präsentiert wird.

Dazu wurde folgendes Anforderungsprofil definiert und anschließend in eine konkrete Softwareanwendung umgesetzt:

• Die Wissensdatenbank versteht sich als Sammlung von Wissen und Fakten mit klaren Strukturen aller Informationen.

• Benutzerfreundliche Such- und Auswertefunktionen ermöglichen den Zugriff auf das hinterlegte Wissen.

• Die logische Verknüpfung der gespeicherten Stoffdaten und -fakten mit den Auflagen von Richtlinien, Normen oder kundenspezifischen Anforderungen erlaubt eine schnelle Analyse auf Konformität.

• Die Bedürfnisse und Anforderungen der Kunden stehen im Vordergrund der Betrachtungen.

Die Darstellung der Datenverfügbarkeit und Produktkonformität hinsichtlich der Anforderungen erfolgt über eine Ampelfärbung.

• Grün: Das Produkt entspricht allen Anforderungen und Richtlinien.

• Gelb: Parametergehalte müssen deklariert werden, oder die Bewertung kann aufgrund fehlender Produktdaten nicht erfolgen.

• Rot: Grenzwertüberschreitungen und damit Ausschluss des gewählten Einsatzbereiches für das Produkt.

Nach Abschluss der Arbeiten steht Thyssen Krupp Steel Europe AG nun eine Datensammlung mit weit über 200 Analysendatensätzen verschiedener Stoffe und über 100 Richtlinien- und Anforderungsdatensätzen, die tabellarisch zusammengefasst wurden, zur Verfügung. Zur übersichtlichen Darstellung der Daten sind vielfältige weitere Funktionen implementiert.

Besonders hervorzuheben ist dabei der direkte Zugriff auf Analysedaten der Stoffe aus dem Laborinformations- und Managementsystem von ThyssenKrupp Steel Europe AG. Dieser direkte Zugriff und der dadurch mögliche Import der Stoffdaten in die Datenbank stellt eine große Zeitersparnis sowohl für die User als auch für die Datenbankadministration dar.

Ansprechpartner:

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

4.5.3 Weiterentwicklung eines innovativen Dampf-Reformers für die Hausenergieversorgung

Stationäre Brennstoffzellen zur Hausenergieversorgung bieten durch Kraft-Wärme-Kopplung mit Stromeinspeisung in das öffentliche Netz langfristig das Potenzial zur Realisierung einer dezentralen Energieversorgungsstruktur. Daneben zeichnen sich Brennstoffzellen durch hohe elektrische Wirkungs-

grade und geringe Schadstoffemissionen aus, wodurch sich ökologische Vorteile ergeben.

Trotz ihrer Vorzüge sind Brennstoffzellen-Heizgeräte bisher nicht über das Stadium der Erprobung in Feldtests hinausgekommen. Als Hemnisse auf dem Weg zur Kommerzialisierung lassen sich die nicht ausreichende Lebensdauer und Zuverlässigkeit der Membran-Elektroden-Einheiten (MEA – Membrane Electrode Assembly) identifizieren. Als mindestens ebenso schwierig ist die notwendige Umwandlung des in den Haushalten bereitstehenden Erdgases in brennstoffzellentauglichen Wasserstoff anzusehen. Die meisten Entwickler setzen hierzu sogenannte Dampfreformer ein, die Erdgas und Wasserdampf bei hohen Temperaturen (ca. 700°C) in einer heterogen katalysierten Reaktion zu Wasserstoff, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid umwandeln. Die Reformer-Technologie stammt aus dem Bereich der Petrochemie und ist dort Stand der Technik. Aufgrund der hohen thermischen Belastungen wie auch der hohen Anforderungen, die Brennstoffzellensysteme an den bereitzustellenden Brennstoff stellen, bereitet das Downscaling zu kleinen, „haushaltstauglichen“ Modulen Schwierigkeiten.

In einem im Rahmen der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) durchgeführten Forschungsprojekt entwickelt IUTA gemeinsam mit dem Zentrum für Brennstoffzellen-Technik in Duisburg und dem Forschungsinstitut für Edelmetalle und Metallchemie in Schwäbisch-Gmünd ein Dampfreformersystem im Leistungsbereich 2,5 kWth für den Einsatz in Brennstoffzellen-Heizgeräten. Ziel des Vorhabens ist die Herstellung eines Reformers, der sich durch einen hohen Wirkungsgrad, eine hohe Lastwechseldynamik, ein kompaktes Design sowie eine hohe Leistungsdynamik auszeichnet und gegenüber konventionellen Systemen Vorteile hinsichtlich des An- und Abfahrverhaltens bietet. Das Projekt knüpft an die Ergebnisse eines 2007 abgeschlossenen Vorhabens an, in dem die Entwicklungsgrundlagen für die neuen, leistungssteigernden Komponenten gelegt wurden. Hierbei handelt es sich um einen Katalysator, der aus einem elektrolytisch mit Nickel beschichteten Metallschaum besteht sowie einen Porenbrenner.

Die wichtigsten angestrebten Forschungsergebnisse des aktuellen Projektes sind

die Optimierung der Reformer-Katalysatoren,
die Entwicklung von metallschaumbasierten Katalysatoren für den Einsatz in der zur CO-Reinigung verwendeten Shift-Stufe,
der Aufbau eines wärmeintegrierten Reformer-Gesamtsystems, und schließlich
die Kopplung des Reformers mit einer Membran-Brennstoffzelle und die Ermittlung der Leistungsfähigkeit unter praxisnahen Bedingungen.

Das im ersten Projektabschnitt für den neuen Dampfreformer entwickelte Katalysatorsystem zeigte eine gute Performance bei niedrigen bis mittleren Raumgeschwindigkeiten, die sich durch Umsatzraten im Bereich des thermodynamischen Gleichgewichts auszeichneten. Bei Zunahme der Strömungsgeschwindigkeiten im Reaktor wurde das Katalysatorsystem infolge einsetzender Rußbildung deaktiviert. Im Rahmen der aktuellen Forschungsarbeiten sollten nun u. a. Modifikationen getestet werden, die eine Rußbildung unterdrücken.

Die Arbeiten umfassten zunächst die Untersuchung der Eigenschaften weiterer, bisher nicht getesteter Metallschaumsubstrate. Neben Parametervariationen beim Beschichtungsverfahren wurden Co-Dotierungen mit als geeignet erscheinenden Promotoren wie beispielsweise Ruthenium, Rhodium und Cer untersucht. Während die Co-Dotierung mit den Edelmetallen Ruthenium und Rhodium sich als nicht zielführend erwies, führte die Co-Dotierung mit Cer zu einer wesentlichen Verbesserung der katalytischen Eigenschaften. Bild 4-37 zeigt eine Vergleichsmessung zweier Nickel-Chrom-Metallschaumproben mit einer Porenweite von ca. 27-33 ppi (pores per

inch), von denen eine Probe neben der elektrolytisch aufgebrachten Nickelschicht zusätzlich eine Co-Dotierung mit Cer erhalten hatte.

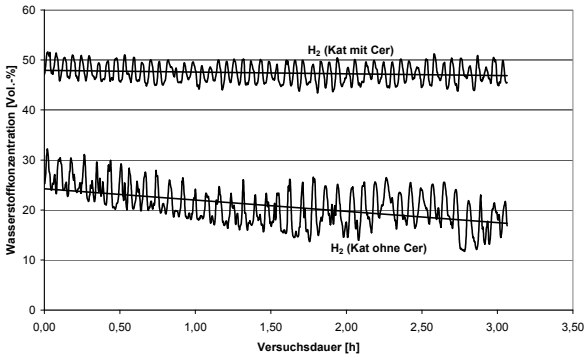


Bild 4-37: Screening von Proben mit bzw. ohne Cer

Während die Katalysatorprobe ohne Cer aufgrund von Rußbildung während der Reaktion deaktiviert wird, bleibt das Niveau der Wasserstoffkonzentration beim Einsatz der mit Cer behandelten Probe konstant. Bestätigt wurde dieses Verhalten auch in Langzeittests. Bild 4-38 zeigt das Resultat eines solchen Tests mit einer Versuchsdauer von ca. 90 Stunden.

Weiterhin konnte gezeigt werden, dass die verbleibende, geringfügige Abnahme der Wasserstoffproduktion (um ca. 3 Vol.-% im Testzeitraum von 90 h) reversibel ist. Durch kurzzeitiges “Spülen“ mit Luft, was in der technischen Anwendung leicht zu realisieren ist, wird der Ruß verbrannt und die ursprüngliche Katalysatoraktivität wiederhergestellt.

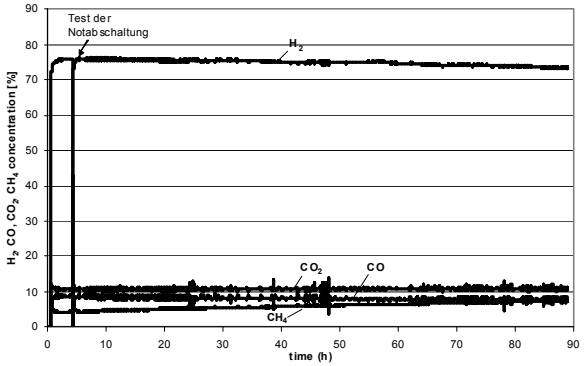


Bild 4-38: Langzeitversuch zur Dampfreformierung

Auf der Basis des weiterentwickelten Metallschaumkatalysators wurde ein Demonstrationsmodell eines Dampfreformers konstruiert und gefertigt. Neben der Verwendung des neuen Katalysators wurden weitere Modifikationen an dem Prototyp insbesondere der Einbau einer Vorrichtung zur Zündung und Zündüberwachung am Porenbrenner sowie die Wärmeintegration des Reformers vorgenommen. Bild 4-39 zeigt eine schematische Darstellung sowie ein Foto des Porenbrenners mit der Elektrode. Die Erprobung der Dampfreformerstufe soll planmäßig Anfang 2010 beginnen. Bis zur Mitte des Jahres soll der Reformer dann durch Kopplung an ein Brennstoffzellensystem unter realen Bedingungen getestet werden. Weitere Forschungsarbeiten beziehen sich auf die Alterungsbeständigkeit der Systemkomponenten insbesondere bei Verwendung von schwefelhaltigem Erdgas sowie

Bild 4-39 a: Brennermodifikation im Schema

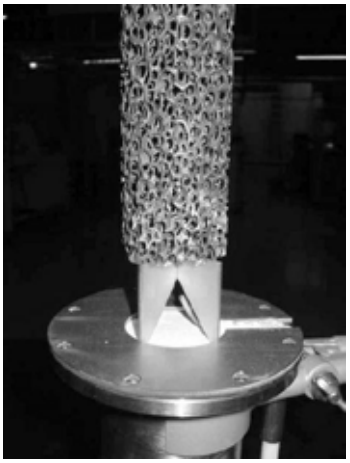


Bild 4-39 b: Brennermodifikation, Foto des Prototyps

auf die Möglichkeit, die bereits im Reformierreaktor eingesetzten Metallschaumsubstrate durch elektrolytische Beschichtung mit Cu und Zn zu Katalysatoren zum Einsatz in der dem Reformer nachgeschalteten Shiftstufe aufzubauen.

Das Forschungsvorhaben 15654 der Forschungsvereinigung VEU 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

4.5.4 Auswahl geeigneter Waschmittel für atmosphärische CO_2-Rauchgaswäschen

Als Verfahren zur CO_2-Entfernung aus Rauchgasen kommen bevorzugt Waschverfahren in Betracht, wie die großtechnisch bewährten Amin-Wäschen. Erfahrungen mit Aminwäschen liegen neben der Reinigung von verunreinigten Brenn- und Synthesegasen insbesondere auch für Biogas vor. Die mit diesen Gasen gesammelten Erfahrungen sind auf die Entfernung von CO_2 aus Rauchgas nur bedingt übertragbar. Rauchgas eines mit Kohle befeuerten Kraftwerks enthält neben 15 Vol.-% CO_2 auch 3 - 6 Vol.-% O_2 und in geringen Anteilen die Säurebildner SO_2 und NO_x.

Insbesondere der Sauerstoffgehalt und die Anteile von SO_2 im Rauchgas führen dazu, dass die Amine irreversibel verändert werden und somit zur CO_2-Absorption nicht mehr zur Verfügung stehen. Derzeit konzentriert sich die Forschung deshalb auf die Bereitstellung neuer, gegen Sauerstoff resistenterer Waschmittel auf Aminbasis.

Im Rahmen eines vom Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen und der Industrie geförderten Forschungsvorhabens wurden zur CO_2-Absorption geeignete Waschmittel ausgewählt und hinsichtlich ihrer Eigenschaften zur CO_2-Aufnahmefähigkeit, der Empfindlichkeit gegenüber den Abgaskomponenten O_2, SO_2, NO_x u. a., der reaktionskinetischen Eigenschaften und des Energieaufwandes für die Regeneration bewertet. Dazu wurden ausführliche Laborarbeiten zur Analyse der Aminabbauprodukte durchgeführt.

Als Waschmittel zur CO_2-Abreinigung aus Rauchgasen werden vornehmlich die mit Wasser mischbaren Alkanolamine Mono- und Diethanolamin (MEA, DEA), Diglykolamin (DGA), Diisopropanolamin (DIPA) und Methyldiethanolamin (MDEA) diskutiert.

MEA wird als das „Referenzwaschmittel“ für die CO_2-Abreinigung aus Rauchgasen angesehen und ist aktuell Gegenstand zahlreicher Untersuchungen. DGA ist ein in der Petrochemie weit verbreitetes Waschmittel, das sich durch sein geringes Korrosionspotential, auch bei hohen Aminkonzentrationen, auszeichnen soll. Deshalb wurden MEA und DGA im Rahmen des Forschungsvorhabens näher untersucht.

In Gegenwart von Sauerstoff bilden sich als typische Abbauprodukte der Amine organische Säuren und Aldehyde. Bei all diesen Abbaumechanismen der primären Amine mit Sauerstoff, aber auch bei Sauerstoffausschluss, entsteht Ammoniak. Dabei bilden sich mit MEA z. B. Essigsäure, Ameisensäure und Oxalsäure bzw. deren Anionen, die zu den sogenannten „heat stable salts“ (HSS) weiterreagieren können. Im Prozess sind

diese Salze nicht thermisch aufzubereiten, vielmehr sind sie auszuschleusen.

Zusätzliche störende Produkte werden mit den Aminen und CO_2 erhalten. So bilden sich mit MEA und DGA neben den erwünschten Carbamaten eine Vielzahl weiterer Verbindungen, die sich teilweise zurückbilden, aber auch in der Lösung verbleiben wie das Oxazolidon und weiterreagieren unter Bildung des korrosiv wirkenden HEED (N-(2-hydroxyethyl)ethylendiamine) (vgl. Bild 4-40).

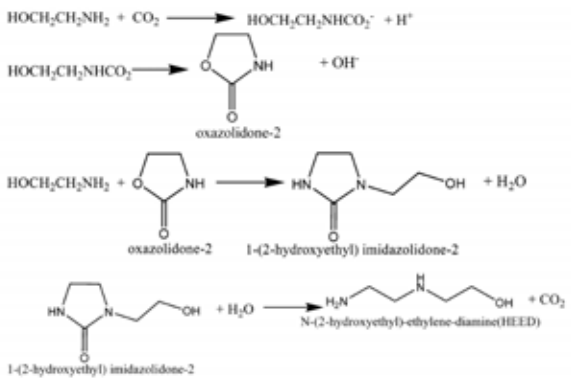


Bild 4-40: Degradation von MEA in Gegenwart von CO_2

Je nach Amin werden unterschiedliche Degradationsprodukte mit CO_2 gebildet, die keinerlei Kapazität zur CO_2 Absorption besitzen und deshalb zur Aufrechterhaltung des Prozesses ausgeschleust werden müssen. Über die sich einstellenden Konzentrationen bzw. die Bildungsgeschwindigkeit dieser Produkte in der Praxis ist bisher wenig bekannt, da sich die Untersuchungen größtenteils auf Laborversuche stützen.

Mit DGA bilden sich hauptsächlich Verbindungen, von den Anionen und den „heat stable salts“ abgesehen, die sich mit einer thermischen Behandlung (in einem sogenannten Reclaimer) unter Bildung der Ausgangsverbindungen aufarbeiten lassen. Nur die Bildung des Morpholin, einem 6-Ring- Molekül mit Sauerstoff und Stickstoff im Ring, ist irreversibel.

Um belastbare Aussagen zur Stabilität der einzelnen Waschmittel zu bekommen, wurden im IUTA MEA- und DGA-Lösungen künstlich gealtert und die dabei entstandenen Abbauprodukte soweit möglich, analytisch erfasst. Durch die neu angepasste Analytik, die sich auf gaschromatographische Verfahren stützt, lassen sich organische Degradationsprodukte anzeigen, nicht jedoch typische Salze, wie Formiate, Acetate etc., die sich mit Fremdkationen bilden.

Die künstliche Alterung der Aminlösungen erfolgte durch Ab- und Desorptionsversuche frisch angesetzter wässriger 5 molarer MEA und DGA-Lösungen. Die so erhaltenen Lösungen wurden gaschromatographisch (FID und MS) unter Einsatz verschiedener Trennsäulen untersucht. Optimale Ergebnisse lieferte der Einsatz einer mittelpolaren Trennsäule. Zusätzlich wurden die Ergebnisse mit GC-Standards abgesichert. Bild 4-41 zeigt ein FID-Chromatogramm der behandelten MEA-Lösung.

Die parallel durchgeführte massenspektrometrische Analyse gestattete die Identifizierung der wesentlichen Peaks. Insgesamt wurden 1,17%, bezogen auf den Aminpeak, zusätzliche Verbindungen detektiert, darunter mit 0,75 % 2-Oxazolidone. Daneben konnten noch Aminopyrazin, Pyrrolidin-4-ol-2-carboxylsäure, 1-(2-Hydroxyethyl)-2-imidazolidinon und 4,4'-Oxybisbenzenamin nachgewiesen werden. Damit konnten die wesentlichen Kohlenwasserstoffe, die bei der Degradation von MEA-Lösungen auftreten, analytisch erfasst werden. Bei der Behandlung der DGA-Lösungen wurde als Hauptabbauprodukt Morpholin bzw. Morpholinderivate nachgewiesen. Dieser Befund deckt sich mit Literaturangaben.

Das Ausmaß der Degradation und damit die Bildung von höheren Kohlenwasserstoffen bleiben für MEA und DGA gering.

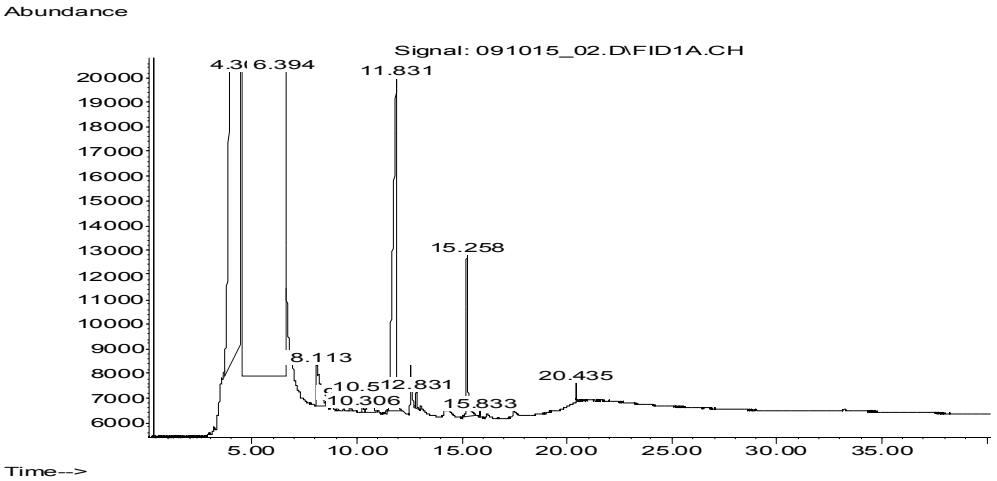


Bild 4-41: GC FID Chromatogramm, 5 molare MEA (7 Absorptionen von CO_2 (4h, 40l/h, 60°C); 7 Desorptionen von CO_2 (4h, 120°C))

Trotz scharfer Behandlungsbedingungen im Labor werden nicht mehr als 2 Gew.-% der Amine in weitere Kohlenwasserstoffe umgewandelt.

Die bisherigen Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass DGA stabiler als MEA ist, insbesondere scheint es temperaturstabiler zu sein. Der Einfluss von Luft und CO_2 auf die Aminstabilität bleibt bei den Laborversuchen gering, wobei zu beachten ist, dass alle Behandlungsschritte drucklos in Glasapparaturen durchgeführt wurden. Metalle, die Reaktionen katalysieren könnten, wurden bei diesen Untersuchungen bewusst ausgeschlossen. Dies bedeutet, dass die Degradation der Amine in hohem Maße durch Metallionen, wie sie in technischen Anlagen vorhanden sind, bestimmt sein könnte.

Das Forschungsvorhaben wird aus Mitteln des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes NRW gefördert und in Kooperation mit der ef-Ruhr Forschungs-GmbH, der Technischen Universität Dortmund sowie der Universität Duisburg-Essen bearbeitet.

Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen NRW.

Ansprechpartner:

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

4.5.5 Bau und Einsatz einer mobilen Anlage zur CO_2-Abtrennung aus Rauchgasen

Zentrales Thema bei der zukünftigen Stromerzeugung ist die Reduktion der CO_2-Emissionen, vor allem beim Einsatz von Kohle. Zur Abtrennung von CO_2 aus Rauchgasen wird zurzeit das Post-Combustion-Carbon-Capture (PCC) bevorzugt, da diese Verfahren ohne große Eingriffe in die Anlagentechnik der Kraftwerke realisiert werden können.

Da es in Deutschland jedoch zu Zeit nur wenige Erfahrungen mit der PCC Technologie für den Einsatz an Kraftwerken gibt, wurde das Projekt "Bau und Einsatz einer mobilen Anlage zur CO_2-Abtrennung aus Rauchgasen" initiiert und vom Land NRW im Rahmen des Förderprogramms HighTech.NRW und der Industrie mit einem Gesamtvolumen von 4,4 Mio € gefördert.

Federführend beim Bau der mobilen Anlage ist der Lehrstuhl für Umweltverfahrenstechnik

und Anlagentechnik der Universität Duisburg Essen. Der Bau der Anlage, die Planung und die Integration der Messeinrichtungen sowie die verfahrenstechnische Auslegung werden vom Institut für Energie- und Umwelttechnik in Duisburg mit Unterstützung des Lehrstuhls für Umwelttechnik der Technischen Universität Dortmund geleistet.

Die mobile Anlage bietet geeignete Voraussetzungen, die PCC Technologien an verschiedenen kohlebefeuerten Kraftwerken unter realen Bedingungen zu untersuchen. Hauptmerkmale der mobilen Anlagen sind die modulare Container-Bauweise, der segmentierte Aufbau der Kolonnen zum einfachen Austausch der Einbauten (strukturierte Packungen oder Füllkörper), die Ausstattung mit zwei Absorbern, die wahlweise parallel oder seriell betrieben werden können, sowie die Konditionierung des zugeführten Rauchgasstromes in einem separaten Wäscher. Damit bietet die Anlage die Möglichkeit, verschiedene Aminlösungen und Betriebsbedingungen an verschiedenen Kraftwerksstandorten unter realen Bedingungen zu untersuchen. Bild 4-42 zeigt ein Foto der Pilotanlage.

Das Projekt "Bau und Einsatz einer mobilen Anlage zur CO_2-Abtrennung aus Rauchgasen" wird im Rahmen der HighTech.NRW-Initiative mit einem Gesamtvolumen von 4,4 Mio € gefördert.

Bild 4-42: Pilotanlage CSIRO

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Ralf Goldschmidt
+49 (0) 20 65 418 155
goldschmidt@iuta.de

Kooperationspartner:

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

4.5.6 Vergleich von Membrankontaktoren und strukturierten Packungen in einem Gaswäscher zur Abscheidung von CO_2 aus Kraftwerksrauchgasen

Wesentliche Ziele der hier vorgestellten Forschungsarbeiten sind eine Wirkungsgradoptimierung des Konzeptes der Post Combustion Decarbonisation sowie eine hohe Verfügbarkeit und Effizienz der CO_2-Wäsche. Hierzu werden einerseits die Potenziale zur Optimierung des Wäscherbetriebs durch den Einsatz von Membrankontaktoren anstelle von strukturierten Packungen zur Absorption betrachtet. Andererseits werden mit Hilfe einer Kraftwerkssimulation Möglichkeiten zur Senkung der Wirkungsgradeinbußen durch die CO_2-Wäsche auf unter 10 %-Punkte gegenüber einem konventionellen Kraftwerksprozess ermittelt. Hierbei geht es um eine optimierte Integration aller Stoff- und Energieströme in den Kraftwerksprozess, wobei das Referenzkraftwerk NRW als Basis dient. Das Projekt wird gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Umwelttechnik der Technischen Universität Dortmund bearbeitet.

Schwerpunkt der Arbeiten am IUTA waren im vergangenen Jahr die Inbetriebnahme der Technikumsanlage nach der Umrüstung und Ergänzung um einen zusätzlichen Absorber, der mit zwei Membrankontaktoren ausgestattet ist. Ferner wurden Laboruntersuchungen zur Waschmittelauswahl sowie Technikumsversuche zum hydrodynamischen Verhalten der Membrankontaktoren durchgeführt.

Der Membrankontaktor setzt sich aus Hohlfasern zusammen, die eine große Kontaktfläche für den CO_2-Durchgang in das Waschmittel anbieten. Dadurch reduzieren sich die erforderlichen Baugrößen gegenüber Kolonnen mit strukturierten Packungen.

Neben dem geringen und modular erweiterbaren Anlagenvolumen ist ein weiterer Vorteil von Membrankontaktoren die definierte Stoffaustauschfläche, die lastunabhängig konstant ist. Durch die Trennung der Phasen können die Ströme unabhängig voneinander variiert werden, wodurch ein verbessertes Teillastverhalten gegenüber strukturierten Packungen erwartet wird.

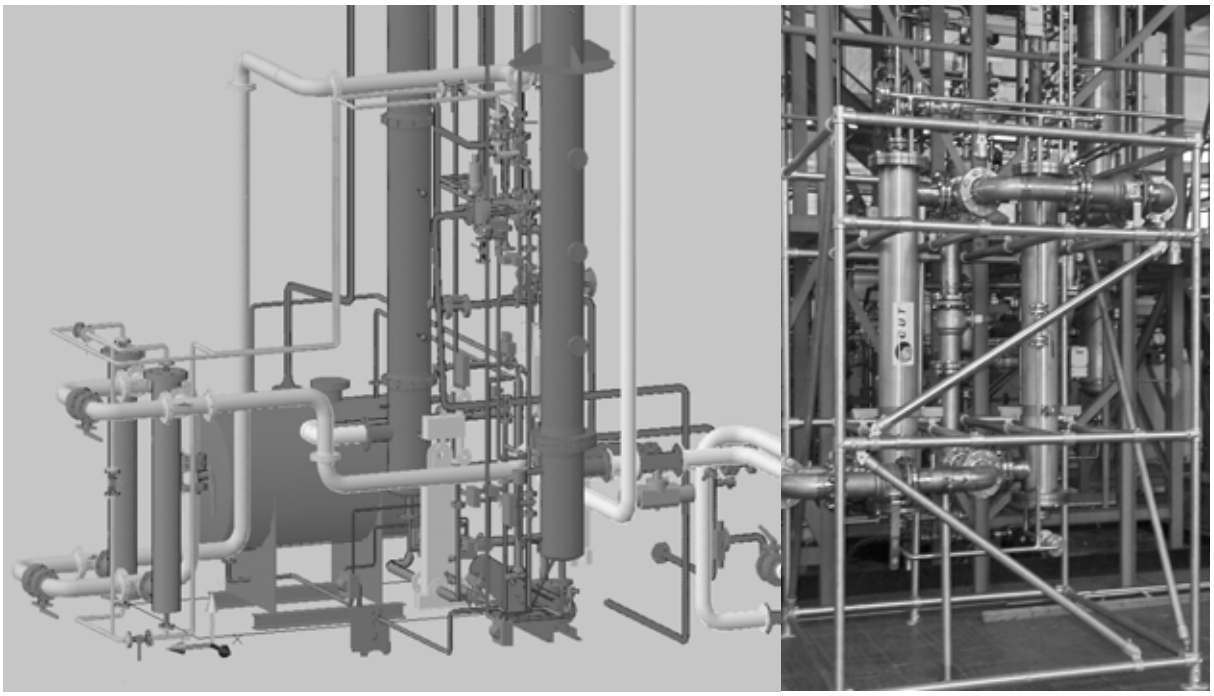


Bild 4-43: Integration des zweistufigen Membrankontaktors in Technikumsanlage

Der Membrankontaktor-Absorber an der Technikumsanlage des IUTA besteht aus zwei Kolonnen, die in Reihe oder parallel geschaltet betrieben werden können. Diese zweite Absorbereinheit ergänzt die bestehende Druckgaswäsche und erlaubt einen unmittelbaren Vergleich von Membrankontaktoren mit den in der Absorberkolonne eingebauten strukturierten Packungen. Im Versuchsbetrieb können die beiden Absorbertypen im Wechsel betrieben werden. Die von den beiden Kontaktormodulen angebotene Stoffaustauschfläche entspricht der des Absorbers mit strukturierten Packungen, die Kontaktorkolonnen weisen jedoch eine deutlich geringere Baugröße (Ø 0,2 m, Höhe 1,60 m) auf. Bild 4-43 zeigt die Technikumsanlage nach Integration der Membrankontaktoren.

Da die aus hydrophobem Polypropylen (PP) gefertigten Membranen bei der Verwendung von Waschmitteln mit einer niedrigeren Oberflächenspannung als Wasser (72 mN/m) zum sogenannten Wetting neigen, ist der Umfang der Waschmittel, die im Technikum untersucht werden sollen, angepasst worden. Ein weiterer Effekt ist durch die chemische Zersetzung der porösen PP-Membran zu erwarten, da sich dadurch der Porenanteil erhöht und die zulässige transmembrane Druckdifferenz sinkt.

Um diesen Tendenzen entgegenzuwirken, wurde die Waschmittelauswahl für die Technikumsversuche auf die in nachfolgender Tabelle 4-2 aufgeführten Waschmittel festgelegt.

Die gewählten Konzentrationen stellen einen Kompromiss zwischen einer möglichst hohen spezifischen Abscheideleistung (z. B. g CO_2/l Waschmittel) und den Anforderungen der Membrankontaktoren dar.

Die Untersuchungen zum hydrodynamischen Verhalten der Technikumsanlage wurden mit dem Stoffsystem N_2:H_2O bei 5 bar_{abs} im Absorber und 1,5 bis 2 bar_{abs} im Desorber durchgeführt.

Tabelle 4-2:Waschmittelauswahl für Technikumsversuche

Waschmittel	Konzentration

Wasser	100 %
MEA	10 Gew.-% (1,6 M)
MEA	15 Gew.-% (2,5 M)
DGA	17 Gew.-% (1,6 M)
DGA	26 Gew.-% (2,5 M)
Kaliumglycinat	14 Gew.-% (1,6 M)
Kaliumglycinat	22 Gew.-% (2,5 M)

Die beiden Membrankontaktoren wurden zur Ermittlung der Betriebsgrenzen im Zusammenspiel mit der Technikumsanlage im Modus Gas und Waschmittel seriell betrieben. Im Anschluss wurden die Schaltungsvarianten Waschmittel seriell, Gas parallel sowie Waschmittel parallel, Gas seriell jeweils bei 5 bar_{abs} untersucht. Ziel war einerseits, das Betriebsverhalten hinsichtlich des Druckverlusts im Membrankontaktor, der Regelung der transmembranen Druckdifferenz und der Einstellung eines stabilen Betriebszustandes kennenzulernen. Andererseits sollten durch systematische Variation der Waschmittel- und Gasmassenströme die Grenzen des L/G-Verhältnisses (kg/kg) ermittelt werden. Die jeweiligen Betriebszustände konnten in kurzer Zeit bei stabilem Anlagenbetrieb erreicht werden. Der zulässige transmembrane Druck wurde in jedem Betriebszustand zuverlässig auf Werte unterhalb 0,6 bar reduziert. Der Druckverlust waschmittelseits betrug pro Modul unter Berücksichtigung der Kontaktorenhöhe weniger als 0,2 bar. Die Membrankontaktoren erlauben im Betriebsmodus „seriell:seriell“ bereits eine hohe Flexibilität bezüglich des L/G-Verhältnisses. Dieses lag zwischen 0,6 und 5,3 kg/kg.

Eine wesentliche Erweiterung des L/G-Verhältnisses lässt sich bei den Membrankontaktoren durch den Modus „seriell:parallel“ ($(L/G)_{max}$) sowie eine Reduzierung durch den Modus „parallel:seriell“ ($(L/G)_{min}$) erreichen. Im Betriebsmodus „seriell:parallel“ konnten bei 5 bar_{abs} und Waschmittelströmen bis 2000 l/h L/G-Verhältnisse von 5,3 bis 32 kg/kg eingestellt werden. Im Betriebsmodus „parallel:seriell“ konnte der Waschmittelstrom bis auf 500 l/h abgesenkt und ein minimales L/G-Verhältnis von 0,1 kg/kg erreicht werden. Damit werden die hohe Flexibilität von Membrankontaktoren bei der Einstellung der Fluidströme und die hohe Anpassungsfähigkeit an variable Betriebsbedingungen deutlich.

Das Untersuchungsprogramm an der Technikumsanlage wird mit den in Tabelle 4-2 genannten Waschmitteln fortgesetzt. Untersuchungsziel sind vergleichende Aussagen zur CO_2-Abscheideeffizienz sowie zur Co-Absorption von typischen Rauchgaskomponenten wie O_2 und SO_2.

Das Forschungsvorhaben 15234 N der Forschungsvereinigung VEU 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.

AiF
Ideen eine Zukunft geben

Ansprechpartner:

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

4.6 Energieversorgung & Wasserstoff-Technologie

4.6.1 Entwicklung eines Filtersystems für partikuläre und gasförmige Luftschadstoffe zur Erhöhung der Standzeit von PEM-Brennstoffzellen

Ziel des von der Industriellen Gemeinschaftsforschung im Zeitraum vom 1. März 2007 bis 28. Februar 2009 geförderten Projektes war es, den Einfluss gasförmiger und partikulärer Luftbestandteile auf die Leistungsausbeute und Leistungscharakteristik von PEM-Brennstoffzellen (PEM-BZ) detailliert zu untersuchen, Grenzwerte für praxisrelevante Schadstoffe zu ermitteln und ein Filtersystem bereitzustellen, mit dem die schädigenden gasförmigen und partikulären Luftbestandteile effektiv abgetrennt werden können.

Am IUTA erfolgten umfassende Untersuchungen zum Einfluss partikelförmiger Luftschadstoffe, während der Projektpartner Zentrum für BrennstoffzellenTechnik (ZBT) Arbeiten zu Schadgasuntersuchungen durchführte. Zum Abschluss des Projekts wurde die gleichzeitige Beaufschlagung einer Brennstoffzelle mit partikulären und gasförmigen Luftschadstoffen durchgeführt.

Hierzu wurde ein Stack mit vier Zellen mit verdünntem Dieselabgas vermessen. Der Stack wurde zum einen mit vorgeschaltetem Filtersystem, bestehend aus Partikelfilter, Ionentauschermedium und imprägnierter Aktivkohle, zum anderen ohne Filter betrieben. Bild 4-44 zeigt den Vergleich des Spannungsverlaufes mit und ohne Filter. Es ist zu erkennen, dass die Messkurven fast identisch verlaufen und der Stack auch mit Filter innerhalb von 60 Minuten einen Spannungsabfall von rund 20 % erfährt. Dies zeigt, dass das Filtersystem den geforderten Ansprüchen, insbesondere bzgl. dieselabgasbeladener Luft, nicht standhält. Ein Spannungsabfall von rund 20 % innerhalb von einer Stunde ist für den praktischen Einsatz nicht akzeptabel.

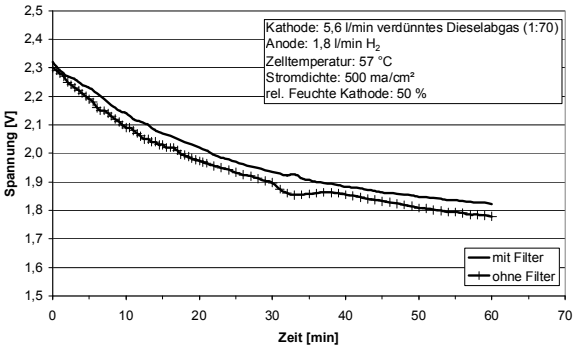


Bild 4-44: Vergleich des Spannungsverlaufs der Brennstoffzelle bei Beaufschlagung der Betriebsluft mit verdünntem Dieselmotorabgas mit und ohne Filterung

Die durchgeführten Untersuchungen ergaben wichtige Erkenntnisse über das Verhalten bei kathodenseitiger Schadstoffbelastung. Es wurde deutlich gezeigt, dass ein Filter bzw. Alternativen zur Reinigung der Umgebungsluft vor Eintritt in die PEM-Brennstoffzelle gerade beim Betrieb in verkehrsreichen Gegenden unbedingt erforderlich sind. Der PEM-Brennstoffzellen-Stack wird bei Beaufschlagung mit verdünntem Dieselabgas, das die Schadgase NO, NO_2 und Schwefeldioxid sowie Rußpartikel enthielt, auch mit Filter deutlich geschädigt. Die Adsorption von NO_2 in Laborversuchen war nicht möglich. Weiterhin konnte bestätigt werden, dass CO kathodenseitig aufgrund der sauerstoffreichen Umgebung nicht schädlich für die PEM-BZ ist und somit Maßnahmen zur Abtrennung von CO nicht notwendig sind. Eine zuverlässige Adsorption von Ammoniak und Schwefeldioxid konnte erzielt werden.

Die Betrachtung der partikulären Luftschadstoffe zeigte, dass eine Beaufschlagung mit NaCl-Partikeln die PEM-BZ reversibel und eine Beaufschlagung mit $CaCl_2$-Partikeln die PEM-BZ 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 war bei TiO_2 zu beobachten, jedoch wurden hier die Zellen irreversibel geschädigt.

Zwar zeigte sich im Verlauf des Vorhabens, dass einige Schadgase und auch Partikel die PEM-BZ schädigen, die Art der Schädigung konnte jedoch nicht ermittelt werden. Aus diesem Grund wird in einem Folgevorhaben mittels elektrochemischer Messmethoden der Schädigungsmechanismus einzelner Schadstoffe identifiziert und analysiert. Diese grundlegenden Ergebnisse sollen als Handlungsanleitung für weitere Entwicklungen von Filtersystemen und/oder Alternativen zur Schadstoffabscheidung im Bereich von kathodenseitig benötigter Umgebungsluft dienen.

Das Forschungsvorhaben 15079 N der Forschungsvereinigung VEU 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.

AiF
Ideen eine Zukunft geben

Ansprechpartner:

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

Dr. rer. nat. Stefan Peil
+49 (0) 20 65 418 223
peil@iuta.de

4.6.2 Entwicklung eines portablen Hochtemperatur-PEM-Brennstoffzellensystems mit thermisch integriertem Metallhydridspeicher

In dem Vorhaben wird ein Wasserstoffspeicher auf Metallhydrid-Basis (Natriumalanat $NaAlH_4$) entwickelt, gebaut und mit einer HT-PEM-Brennstoffzelle gekoppelt. Die zur Entladung des Speichers (Wärmesenke) notwendige Desorptionswärme wird dem Kühlkreislauf der Brennstoffzelle (Wärmequelle) entnommen.

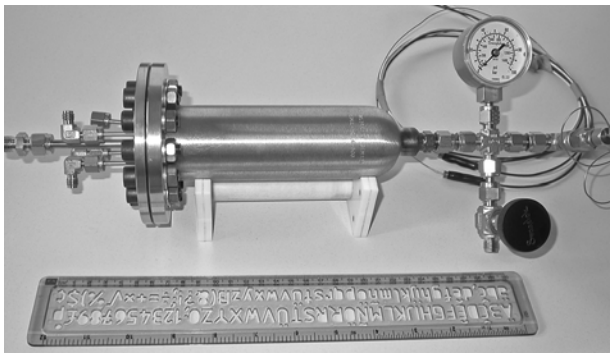


Bild 4-45: Erster Prototyp des Wasserstoffspeichers

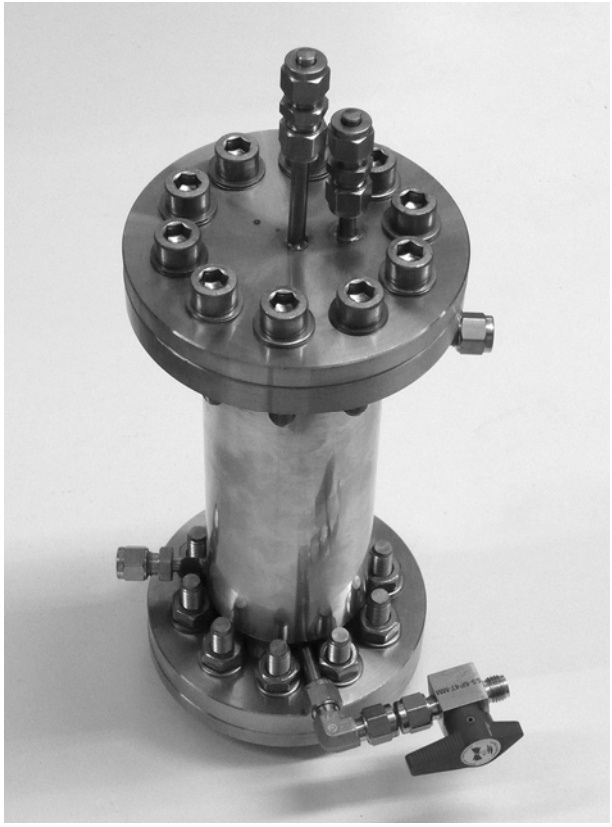


Bild 4-46: Zweiter Prototyp des Wasserstoffspeichers

Um Erfahrungen mit der Betriebscharakteristik der Wasserstoff-Speicher zu sammeln, wurden zunächst zwei Prototypen des Speichers konstruiert, gebaut und getestet. Die Prototypen zeigen Bild 4-45 und Bild 4-46.

Der erste Prototyp (Bild 4-45) fasste 67 g Speichermaterial, während die zweite Variante (Bild 4-46) mit 241g Natriumalanat beladen werden konnte. Der zweite Speicher wurde mit einer HT-PEM Brennstoffzelle gekoppelt und getestet.

Erste Tests der Systemkopplung haben gezeigt, dass die Brennstoffzelle bis zu zehn Minuten mit diesem Speicher betrieben werden kann, wobei der Volumenstrom des Wasserstoffs aus dem Speicher 180 Nl/h beträgt. Bei diesem Volumenstrom sinkt der Druck im Speicher relativ schnell, so dass er über die oben genannte Zeit hinaus nicht weiter entleert werden kann. Die Untersuchungen haben zudem gezeigt, dass die Leistungsfähigkeit durch eine Verbesserung der Wärmeübertragung innerhalb des Speichers wesentlich gesteigert werden kann. Die Erhöhung der Wärmeübertragungsflächen war daher ein Schwerpunkt bei den weiteren Entwicklungen. Zunächst wurde der Einsatz von offenporösem Aluminium-Schaum im Speicherkern untersucht. Obwohl dieser eine vielfache Erhöhung der Wärmeübertragungsflächen ermöglicht, konnte diese Variante auf Grund von Problemen bei der Beladung mit dem Metallhydrid-Pulver nicht umgesetzt werden. Aus diesem Grund wurde die Wärmeübertragungsfläche durch Integration einer Rohrwendel, durch die das Thermoöl strömt, verbessert.

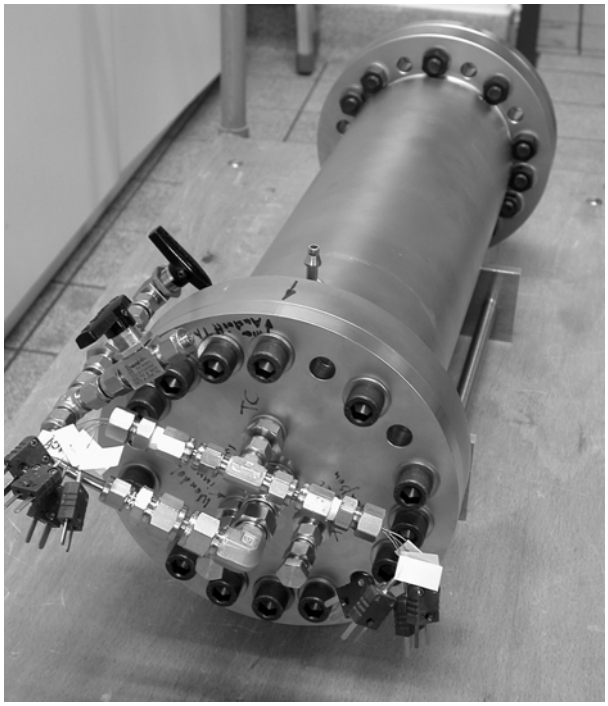


Bild 4-47: Endversion des Wasserstoffspeichers

Die Entwicklungen mündeten in der Endversion des Speichers, welcher mit 3556 g Natriumalanat befüllt wird und damit 160 g bzw. 1800 Nl Wasserstoff speichern kann, Bild 4-47. Das Nettogewicht des Behälters beträgt bei einer Gesamtlänge von 500 mm und einem Durchmesser der Flansche von 195 mm ca. 30 kg. In Bild 4-47 sind an der Vorderseite des Reaktors die Fluidanschlüsse und die Befestigung der Thermoelemente erkennbar. Der Reaktor wird momentan mit der HT-PEM-Brennstoffzelle gekoppelt und betrieben.

Das Forschungsvorhaben 247 ZN der Forschungsvereinigung VEU 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.

Ideen eine Zukunft geben

Ansprechpartner:

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

4.6.3 Verdampfungskühlung für PEM-Brennstoffzellen

Im Jahr 2009 konnte am IUTA ein dreijähriges Forschungsprojekt zur Entwicklung einer Verdampfungskühlung für Niedertemperatur-PEM-Brennstoffzellen erfolgreich abgeschlossen werden.

Die Ergebnisse des Projektes liefern eine Produktvorentwicklung, die die Potenziale und Anforderungen zu einem ausgereiften Stack-Modul mit integrierter Nutzwärmeauskopplung ermöglichen. Die Verdampfungskühlung ist

prinzipiell auf alle Arten von Nieder- und Mitteltemperatur-Brennstoffzellen übertragbar und liefert einen Beitrag zur Erhöhung der Betriebssicherheit von Brennstoffzellensystemen.

Neben den Innovationen auf dem Gebiet der PEM-Brennstoffzelle wurde mit diesem Vorhaben eine Methode zur Berechnung von Phasenübergängen in offenporösen Medien unter Berücksichtigung ihrer Anisotropie entwickelt. Sowohl die entwickelten Modelle als auch die gewonnenen Erkenntnisse über die eingesetzten Materialien können auf viele technischen Anwendungen im Bereich des Heizens und Kühlens übertragen werden (z. B. Solarkollektoren auf Basis von Metallschäumen, Verdampfer in Kühleinrichtungen).

In dem Vorhaben erfolgte zunächst beim Projektpartner ZBT (Zentrum für Brennstoffzellentechnologie) die Entwicklung des Basisdesigns einer verdampfungsgekühlten Bipolarplatte. Dieses Basisdesign diente als Grundlage für die Entwicklung eines Simulationsmodells des zweiten Projektpartners IWTT (Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik), das es ermöglichte, die Zweiphasenströmungen und den Phasenwechsel des Kühlmediums innerhalb eines porösen Materials mit einer CFD-Software abzubilden.

Die experimentellen Untersuchungen an verdampfungsgekühlten Bipolarplatten erfolgten durch das IUTA. Dazu wurde ein Versuchsstand konzipiert und aufgebaut, mit dem die verdampfungsgekühlten Bipolarplatten hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit quantitativ untersucht werden konnten. Des Weiteren erfolgten am IUTA die Auswahl geeigneter poröser Medien, welche in den Verdampfungskanälen Wärmeübertragung und Kühlleistung verbessern sollten, sowie die Auswahl der geeigneten Verdampfungsflüssigkeiten. Die geometrischen Eigenschaften der porösen Materialien, sowie deren Wärme- und Stofftransporteigenschaften, sind durch das IWTT ermittelt und in das CFD-Modell eingearbeitet worden.

Die experimentellen Daten und die Daten der Simulationsrechnungen wurden am ZBT genutzt, um das Design der Bipolarplatten zu optimieren. Insgesamt wurden am IUTA drei verschiedene Designs von Bipolarplatten untersucht: Ein Design zur Einlage von porösen Medien, eine modifizierte Variante der wassergekühlten Bipolarplatte des ZBT, sowie eine Bipolarplatte mit einer Kapillarstruktur ohne ein poröses Medium.

Als poröse Materialien kamen drei Metallschäume und zwei Kohlefaservliese zum Einsatz, die sowohl mit Wasser als auch mit Ethanol als Verdampfungsflüssigkeiten untersucht wurden. Die beste Kühlleistung konnte mit einer Bipolarplatte mit einer Metallschaumeinlage und Ethanol als Verdampfungsflüssigkeit erzielt werden.

Zum Ende der Projektlaufzeit erfolgte am ZBT der Aufbau von Demontrationsstacks (Bild 4-48). Mit diesen Stacks konnte die Umsetzung einer verdampfungsgekühlten PEM-Brennstoffzelle erfolgreich demonstriert werden.

Das Forschungsvorhaben 225 ZBG der Forschungsvereinigung VEU 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.

Ideen eine Zukunft geben

Ansprechpartner:

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

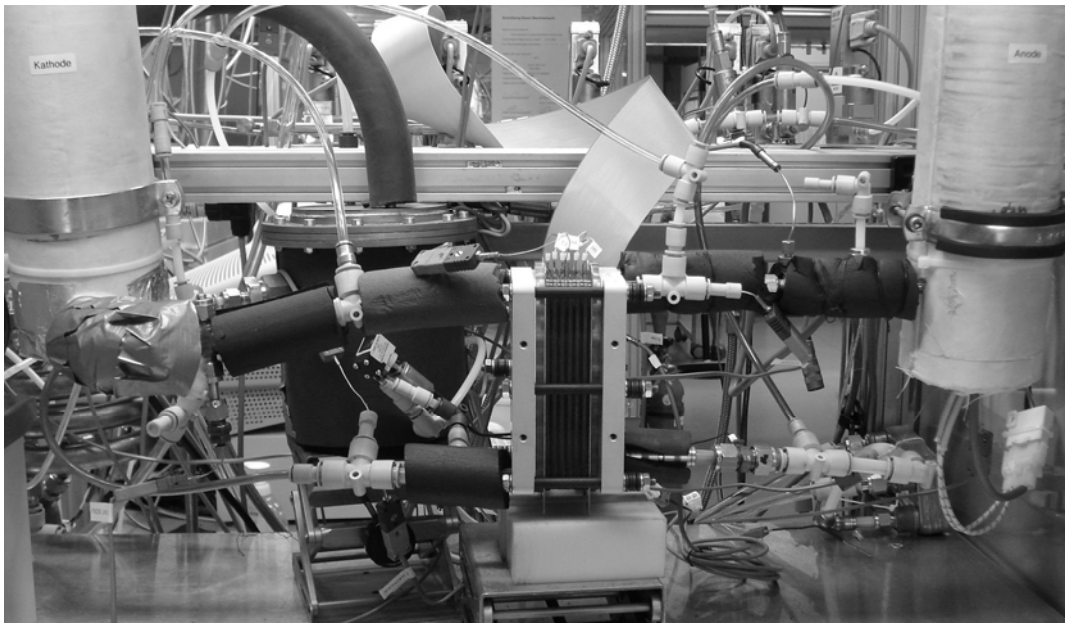


Bild 4-48: Versuchsaufbau des verdampfungsgekühlten PEM-Demonstrationsstack

4.6.4 Membranentwicklung für PEM-Brennstoffzellen mit Hilfe eines neuartigen Degradationstests auf Basis einer Brennstoffzellen-Produktwasser-Analytik

Im Berichtsjahr wurde das über die Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) geförderte Vorhaben erfolgreich abgeschlossen. Entsprechend der Ziele des Projekts wurden vom Projektpartner ICVT (Institut für Chemische Verfahrenstechnik, Universität Stuttgart) neuartige Membranen entwickelt und (in Brennstoffzellen eingebaut) am IUTA in einem Versuchsstand im Langzeitbetrieb getestet. Dazu wurden stromgeführte Kennlinien (Bild 4-49) und leistungsgesteuerte Rampen (30%, 50% und 70% der Maximalleistung des Stacks) gefahren.

Das aus der Brennstoffzelle ausgetragene Wasser wurde anoden- und kathodenseitig getrennt kondensiert und in Probegefäßen gesammelt, um eine Ultraspurenanalytik für Membranabbauprodukte zu entwickeln.

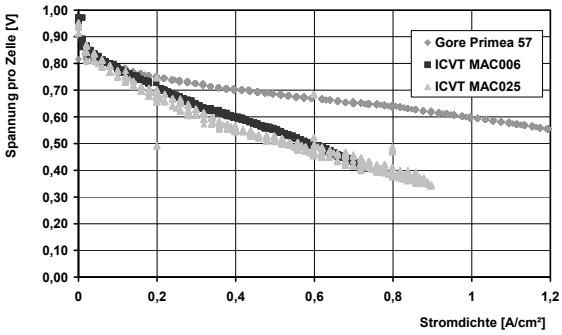


Bild 4-49: Kennlinien der vom ICVT entwickelten Membranen im Vergleich zu einer kommerziellen Gore-Membran®

Diese Entwicklung wurde auf Basis eines Festphasenextraktionsverfahrens und anschließender LC-UV-MS/MS- und LC-MS-Analytik vorgenommen. Mit der entwickelten Analytik konnten zwei signifikante Markersubstanzen (4-Hydroxybenzoesäure und 4-Hydroxybenzaldehyd) im Brennstoffzellenwasser identifiziert werden. Durch die im künstlichen Stresstest (Fenton-Reaktion) erzeugten Oxidationsprodukte einer Modellsubstanz (4,4-Biphenol), welche ein Bestandteil der vom ICVT entwickelten sulfonierten Polyarylethersulfon-Membran ist, konnte die Herkunft der 4-Hydroxybenzoesäure aufgeklärt werden.

Das Brennstoffzellenwasser des Brennstoffzellen-Stacks mit Gore-Membranen® wurde ebenfalls mit der entwickelten Methode (Ultraspurenanalytik) untersucht. Es konnten keine Abbauprodukte gefunden werden. Da die genaue Struktur der Gore-Membran® vom Hersteller nicht offengelegt ist, konnte innerhalb des Vorhabens auch keine geeignete Analytik für die Gore-Membran® aufgebaut werden. Bei der Gore-Membran® wurde daher eine Fluorid-Analytik durchgeführt, da für perfluorierte und teilfluorierte Ionomere die Fluorwasserstoffsäure (HF) eines der Hauptprodukte der chemischen Degradation ist. Über den gesamten Versuchszeitraum konnte kein Fluorid nachgewiesen werden, die Gore-Membran® erwies sich damit als ausgesprochen stabil.

Von dem Projektpartner ICVT wurden während der Projektlaufzeit eine Vielzahl von nichtfluorierten und teilfluorierten Polymeren und von Block-co-Polymeren entwickelt und auf ihre Eignung als Brennstoffzellenmembran am IUTA getestet. Dabei stellten sich die Polymere mit der Bezeichnung SPTEK, SPTS und SPTES als nicht geeignet heraus. Die Polymere SPTS und SPTES könnten nach den vorliegenden Ergebnissen aber sehr gut als Blendkomponente für Hochtemperaturmembranen geeignet sein. Das aussichtsreichste nichtfluorierte Polymer in dem Projekt war das mit Polybenzimidazol (PBI) verstärkte sulfonierte Polyethersulfon SPSU-BP50. Die Katalysatorbeschichtung der Membranen stellte sich in dem Vorhaben als schwierig heraus. Es war nicht möglich, reproduzierbare Beschichtungen zu erzielen, die bzgl. Effektivität und Haftung denen kommerzieller Membranen entsprachen. Hier besteht Entwicklungsbedarf, da die guten Eigenschaften der Membranen (hohe Protonenleitfähigkeit, niedrige Quellungswerte) durch schlechte Katalysatorbeschichtungen im Brennstoffzellenbetrieb nicht optimal zur Geltung kommen und vorzeitige Degradation nach Ablösen der Katalysatorschicht von der Membran erfolgen kann.

Die bei der Durchführung des Vorhabens identifizierten Probleme bei der Katalysatorbeschichtung der Membranen werden Gegenstand eines Folgevorhabens sein. Bei dessen Bearbeitung wird der Brennstoffzellen-Versuchsstand mit einer umfassenden Sicherheitstechnik ausgestattet, um einen bisher nicht möglichen, kontinuierlichen 24 Stunden-Betrieb zu realisieren. Mit dem Dauerbetrieb der Brennstoffzellen sollte auch die Ultraspurenanalytik erweitert werden. Insbesondere könnten mit entsprechenden, bisher nicht verfügbaren Messtechniken (Q-TOF) weitere Abbauprodukte identifiziert werden, mit denen die Membranabbaumechanismen weiter aufgeklärt werden können.

Das Forschungsvorhaben 14914 der Forschungsvereinigung VEU 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.

AiF
Ideen eine Zukunft geben

Ansprechpartner:

Marco Zedda
+49 (0) 20 65 418 216
zedda@iuta.de

Dr. rer. nat. Stefan Peil
+49 (0) 20 65 418 223
peil@iuta.de

4.6.5 Brenngaserzeugung aus Rohglyzerin der Biodieselproduktion mit überkritischem Wasser zur Verwertung in einem Verbrennungsmotor

Ziel dieses Vorhabens ist ein Upscale der am IUTA vorhandenen Laboranlage zur Reformierung mit überkritischem Wasser, um die Brenngaserzeugung aus Rohglyzerin mit anschließender energetischer Verwertung in einem Verbrennungsmotor in den Technikumsmaßstab umzusetzen.

In Zusammenarbeit mit dem Hersteller des neuen Reaktors wurde festgestellt, dass das zunächst vorgesehene Konzept zum Upscale durch Multiplikation der bisherigen Reaktorlänge mit dem Upscale-Faktor fertigungstechnisch nur schwer realisierbar ist. Zudem ergeben sich bei diesem Konzept Schwierigkeiten, die Wärme in den Reaktor einzubringen. Während bei der bestehenden Laboranlage eine elektrische Heizung für einen vorwiegend strahlungsbedingten Wärmeeintrag in die Reaktionszonen sorgt, wird bei dem neuen Reaktor der Wärmeeintrag überwiegend konvektiv über die heißen Abgase eines Porenbrenners erfolgen.

Daher musste das bisherige Reaktorkonzept überarbeitet werden. In dem neuen Konzept wird der Reaktor in zwei Zonen unterteilt: In der ersten Zone findet die effektive, schnelle Wärmeübertragung in die Reaktanden statt (Heizzone). In der nachgeschalteten zweiten Zone wird die für die Reaktion notwendige Verweilzeit im überkritischen Bereich gewährleistet (Reaktionszone).

Da die überkritische Reformierung von Glyzerin exotherm verläuft, laufen die Prozesse in der Reaktionszone bei entsprechender Isolierung autotherm ab. Die Reaktionszone kann prinzipiell entweder als Rohrbündel oder als einzelnes Rohr, eventuell gefüllt mit einem Metallschaum zur Bereitstellung katalytisch aktiver Oberfläche, ausgeführt werden (Bild 4-50).

Die praktischen Aktivitäten konzentrierten sich darauf, die Eignung dieses neuen Reaktorkonzepts experimentell zu überprüfen. Dazu wurde in der vorhandenen Laboranlage das 5 m lange Reaktorrohr, in welchem bisher der Wärmeeintrag und die überkritische Reformierung erfolgte, durch ein 1 m langes Reaktorrohr ersetzt, welches nur noch als Heizzone dient. Zunächst wurde die Anlage ohne eine anschließende, isolierte Reaktionszone betrieben, um den Einfluss der kurzen Verweilzeiten auf die Reaktionsdurchführung und Produktgaszusammensetzung zu analysieren.

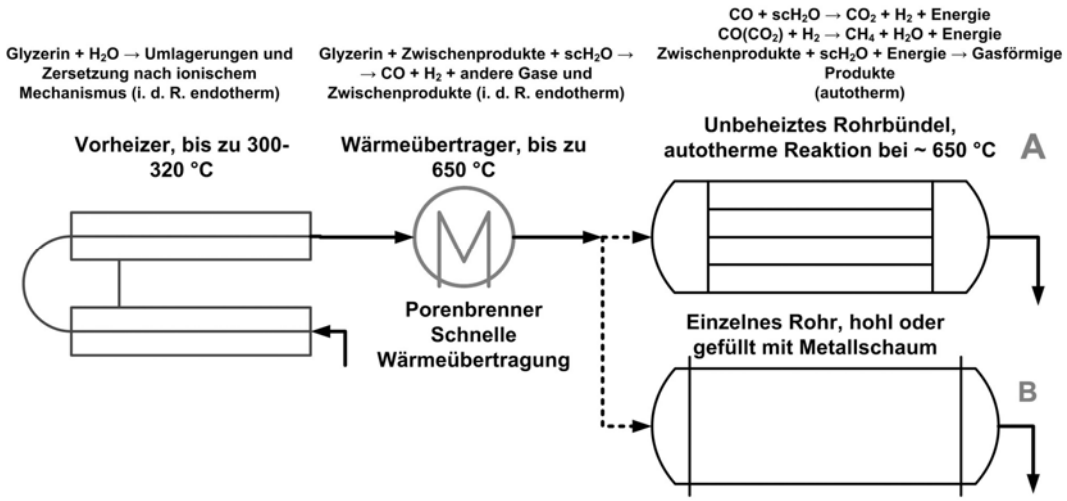


Bild 4-50: Neues Reaktorkonzept für die überkritische Reformierung von Rohglyzerin

In den nächsten Versuchsreihen wurde eine 5 m lange, isolierte Reaktionszone nachgeschaltet und mit diesem Versuchsaufbau die Umsätze, Gaszusammensetzungen und Gasausbeuten ermittelt, sowie verschiedene Methoden und Materialien zur Wärmedämmung erprobt. Um zu ermitteln, ob die Länge der Reaktionszone gekürzt werden kann, wurde zudem eine 2 m lange Reaktionszone gefertigt und eingesetzt.

Die Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen bestätigten die Eignung des neuen Reaktorkonzepts, vor allem die Notwendigkeit der hinter die kurze Heizzone nachgeschalteten längeren Reaktionszone:

Durch Verkürzung des Reaktorrohrs von 5 m Länge auf 1 m ohne Ausgleich der Reaktorlänge durch eine nachgeschaltete Reaktionszone änderte sich die Produktgaszusammensetzung signifikant: Während die Zusammensetzung mit dem langen Reaktor typischerweise bei 50 Vol.-% Wasserstoff, 2-5 Vol.-% Kohlenmonoxid und 30 Vol.-% Kohlendioxid lag, wurden mit dem gekürzten Reaktor bis zu 50 Vol.-% CO und nur geringe Mengen an Wasserstoff und Kohlendioxid gemessen.

Dies zeigt, dass in dem gekürzten Reaktor die Shift-Reaktion nur in geringem Umfang stattfindet. Die exotherme Shift-Reaktion liefert nicht nur thermische Energie, sondern auch Wasserstoff für die Methanisierungsreaktion, welche einen noch höheren Beitrag zur Exothermie liefert. Ohne eine nachgeschaltete thermisch isolierte Reaktionszone werden die Zwischenprodukte nicht umgesetzt und der Gesamtumsatz bleibt auf einem niedrigen Niveau (<50%).

Die Nachschaltung einer Reaktionszone führte zu einem nahezu vollständigen Umsatz von CO durch die Shift-Reaktion und damit zu höheren Umsätzen von 60 - 70 %.

Die durch die experimentellen Untersuchungen gewonnenen Ergebnisse wurden der Auslegung des in Bild 4-51 dargestellten gekoppelten Reaktors (Heizzone und Reaktionszone) zu Grunde gelegt. Die Detailkonstruktion des gekoppelten Reaktors wird momentan unter Zuhilfenahme von Simulationsrechnungen zum Wärmeübergang vorgenommen.

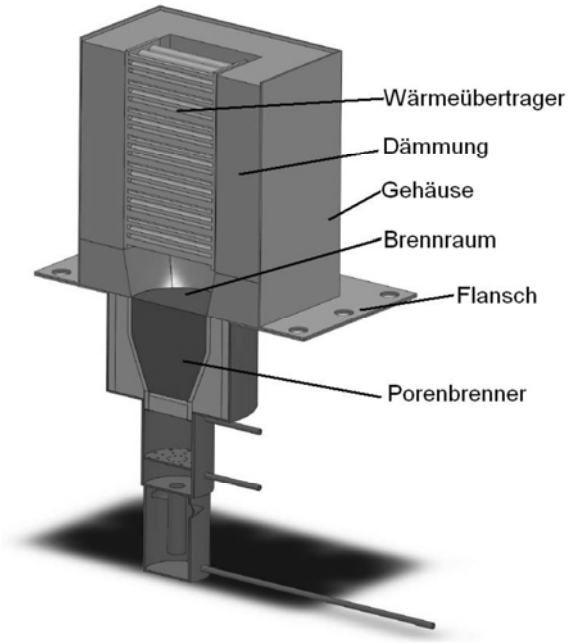


Bild 4-51: Kopplung der Heizzone des Reaktors (oben) an den Porenbrenner (unten). Die Reaktionszone soll oberhalb der Heizzone aufgebaut werden, um die Restwärme des Abgases effektiv zu nutzen

Das Forschungsvorhaben 15779 der Forschungsvereinigung VEU 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.

AiF
Ideen eine Zukunft geben

Ansprechpartner:

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

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

Die Wirtschaftlichkeit eines Brennstoffzellen-Blockheizkraftwerks (BZ-BHKW) zur Hausenergieversorgung ist am höchsten, wenn die beiden energetischen Brennstoffzellenprodukte Strom und Wärme genutzt werden. Da die Lastprofile für Strom und Wärme nicht parallel verlaufen und eine starke Abhängigkeit von Tages- und Jahreszeit aufweisen, ist dieser Idealfall nur selten gegeben. Durch die im Hausenergiebereich vorhandenen Wärmespeicher (Warmwasserspeicher) und die Möglichkeit der Einspeisung von Strom in das öffentliche Netz kann die vorhandene Diskrepanz zwischen Produktion und Bedarf der beiden Energieformen in den Jahreszeiten mit Heizwärmebedarf gut kompensiert werden. Bei hohen Außentemperaturen in den Sommermonaten ist ein wirtschaftlicher Betrieb des Brennstoffzellen-Blockheizkraftwerks jedoch nicht möglich, da die Wärme nicht genutzt werden kann.

In einem seit Januar 2009 laufenden Vorhaben wird das Konzept verfolgt, durch eine neuartige Absorptionskälteanlage der Makatec GmbH (Bondorf) die Brennstoffzellenwärme effizient zur Kälteerzeugung, z. B. zu Klimatisierungszwecken, zu nutzen. Da konventionelle PEM-Brennstoffzellen für KWKK-Anlagen auf Grund des zu niedrigen Nutztemperaturniveaus der Abwärme nicht einsetzbar sind, wird in dem Vorhaben eine Hochtemperatur-PEM-Brennstoffzelle (HT-PEM) des Projektpartners ZBT GmbH genutzt, welche Abwärme auf einem für die Absorptionskälteanlage optimalen Temperaturniveau liefert.

Im Bereich der Wohnraum-/Nutzraum-Klimatisierung eröffnet diese Kopplung von Brennstoffzelle und Kälteerzeugung erstmals die Möglichkeit, ein Brennstoffzellensystem als KWKK-Anlage (Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung) unabhängig von den Umgebungstemperaturen ganzjährig effizient zu nutzen. Hierdurch wird eine Erhöhung der Wirtschaftlichkeit des Betriebs der Brennstoffzellenanlage erreicht.

Das System wird in einen Container integriert, der als Demonstrator und Versuchsanlage auch für künftige weitergehende Entwicklungen dient.

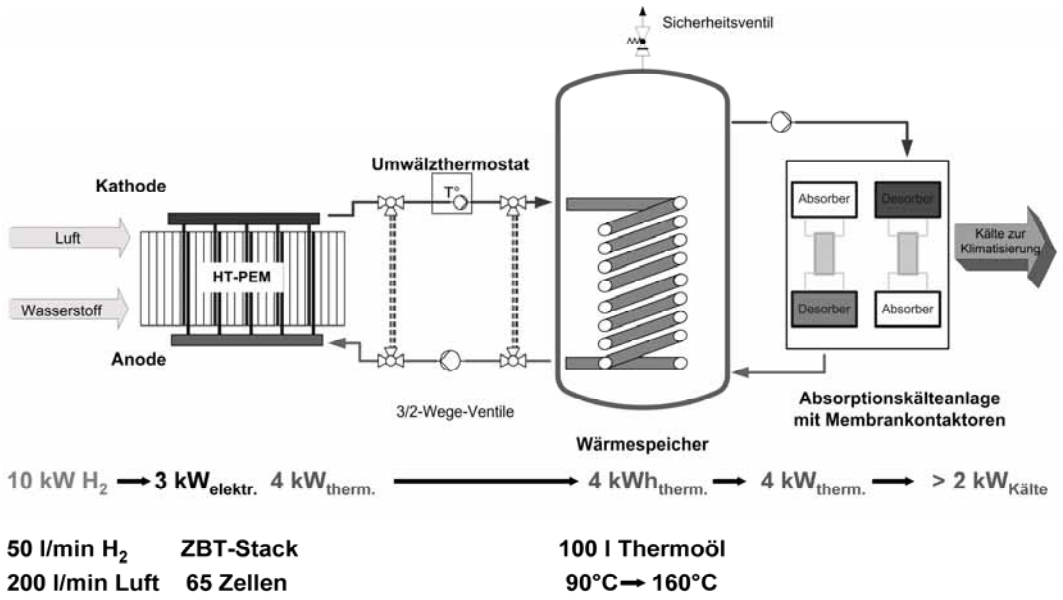


Bild 4-52: Schematische Darstellung der HT-PEM-Absorptionskälteanlage-Kopplung mit den zugehörigen Leistungsdaten der Komponenten

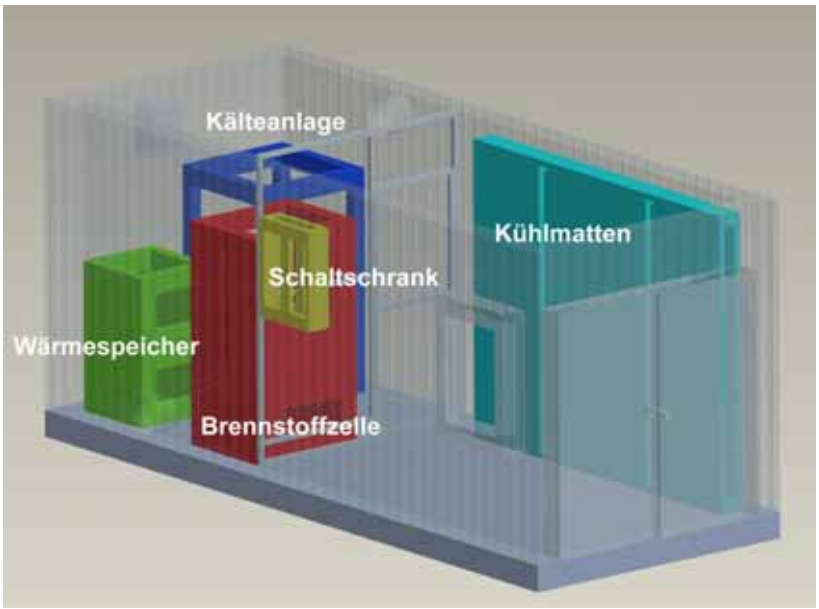


Bild 4-53: Vorgesehene Platzierung der Komponenten in dem Demonstrations-Container

Bild 4-52 zeigt schematisch die Kopplung der Systemkomponenten mit den energetischen Auslegungsparametern. In Bild 4-53 ist die Positionierung der Komponenten in dem Demonstrationscontainer dargestellt.

Im laufenden Jahr 2009 wurde der Container beschafft und die notwendigen Installationen vorgenommen, die für die Integration der Systemkomponenten notwendig sind.

Im Herbst 2009 wurde die Absorptionskälteanlage der Makatec GmbH geliefert und zusammen mit dem Hersteller erfolgreich in Betrieb genommen. Als Wärmequelle für die Anlage dient zunächst ein Umwälzthermostat, der im Frühjahr 2010 durch die HT-PEM-Brennstoffzelle der ZBT gGbmH ersetzt wird.

Das Forschungsvorhaben 311 ZN der Forschungsvereinigung VEU 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.

AiF
Ideen eine Zukunft geben

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Kirsten Helle
+49 (0) 20 65 418 222
helle@iuta.de

Dr. rer. nat. Stefan Peil
+49 (0) 20 65 418 223
peil@iuta.de

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

Im Berichtsjahr startete IUTA zusammen mit der Universität Erlangen-Nürnberg und dem Deutschen Textilforschungszentrum Nord-West (DTNW) ein Forschungsvorhaben zur Entwicklung von in textilen Oberflächen eingebundenen, kostengünstigen organischen flexiblen Solarzellen.

In dem Projekt soll die wissenschaftlich nachgewiesene Eignung von CNT- (Carbon

Nanotubes) und Porphyrin-Derivaten zum Aufbau von organischen Solarzellen durch die Entwicklung funktionsfähiger Solarzellen-Prototypen in die Anwendung umgesetzt werden. Hierzu erfolgt eine Optimierung der physikalischen und chemischen Eigenschaften sowohl der CNT als auch der Porphyrine bezüglich der gewählten Prozesse bzw. Ausrüstungsbedingungen der elektrisch leitfähigen textilen Trägermaterialien, und bezüglich der Langzeitstabilität und Quantenausbeute der organischen Solarzellen.

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

Diese werden anschließend am DTNW auf textile leitfähige Materialien aufgebracht, mit dem Ziel, organische Solarzellen im Labormaßstab zu generieren. Besonders wichtig ist hierbei eine homogene Verteilung der Substanzen und ein gleichmäßiger Multilayer-Schichtaufbau.

Nach dem Aufbau der flexiblen Materialien werden am IUTA die Eigenschaften dieser textilen organischen Solarzellen ermittelt. Neben dem Wirkungsgrad und der Quantenausbeute werden die Stabilität der Materialien gegenüber Temperatur und Bestrahlung, aber auch gegenüber weiteren Umwelteinflüssen, wie z. B. Regen und aggressiven Medien bestimmt, da die Materialien im Außenbereich von Häusern, Stadien und auch Kleidung eingesetzt werden sollen. Die ermittelten Ergebnisse werden von den Projektpartnern benötigt, um ihre Synthese bzw. Prozess-Parameter zu optimieren.

Zur Durchführung der Untersuchungen ist am IUTA ein Versuchsstand basierend auf einem kommerziellen Klimaschrank entwickelt und aufgebaut worden. In die Messkammer des Klimaschranks wurden eine Strahlungsquelle und eine Berieselungseinheit integriert. Zudem wurde durch die Messkammer eine Befeuchtungsstrecke geführt, mit der die Proben hohen Luftströmungen mit definierter Temperatur und Feuchte ausgesetzt werden können. Die Messkammer ist mit allen notwendigen Messgeräten ausgerüstet, um sowohl die klimatischen Bedingungen exakt zu regeln, als auch die photoelektrischen Eigenschaften der untersuchten Solarzellen quantitativ erfassen zu können. Die Messgeräte der Messkammer und des Strömungskanals sind mit entsprechenden Messmodulen verbunden. Alle Mess- und Regelgrößen werden zentral mit einem PC erfasst und ausgewertet (siehe Bild 4-54).

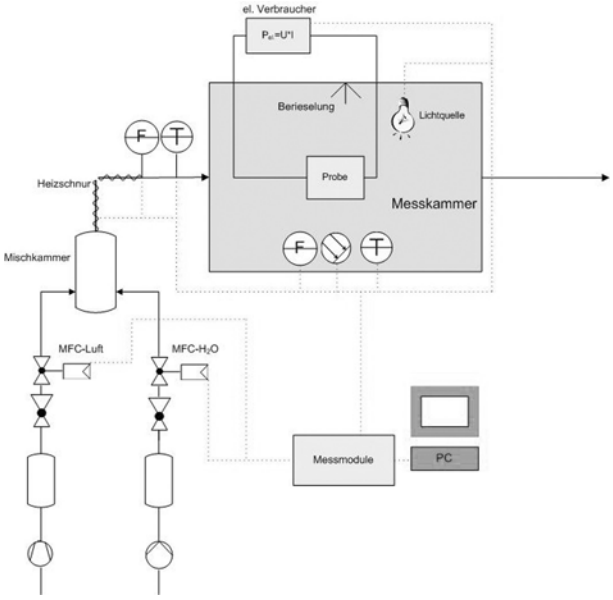


Bild 4-54: Aufbau des Versuchsstands zur Bestimmung der Eigenschaften der Solarzellen und deren Langzeitstabilität gegenüber Umwelteinflüssen

Das Forschungsvorhaben 312 ZN der Forschungsvereinigung VEU 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.

Ideen eine Zukunft geben

Ansprechpartner:

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

4.7 Nano-Energie- & Nanopartikelsynthese

4.7.1 NanoEnergieTechnikZentrum (NETZ) Funktionale Nanopartikel-Kompositmaterialien für energietechnische Anwendungen

Die Nanotechnologie ist eine der wichtigsten Zukunftstechnologien. Studien prognostizieren, dass im Jahr 2015 fast jede Industriesparte von der Nanotechnologie beeinflusst wird. Die wichtigsten Bereiche sind dabei Elektronik, Chemie, der Automobilbau, die optische Industrie und der Gesundheitsbereich.

Um dem zusehends steigenden Bedarf an spezifischen Nanomaterialien Rechnung zu tragen, wurde 2007 am IUTA der Geschäftsbereich Nano-Energie & Nanopartikel-Synthese gegründet und in Zusammenarbeit mit dem IVG eine Technikums-Anlage zur Synthese hochspezifischer Nanopartikel im Laufe des Jahres 2008 aufgebaut. Kernstück des Technikums sind Flammreaktor, Heißwandreaktor und Plasmareaktor zur Synthese hochspezifischer Nanopartikel aus der Gasphase.

Im ersten Halbjahr des Jahres 2009 wurden die einzelnen Reaktoren in den regulären Versuchsbetrieb überführt. Durch die in diesem Rahmen gewonnenen Erkenntnisse konnten die Reaktoren und Anlagenperipherie kontinuierlich ergänzt und durch Umbauten weiter optimiert werden. Im Rahmen dieser Arbeiten wurden auch die Steuerung und Überwachung des Syntheseprozesses durch die installierte SPS weiterentwickelt.

Im zweiten Halbjahr 2009 wurde insbesondere der Heißwandreaktor für die Herstellung von nanopartikulärem Silizium erprobt. Dazu wurde mittels des ebenfalls in 2009 in Betrieb genommenen Quadrupol – Massenspektrometers (QMS) die temperatur-, druck- und precursorkonzentrationsabhängige Zersetzung des Prekursorgases Silan on-line untersucht. Dabei konnten wichtige Erkenntnisse hinsichtlich des im Technikum zur Verfügung stehenden Parameterraumes gesammelt werden. Diese Arbeiten werden zu Beginn des Jahres 2010 abgeschlossen, so dass die Synthese von undotiertem und dotiertem Halbleitermaterial zeitnah durchgeführt werden kann.

Die in den Reaktoren synthetisierten Partikel wurden erfolgreich aus dem Gasstrom auf Filtermedien abgeschieden und konnten durch gezieltes Abreinigen der Filter in entsprechende Auffangbehälter abgefüllt werden (siehe Bild 4-55 A-C). Im Laufe des Jahres wurde der Abfüllprozess optimiert, so dass eine Abfüllung und Verpackung unter inerten Bedingungen möglich ist (Bild 4-55 C).

Am Mikrowellen-unterstützten Plasmareaktor wurde die Synthese von nanopartikulärem Silizium durchgeführt (Bild 4-56 A-C). Dazu wurde analog zum Heißwandreaktor Silan als Ausgangsmaterial eingesetzt und die Zersetzung mittels QMS on-line überwacht. Trotz der erfolgreichen Synthese besteht an diesem Reaktor weiterhin Optimierungsbedarf hinsichtlich der Stabilisierung und Lokalisierung des Plasmas. IUTA und die Herstellerfirma arbeiten zurzeit gemeinsam an einer Lösung zum stabilen Betrieb.

Die synthetisierten Siliziumpartikel wurden im Anschluss hinsichtlich Partikelgröße, Größenverteilung und Agglomerationsgrad und -struktur charakterisiert. Dazu wurden BET-Messungen, sowie Untersuchungen mit Rasterelektronen- und Transmissionselektronenmikroskopen durchgeführt.

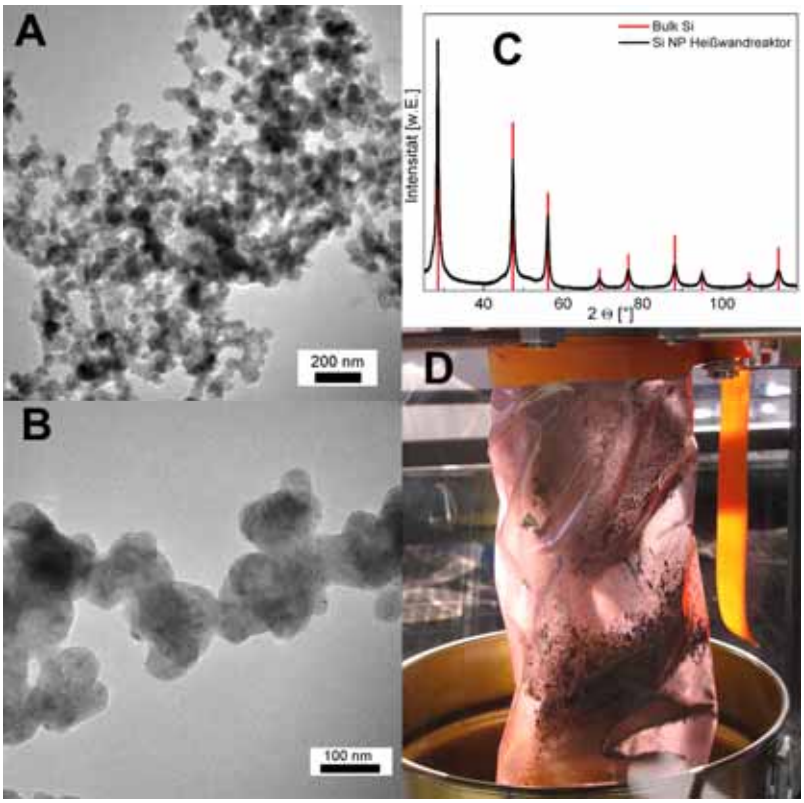


Bild 4-55: Silizium-Nanopartikel aus dem Heißwandreaktor. **A** und **B:** TEM Bilder von Partikeln mit unterschiedlicher Größe im Vergleich. **C:** Röntgendiffraktogramm von Si-Nanopartikeln aus dem Heißwandreaktor. **D:** Abfüllung von Si-Nanopartikeln in PE-Beutel

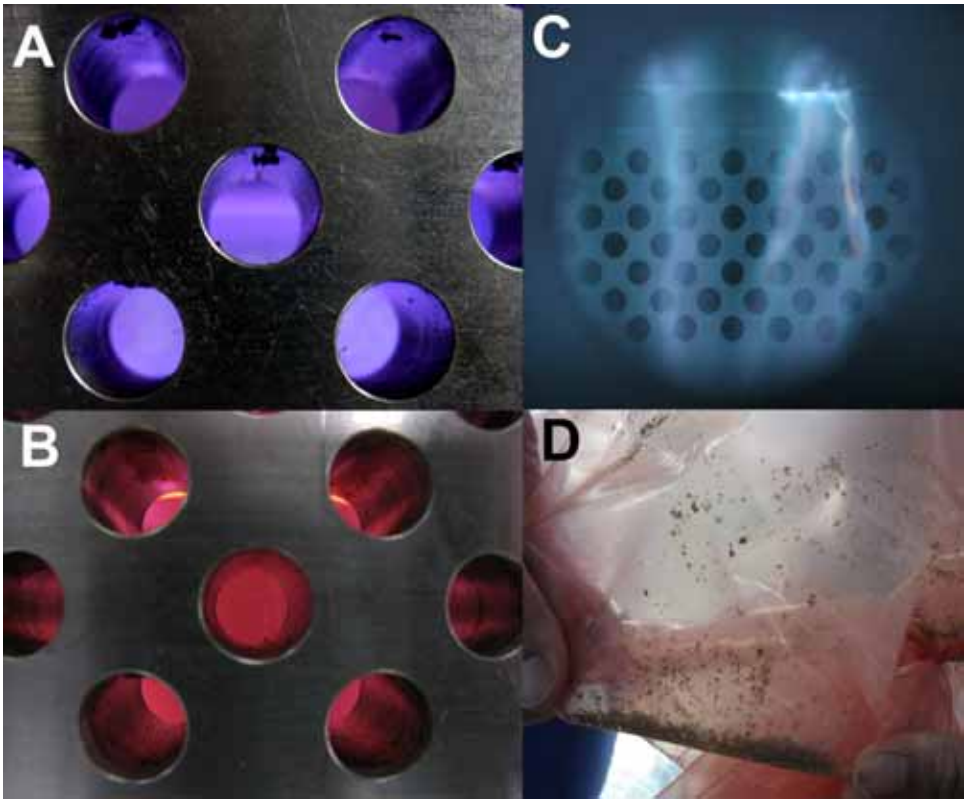


Bild 4-56: Partikelsynthese von Silizium-Nanopartikeln im Plasmareaktor. **A:** H_2 -Plasma ohne Partikel **B:** H_2-Plasma mit Si-Partikeln **C:** Blick in den Reaktor mit leuchtendem H2-Plasma ohne Partikel **D:** Verpackte synthetisierte Nanopartikel

Neben der Herstellung von hochspezifischen Nanopartikeln zum Einsatz in energietechnischen Anwendungen soll am IUTA in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Technische Chemie II an der Universität Duisburg-Essen ein Verfahren zur Funktionalsierung und zur Abscheidung von Nanopartikeln in Flüssigkeiten direkt nach der Gasphasensynthese entwickelt und zur Praxisreife geführt werden.

Ziel ist es, sowohl die Strukturen als auch die Oberflächen der Nanopartikel gezielt einzustellen, um gewünschte Effekte zu verstärken und ungewünschte zu unterdrücken. Zur Sicherstellung und Überprüfung der geforderten und reproduzierbaren Dispergierbarkeit wird im Rahmen des Projektes zunächst eine Methodik zur Messung von Nanopartikel-Dispersionen in unterschiedlichen Medien mit Partikelmessgeräten aufgebaut. Parallel dazu werden Untersuchungen zur gezielten Re-Dispergierung von Nanopartikeln in Lösungen durchgeführt, die als Referenz für die primären Dispersionen dienen sollen.

Die Funktionalisierung der Nanopartikel soll in der Gasphase direkt nach der Synthese durch Aufkondensieren und chemisches Binden durchgeführt werden. Anschließend sollen die gasgetragenen Nanopartikel durch spezifische Nasswäschen in polaren und unpolaren Lösungsmitteln in eine stabile Dispersion überführt werden, um die Verarbeitung zu funktionalen Beschichtungen oder zur Erzeugung von hybriden Polymeren zu ermöglichen.

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, Forschung und Technologie des Landes Nordrhein-Westfalen

NRW.

Ansprechparter:

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

Dr. Sophie Marie Schnurre
+49 (0) 20 65 418 302
schnurre@iuta.de

4.7.2 Laserspektroskopische Messung von Temperatur und Eisen-Atomkonzentrationen in Niederdruckflammen zur Herstellung von Nanopartikeln

Flammen stellen einen vielversprechenden Weg zur homogenen Synthese hochreiner und spezifischer metalloxidischer Nanopartikeln aus geeigneten Vorläuferspezies dar. Für den Fall von Eisenoxid-Nanopartikeln ist dafür ein Niederdruck-Flammenreaktor geeignet, wie er in Kooperation mit dem IVG der Universität Duisburg-Essen eingesetzt wurde: Die chemisch-kinetischen Reaktionsabläufe zur Bildung der Nanopartikel verlaufen bei niedrigen Drücken langsamer, und die räumlich ausgedehnten Reaktionszonen (und damit auch die der Temperatur) erlauben eine in-situ optische Diagnostik mit verbesserter räumlicher Auflösung. In den Experimenten liefert eine vorgemischte Wasserstoff/Sauerstoff-flamme die notwendige Energie zur pyrolytischen Zersetzung von Eisen-Pentacarbonyl ($Fe(CO)_5$), zur anschließenden Bildung von Fe-Dimeren, FeO und nach weiterem Partikelwachstum zur Bildung von Eisenoxid Nanopartikeln.

Mit den Untersuchungen werden zwei Ziele verfolgt: einerseits sollen spektroskopische Verfahren für die berührungslose in-situ optische Diagnostik von Nanopartikel-Modellreaktoren entwickelt werden, und andererseits experimentelle Daten in Form von räumlich aufgelösten Temperatur- und Spezieskonzentrationen in der Flamme bereitgestellt werden, um CFD-Rechnungen (computational fluid dynamics) unter Einbeziehung chemisch-kinetischer Modellierungen des Strömungs-Reaktionssystems zu validieren bzw. weiter zu entwickeln. Hierzu sind laserspektroskopische Messungen besonders geeignet, da sie hochspezifische, nicht-invasive und in-situ Verfahren darstellen. Temperaturmessungen wurden über die Auswertung von Anregungsspektren der Laser-induzierten Fluoreszenz (LIF) von NO-Molekülen, die den Flammengasen in geringen Konzentrationen (200–800 ppm) beigemischt wurden, bestimmt. Die am IVG entwickelte Multilinien NO-LIF-Methode[1] erlaubt dabei die flächige Erfassung von Temperaturwerten innerhalb eines vom Anregungslaser beleuchteten zweidimensionalen Lichtschnitts beim Durchgang durch die Flammengase.

Der experimentelle Aufbau (Flammenreaktor, Anregungslaserstrahl) ist in Bild 4-57 skizziert. NO-Moleküle (Übergänge in der A-X (0,0) Bande) für die Thermometrie sowie Fe-Atome (Übergänge in der a^5D–$^5F^0$ Bande) werden mit einem abstimmbaren Excimerlaserstrahl bei 225 nm (nach Ramanverschiebung in H_2) angeregt. Die Bilder der flächig angeregten LIF werden mit einer intensivierten CCD-Kamera (LaVision) aufgezeichnet.

Eingesetzte Gasflüsse (slm) betrugen 0,6, 0,8 bzw. 0,5 für H_2, O_2 bzw. Ar. $Fe(CO)_5$-Flüsse wurden im Bereich 0,1–0,5 slm (1000 ppm $Fe(CO)_5$ in Ar) variiert.

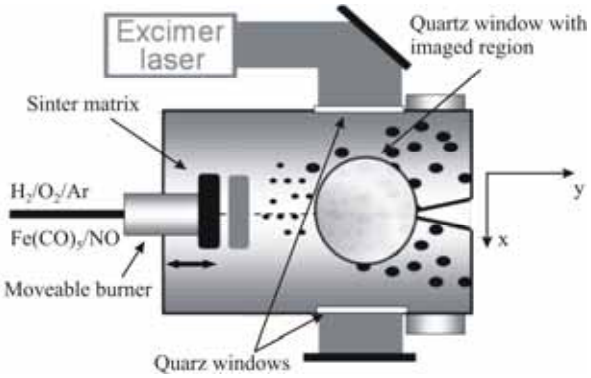


Bild 4-57: Experimenteller Aufbau zur ortsaufgelösten Temperatur- und Fe-Konzentrationsmessung in einem Niederdruck Flammenreaktor zur Nanopartikel-Synthese

Bild 4-58 zeigt ein typisches LIF-Anregungsspektrum, wie es beim Betrieb der Flamme erhalten wird, wenn der Anregungslaser im Bereich 44350–44430 cm^{-1} (225,48–225,07 nm) durchgestimmt wird:

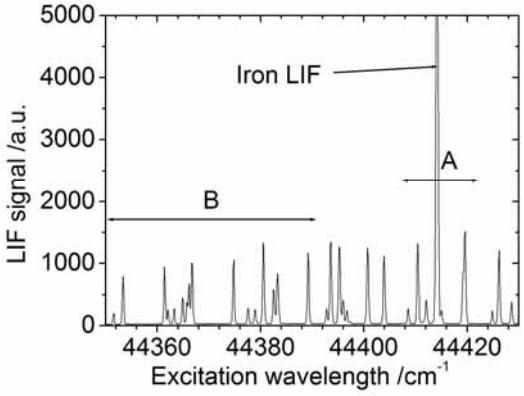


Bild 4-58: Fluoreszenz-Anregungsspektrum im Bereich des Abstimmbereichs des UV-Lasers, aufgenommen in einer mit Fe(CO)5-dotierten H2/O2/Ar-Flamme bei 30 mbar

Neben den bekannten NO-Übergängen erkennt man auch eine intensive Linie bei 44415 cm^{-1}, die von Fe-Atomen herrührt. Die Analyse dieser und weiterer (schwächerer) Übergänge für elementares Eisen konnte erfolgreich für eine quantitative Bestimmung der Eisenkonzentration in der Flamme als Funkti-

[1] W. G. Bessler, C. Schulz, T. Lee, D. I. Shin, M. Hofmann, J. B. Jeffries, J. Wolfrum, and R. K. Hanson, "Quantitative NO-LIF imaging in high-pressure flames," Appl. Phys. B 75, 97-102 (2002)

on der Höhe über der Brennermatrix verwendet werden[2].

Bild 4-59 zeigt dazu gemessene Höhenprofile (über Brennerplatte) der Molenbrüche von Eisenatomen (Symbole) für drei Konzentrationen des vorgelegten Prekursors[3].

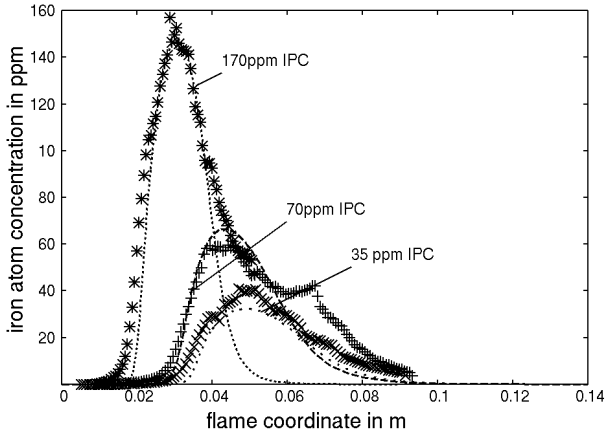


Bild 4-59: Konzentrationsprofile der Fe-Atome als Funktion der Höhe über der Brennerplatte in der mit Fe(CO)5-dotierten H2/O2/Ar-Flamme bei 30 mbar. Parameter: [Fe(CO)5]

Als durchgezogene Linien sind simulierte Konzentrationsprofile gezeigt, wie sie mit einem kürzlich aufgestellten Reaktionsmechanismus erzielt wurden. Die relativ gute Übereinstimmung von Simulation und Experiment konnte nur durch einen verbesserten Reaktionsmechanismus und neueste thermophysikalische Daten der bisher wenig untersuchten chemischen Elementarreaktionen und der beteiligten Spezies erreicht werden.

Ansprechparter:

Dr. rer. nat. 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

[2] C. Hecht, H. Kronemayer, T. Dreier, H. Wiggers, and C. Schulz, "Imaging measurments of atomic iron concentration with laser-induced fluorescence in a nanoparticle synthesis flame reactor," Appl. Phys. B 94, 119-125 (2009)

3 S. Staude, C. Hecht, I. Wlokas, C. Schulz, and B. Atakan, "Experimental and numerical investigation of $Fe(CO)_5$ addition to a laminar premixed hydrogen/oxygen/argon flame," Zeitschr. Phys. Chem. 223, 639-649

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 Verdünnnungssystem 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 Schwefelsäuretaupunktes	Isokinetische isotherme Probenahme mit einer Spezialsonde, Abscheidung der Schwefelsäureaerosole auf einem zweistufigen Spezialfilter, 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_2S), Stickstoffoxide (NO und NO_2), staubförmige anorganische Stoffe gemäß Punkt 5.2.2 der TA Luft 2002: Quecksilber (Separation Hg(0) u. Hg^{2+}), Thallium, Blei, Cobalt, Nickel, Selen, Tellur, Antimon, Chrom, leichtlösliche Cyanide, leichtlösliche Fluoride, Kupfer, Mangan, Vanadium, Zinn und ihre Verbindungen, krebserzeugende Stoffe nach 5.2.7.1.1 der TA Luft 2002: Arsen, Cadmium und ihre Verbindungen, wasserlösliche Cobaltverbindungen, Chrom(VI) –Verbindungen, sowie weitere gas- oder staubförmige Metalle: u. a. Aluminium, Magnesium, Molybdän und Zink etc.
Organische Komponenten:	Gesamtkohlenwasserstoffe ($C_{ges.}$) Aromaten (Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol - BTXE) Chlorbenzole und -phenole Dibenzo(p)dioxine und -furane (PCDD/F und PBrDD/F) Formaldehyd (und andere Aldehyde) Spezielle Kohlenwasserstoffe (z. B. Alkohole, Carbonsäuren) Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW) Polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK, PAH) 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 Staub-inhaltsstoffe	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 Staub-inhaltsstoffe	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 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, 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 Grundfl.) 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.)
Angeschlossene Analytik	
Ruß/Kohlenstoff	Bestimmung des elementaren (EC), organischen (OC) und gesamten organischen Kohlenstoffes (TOC) mittels IR-Verfahren
Metalle	Bestimmung von Metallen in unterschiedlichen Matrizes mittels AAS bzw. ICP
Ionen	Bestimmung von Anionen und Kationen mittels Ionenchromatographie (Cl^-, F^-, SO_3^{2-}, SO_4^{2-} etc.)
Organische Komponenten	Bestimmung organischer Komponenten (BTXE, Formaldehyd, Kohlenwasserstoffe) 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

4.8.2 Industrielle Messungen der Druckluftqualität mit einem mobilen IUTA-Prüfstand

Kriterien zur Bewertung der Qualität von Druckluft sind in der ISO 8573-1 gemäß Tabelle 4-3 festgelegt. Folgende dieser Bestimmungen können bei IUTA durchgeführt werden:

Restöluntersuchungen nach ISO 8573-2/5:
Isokinetische Absaugung über Quarzfaserfilter und Aktivkohle;
Analytik mittels GC/FID und FTIR

Partikeluntersuchungen nach ISO 8573-4:
Isokinetische Absaugung und Detektion mittels PCS / Welas
(Partikelgrößenmessbereich 0,2–17 µm)

Drucktaupunktmessungen nach ISO 8573-3:
Bestimmung mittels kapazitivem Sensor (Messbereich bis –80°C Drucktaupunkt)

Öldampfuntersuchungen nach ISO 8573/5:
Kontinuierliche n-Hexan-Adsorptionsmessungen; Detektion mittels FID vor und nach Filter

Untersuchung der O_2-, CO_2-, CO- und NO_x-Konzentration nach DIN EN 12021
Entspannen der Druckluft und drucklose Messungen mit den entsprechenden Messgeräten, z. B. Fisher Rosemount NGA 2000, Ansyco AC 30 M

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Mathias Beyer
+49 (0) 20 65 418 272
beyer@iuta.de

Tabelle 4-3: Qualitätskriterien nach ISO 8573-1

Klasse	**Restöl [mg/m³]**	**Drucktaupunkt [°C]**	**Feststoffpartikel [Maximale Partikelanzahl/m³]**			
			≤ 0,10 µm	0,10 µm < d ≤ 0,5 µm	0,5 < d ≤ 1,0 µm	1,0 < d ≤ 5,0 µm
1	≤ 0,01	≤ -70	Nicht spezifiziert	100	1	0
2	≤ 0,1	≤ -40	Nicht spezifiziert	100000	1000	10
3	≤ 1	≤ -20	Nicht spezifiziert	Nicht spezifiziert	10000	500
4	≤ 5	≤ +3	Nicht spezifiziert	Nicht spezifiziert	Nicht spezifiziert	1000

4.8.3 Diffuse Feinstaub-Emissionen aus Kohlehalden von Kraftwerken

VGB PowerTech, der europäische Fachverband der Kraftwerkswirtschaft, hat das Ingenieurbüro iMA Richter & Röckle und IUTA mit der Untersuchung diffuser Staubemissionen an Kraftwerksstandorten beauftragt. Ziel des zweijährigen Forschungsvorhabens ist es, PM_{10}- und $PM_{2,5}$-Emissionsfaktoren für Haldenabwehungen abzuleiten und den Bezug zu einzelnen Prozessschritten beim Kohlenumschlag herzustellen. Weil es sich nicht um geführte Quellen handelt, werden Emissionen des Güterumschlags und der Haldenabwehungen ihrem Charakter entsprechend als diffuse Quellen bezeichnet. Solche Emissionen sind nicht direkt messtechnisch erfassbar. Die Erfassung der Quellstärke erfolgt über eine Rückrechnung aus Daten von quellnahen Immissionsmessungen sowie meteorologischen Messungen am Standort. Dazu werden statistische Verfahren sowie quellbezogene Luv-Lee-Differenzen der Immissionswerte herangezogen. Als geeigneter Standort wurde das Kraftwerk in Bergkamen ausgewählt (Bild 4-60). Auf dem Kraftwerksgelände sollen im Einzelnen die Quellbeiträge folgender Emissionen untersucht werden:

- Entladung von Schiffen an beiden Kränen
- Aufhaldung und Abkratzen am Hafenlager
- Aufhaldung und Abkratzen an beiden Betriebslagern
- ruhende Halden.

Um zwischen den Beiträgen der einzelnen Quellen unterscheiden zu können, wurden die Immissions-Messstellen nach folgenden Kriterien ausgewählt, vgl. Bild 4-60:

Messpunkt 1 wird bei Nordostwind vom Hafenlager beaufschlagt; bei Südwestwind wird dort die Hintergrundbelastung ermittelt.

Messpunkt 2 liegt bei Südwestwind in Lee der Schiffsentladung. Bei Ost- bis Südwind wird dort die Hintergrundbelastung ermittelt.

Messpunkt 3 liegt bei Südwestwind in Lee des Betriebslagers, bei Nordostwind wird dort die Hintergrundbelastung ermittelt.

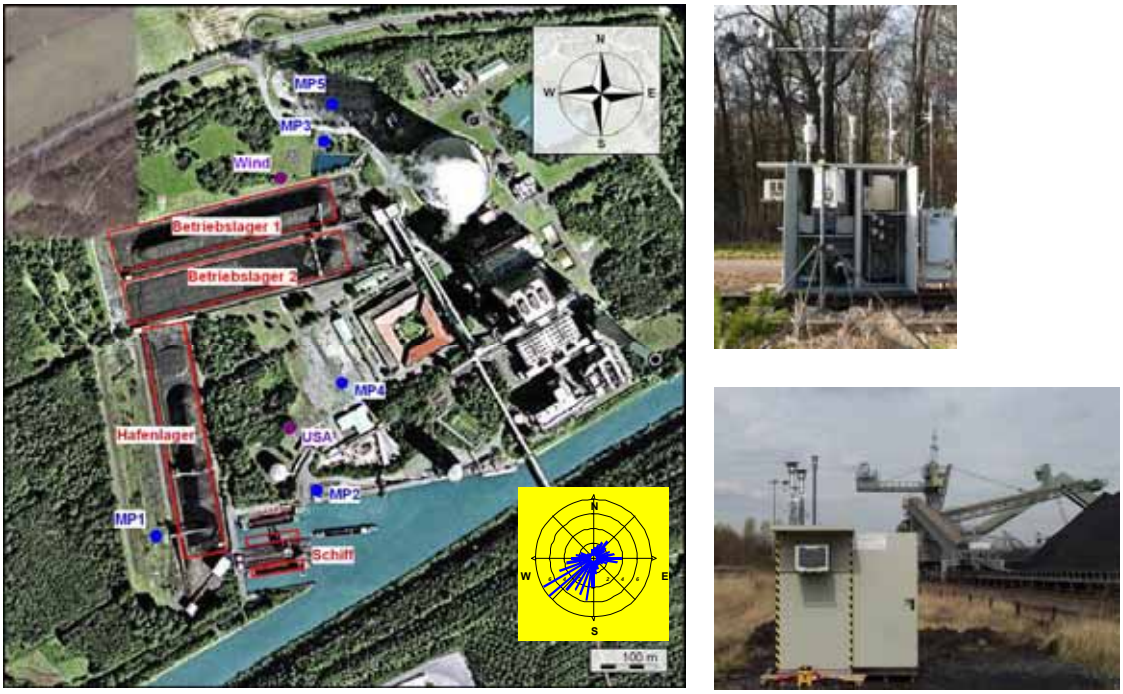


Bild 4-60: Lage der Emissionsquellen und der Messpunkte, typische Windrose; Container Messpunkt 1

Messpunkt 4 befindet sich in Verlängerung zur Linie Schiffsentladung – Messpunkt 2. Bei Nordwestwind befindet sich diese Messstelle in Lee des Betriebslagers.

Messpunkt 5 befindet sich in Verlängerung zur Linie Betriebslager – Messpunkt 3. Bei Nordostwind wird dort die Hintergrundbelastung ermittelt.

Meteorologische Messsysteme befinden sich an folgenden Orten:

- auf einem der Öllager in ca. 24 Meter Höhe (Kennung „USA“),
- am Messpunkt 2 in ca. 3 m Höhe
- nördlich des Betriebslagers in ca. 3 m Höhe (Kennung „Wind“).

Zur Ermittlung der Staubimmissionen wurde von IUTA ein umfangreiches Messsystem aufgebaut, bestehend aus TEOM-Messgeräten zur zeitlich hochauflösenden Bestimmung der $PM_{2,5}$-, PM_{10}- und Gesamtstaub (TSP)-Massenkonzentration.

Darüber hinaus werden Bergerhoff-Geräte zur Ermittlung der Staubdeposition und Filterreferenzverfahren (Derenda) zur Bestimmung der TEOM-Korrekturfaktoren für TSP, $PM_{2,5}$ und PM_{10} eingesetzt.

Die Messdaten (Bild 4-61) fließen in statistische Modelle und detaillierte Strömungsmodelle ein, um aus den Immissionskenngrößen auf die Quellstärken zurückzurechnen. Vergleichbare Untersuchungen wurden in der Vergangenheit mit höchstens stündlicher Zeitauflösung durchgeführt. Die von iMA und IUTA gewählte zeitlich wesentlich höhere Auflösung ist jedoch notwendig, um den Beitrag durch kurzfristig auftretende Windböen und Prozessereignisse bei der Quellstärkenbestimmung adäquat zu berücksichtigen, wie die beispielhaft dargestellten Tagesverläufe der Partikelkonzentrationen zeigen.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Mathias Beyer
+49 (0) 2065 418 272
beyer@iuta.de

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

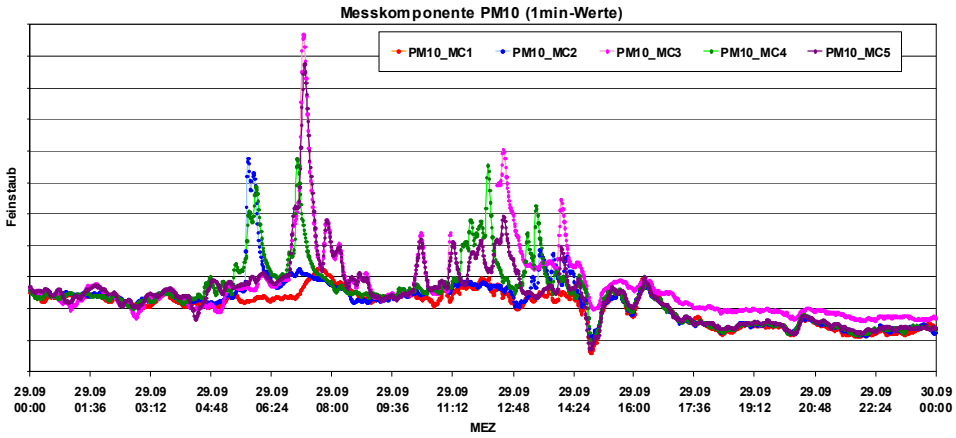


Bild 4-61: Tagesverlauf von PM_{10} an den 5 Messpunkten auf Basis von Minutenmittelwerten

4.9 Forschungsanalytik

4.9.1 Entwicklung eines Vorhersagemodells für die Hochtemperatur-Flüssigchromatografie

Die Methodenentwicklung in der Hochleistungs-Flüssigchromatographie (HPLC) wird in der Regel als trial and error Verfahren betrieben. Der Anwender im Labor verändert auf Grundlage seiner Erfahrungen verschiedene Parameter (Faktoren) mit dem Ziel, sein chromatografisches Trennproblem zu lösen. Diese Vorgehensweise ist sowohl zeit- als auch kostenintensiv. Die Methodenentwicklung sollte deshalb systematisch durchgeführt werden, wobei kommerzielle Softwarelösungen wie beispielsweise DryLab® genutzt werden können. Mit Hilfe dieser Software kann das Retentionsverhalten der Analyten in Abhängigkeit verschiedener chromatografischer Parameter modelliert werden. Bislang war es jedoch nur möglich, den Temperatureinfluss auf die Retention unter isothermen Bedingungen, nicht jedoch unter Anwendung eines Temperaturgradienten zu simulieren.

Die Anwendung der Temperatur-Gradientenelution in der Flüssigchromatografie stellt für viele neue und innovative industrielle Verfahren eine wichtige Basis dar. Bei einem durch die Firma Symrise entwickelten Verfahren, das unter der Bezeichnung LC-Taste® bekannt ist (Patent WO 2006/111476 A1), wird ein Gemisch zusätzlich zur „konventionellen“ Detektion mit einem UV-Detektor durch geschultes Panel zeitsynchron gustatorisch bewertet. Dies setzt voraus, dass die mobile Phase nicht toxisch ist, da das Eluat direkt verkostet wird. Auf diese Weise können in komplexen Gemischen Komponenten identifiziert werden, die ein bestimmtes Geschmackserlebnis hervorrufen. Bei diesem Verfahren wird zunächst eine Elution und Auftrennung der in einem bestimmten Gemisch enthaltenen Komponenten mit einer möglichst wässrigen mobilen Phase versucht. Da die Elutionskraft von reinem Wasser bei Raumtemperatur i. d. R. zu gering ist, um eine Elution aller relevanten Komponenten von der Säule zu erzielen, erfolgt sowohl die Zumischung von Ethanol als Co-Solvens sowie die Erhöhung der Temperatur, um die Polarität der mobilen Phase zu erniedrigen. Durch die Anwendung von Lösemittel- und Temperaturgradienten erfolgt dann die vollständige Elution sowie eine Trennung der Analyten.

Ebenso erwähnt werden sollte das von Irth und de Boer entwickelte Verfahren (de Boer, Analytical Chemistry 2005), bei dem komplexe Gemische mittels HPLC getrennt und online einem Enzymassay zugänglich gemacht werden. Die Herausforderung bei diesem Verfahren liegt darin, den organischen Anteil in der mobilen Phase möglichst gering zu halten, damit die biologische Aktivität des Enzymassays erhalten bleibt. Die Anwendung der Temperatur-Gradientenelution ist deshalb auch bei diesem Verfahren von großem Interesse, da durch die Änderung der statischen Permittivität der mobilen Phase in Abhängigkeit der Temperatur eine Elution unpolarer Komponenten unter rein wässrigen Bedingungen erzielt werden kann.

In den letzen Jahren hat sich die substanzspezifische Isotopenanalyse zu einem wichtigen Verfahren entwickelt, hier sei die Dopinganalytik von Steroiden, die Authentizität von Lebensmitteln, die Quellallokation von Grundwasserkontaminanten in Aquiferen, die Quantifizierung des biologischen Abbaus von Schadstoffen und die Aufklärung von Stoffwechselprozessen mit nichtradioaktiven Tracern im menschlichen Körper erwähnt. Die Schwierigkeit bei diesem Verfahren liegt darin, eine vollständige Basislinientrennung aller in der Probe enthaltenen Komponenten zu erzielen. Des Weiteren kann nur Wasser, das ggf. mit anorganischen Puffern versetzt ist, für die Trennung verwendet werden.

Das Ziel des über das Programm ProInno II geförderten Projektes bestand darin, ein

mathematisches Modell zu entwickeln und zu validieren, um Temperatur-Gradienten in der HPLC auf Grundlage weniger Basismessungen präzise vorherzusagen. Mit Abschluss des Projektes konnten alle wesentlichen Ziele erreicht werden. Bild 4-62 zeigt eine Trennung von Sulfonamiden mit reinem Wasser als mobiler Phase unter Anwendung der Temperatur-Gradientenelution. Um die Präzision der Simulation zu belegen, ist in Tabelle 4-4 ein Vergleich der simulierten und experimentell ermittelten Retentionszeiten dargestellt. Dabei werden lediglich sehr geringe Abweichungen zwischen Simulation und Experiment mit einem maximalen relativen Fehler von 1,4 % festgestellt.

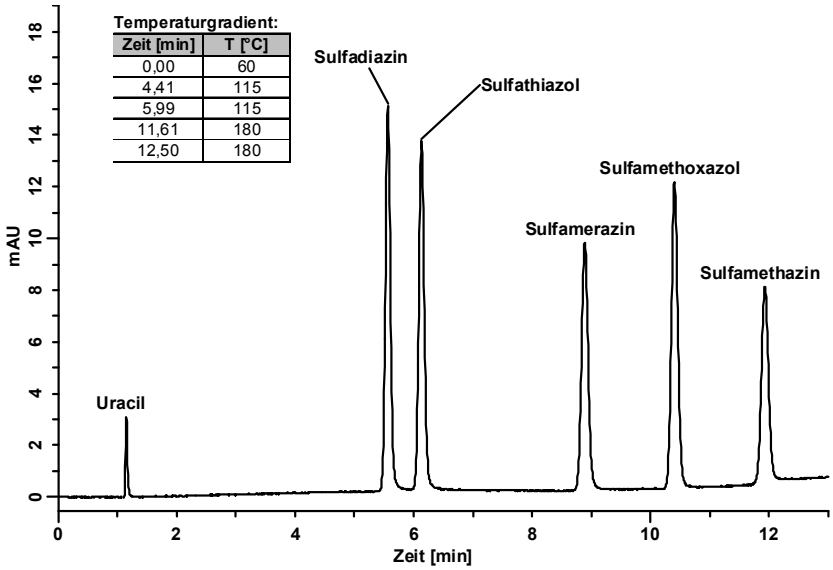


Bild 4-62: Trennung von fünf Sulfonamiden mittels Stufen-Temperaturgradientenelution. Stationäre Phase: Waters XBridge BEH C18 (75 x 4,6 mm, 2,5 µm); mobile Phase: deionisiertes Wasser + 0,1 % HCOOH; Flussrate: 1,0 mL/min; Injektionsvolumen: 1 µL; Detektion: UV bei 270 nm

Tabelle 4-4:: Vergleich der simulierten und experimentell ermittelten Retentionszeiten für die optimierte Sulfonamid-Trennung

Analyt	Experimentelle Retentionszeit [min]	Simulierte Retentionszeit [min]	Differenz [min]	Relativer Fehler [%]
Sulfadiazin	5,56	5,64	0,07	1,3
Sulfathiazol	6,13	6,22	0,09	1,5
Sulfamerazin	8,89	8,90	0,01	0,1
Sulfamethoxazol	10,41	10,26	-0,14	-1,4
Sulfamethazin	11,93	11,84	-0,09	-0,8

Tabelle 4-5: Vergleich von experimentellen und simulierten Retentionszeiten ausgewählter PAK in einem Temperaturbereich von 50 – 160 °C für die Kombination von linearem Temperatur- (2,17 °C/min) und Lösungsmittelgradient (1 % B/min). Basis der Simulation sind kombinierte Temperatur- und Lösungsmittelgradienten mit Steigungen von 4,3 °C/min und 2 % B/min sowie 1,4 °C/min und 0.7 % B/min

Analyt	Experimentelle Retentionszeit [min]	Simulierte Retentionszeit [min]	Differenz [min]	Relativer Fehler [%]
Naphthalin	11,96	11,98	0,02	0,2
Acenaphthylen	14,05	14,04	-0,01	-0,1
Fluoren	17,66	17,68	0,02	0,1
Anthracen	19,52	19,55	0,03	0,1
Pyren	21,84	21,87	0,04	0,2
Chrysen	24,59	24,64	0,06	0,2
Benzo(k)fluoranthen	27,28	27,34	0,06	0,2
Indeno(1,2,3,-cd)pyren	29,49	29,55	0,06	0,2

Die Komplexität des entwickelten Vorhersagemodells beschränkt sich jedoch nicht nur auf reine Temperaturgradienten. Innerhalb des Projektes konnte ebenfalls gezeigt werden, dass eine präzise Simulation für die Kombination eines linearen Temperaturgradienten mit einem linearen Lösemittelgradienten möglich ist. Den in Tabelle 2 aufgeführten Daten kann entnommen werden, dass der Fehler in der Vorhersage der Retentionszeiten für ausgewählte Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) i. d. R. kleiner als 1,0 % ist.

Die Ergebnisse dieses Projektes dienen als Basis für eine Reihe weiterer IGF-Projekte, die zurzeit durch IUTA bearbeitet werden (siehe Beiträge “Erfassung der biologischen Aktivität von Hausstaub“ sowie „Entwicklung eines Verfahrens zur Authentizitätskontrolle“).

Das Projekt wird 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

4.9.2 Entwicklung eines Verfahrens zur Authentizitätskontrolle

Die letzten Jahre verzeichnen einen dramatischen Anstieg der Produkt- und Markenpiraterie. Besonders kritisch ist die Zahl gefälschter und somit potenziell gefährlicher Produkte bei Lebensmitteln, Körperpflege und Pharmazeutika. Nicht nur große internationale Konzerne, sondern auch mittelständische Unternehmen sind von solchen Plagiaten betroffen. Vor diesem Hintergrund wird ein analytisches Verfahren entwickelt, das die Herkunft bzw. Authentizität von Verbindungen bestimmt, die der substanzspezifischen Isotopenanalyse bislang nicht zugänglich waren. Dieser Ansatz verknüpft die Flüssigchromatografie unter Einsatz eines Raman-Detektors mit der Isotopenmassenspektrometrie.

Die Kopplung der Isotopenmassenspektrometrie der stabilen Isotope des Kohlenstoffs mit der Flüssigchromatografie beruht auf der Verwendung einer mobilen Phase, die keinen Kohlenstoff enthält.

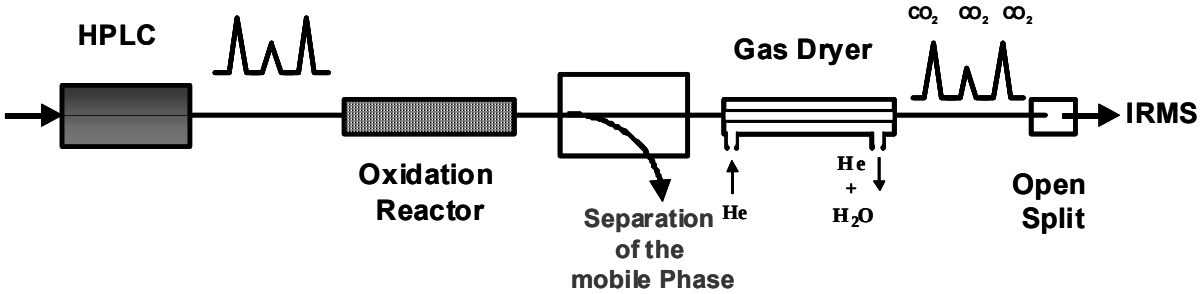


Bild 4-63: Prinzipieller Aufbau der HPLC-IRMS-Kopplung

In der Regel wird deshalb eine rein wässrige mobile 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, da nur über die Anwendung von Temperaturgradienten eine Elution unterschiedlich polarer Komponenten in einem chromatografischen Lauf erzielt werden kann.

Bild 4-63 zeigt den prinzipiellen Aufbau der Online-Kopplung zwischen Flüssigchromatografie und Isotopenmassenspektrometrie. Zunächst erfolgt die Trennung eines Substanzgemisches mittels HPLC. Da die mobile Phase keinen Zusatz eines organischen Lösemittels enthalten darf, kommen Verfahren auf Grundlage der Temperatur-Gradientenelution zum Einsatz. Um die Methodenentwicklung möglichst effizient durchführen zu können, wird die innerhalb eines ProInno II Vorhabens entwickelte Simulations-Software genutzt. Nach der Trennung wird das Eluat einem Verbrennungsofen zugeleitet, in dem die vollständige Oxidation jeder Komponente zu CO_2 erfolgt (Oxidation Reactor). Dieses wird dann nach entsprechender Trocknung dem Isotopenmassenspektrometer zugeführt und das Verhältnis zwischen den stabilen Isotopen $^{13}C/^{12}C$ bestimmt (sog. delta-Wert).

Ein gravierender Nachteil der bisherigen Kopplung besteht darin, dass außer der Bestimmung des delta-Wertes keine weiteren Informationen verfügbar sind, die eine sichere Zuordnung des ermittelten delta-Wertes zu einer bestimmten Komponente erlauben. Eine präzise Bestimmung des delta-Wertes ist darüber hinaus nur möglich, wenn keine weiteren Komponenten koeluieren. 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 Ramanspektrospkopie erweitert werden.

Das Forschungsvorhaben 16120 N/2 der Forschungsvereinigung VEU 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.

AiF
Ideen eine Zukunft geben

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

4.9.3 Erfassung der biologischen Aktivität von Hausstaub

Innerhalb dieses Projektes, das am 1. September 2009 mit einer Laufzeit von 24 Monaten gestartet ist, soll die biologische Aktivität von Haustaub mit einem enzymatischen 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, die potenziell im Hausstaub enthalten sein können, möglich ist. Das Projekt wird von den Forschungsstellen IUTA und Technische Universität München (TUM) durchgeführt. IUTA wird insbesondere das in den letzten Jahren erarbeitete Know-how auf dem Gebiet der Hochtemperatur-HPLC und Hausstaubanalytik einbringen, wohingegen an der TUM geeignete Enzymassays entwickelt werden. Bei erfolgreichem Projektverlauf kann die in diesem Vorhaben zu entwickelnde Analysentechnik 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 (de Boer, Analytical Chemistry 2005), bei dem komplexe Gemische mittels HPLC getrennt und online einem Enzymassay zugänglich gemacht werden (siehe Bild 4-64).

Die Herausforderung besteht darin, den organischen Anteil in der mobilen Phase möglichst gering zu halten, damit die biologische Aktivität des Enzymassays erhalten bleibt.

Um die Methodenentwicklung möglichst effizient durchführen zu können, wird die innerhalb eines ProInno II Vorhabens entwickelte Simulations-Software genutzt. 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 erfolgen kann. Reagiert der Analyt nicht mit dem Enzym, so erfolgt nach Zugabe des Substrats eine spezifische Spaltung durch das Enzym.

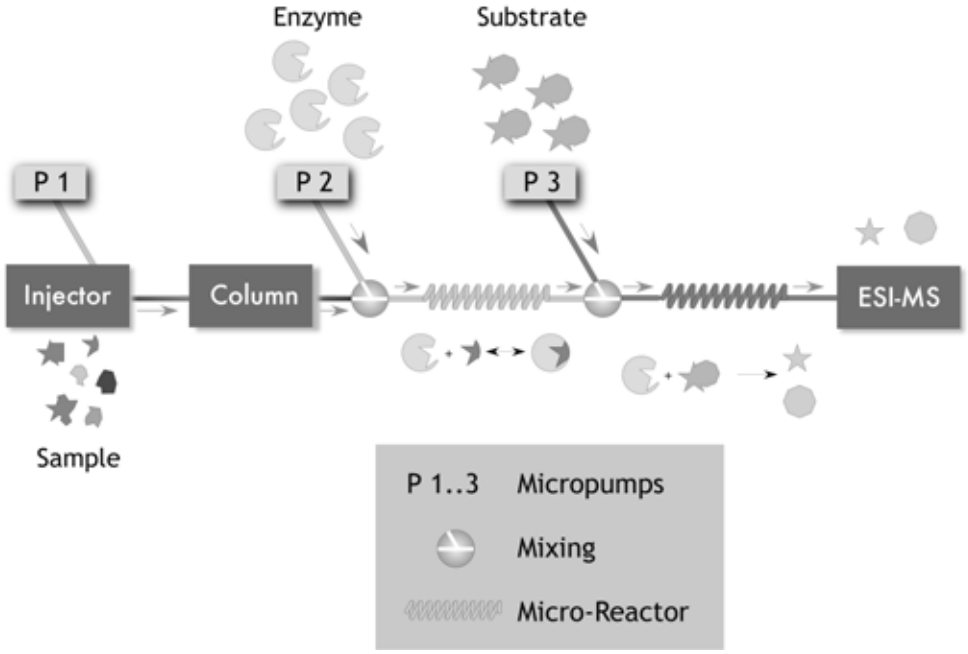


Bild 4-64: Online Enzymassay mit massenspektrometrischer Detektion (ESI-MS), nach de Boer und Irth.

Die einzelnen Prozesse können mit Hilfe der Elektrospray-Ionisations-Massenspektrometrie online verfolgt werden.

Das Forschungsvorhaben 16203 N der Forschungsvereinigung VEU 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

Christoph Portner, M. Sc.
+49 (0) 2065 418 216
portner@iuta.de

Dipl.-Leb. Chem. Katja Oeste
+49 (0) 2065 418 174
oeste@iuta.de

4.9.4 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 hochauflösender Massenspektrometer wie z. B. eines Flugzeitmassenspektrometers eine Trennung der Einzelkomponenten über ihr Masse-Ladungs-Verhältnis zu erreichen. Allerdings stoßen diese Techniken an ihre Grenzen, wenn z. B. eine Vielzahl von Substanzen zur selben Retentionszeit eluieren. Häufig wird beobachtet, dass dann Komponenten, die in geringer Konzentration neben Hauptkomponenten vorliegen oder schlechter ionisiert werden, nicht detektiert werden. Vor diesem Hintergrund ist es notwendig, chromatografische Verfahren weiterzuentwickeln, die eine Auftrennung dieser Komponenten erlauben. Die Erhöhung der 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 erfolgen (sog. Hochtemperatur-HPLC). 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 durch 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 nun der Ansatz gewählt, ein zweidimensionales 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 zu minimieren.

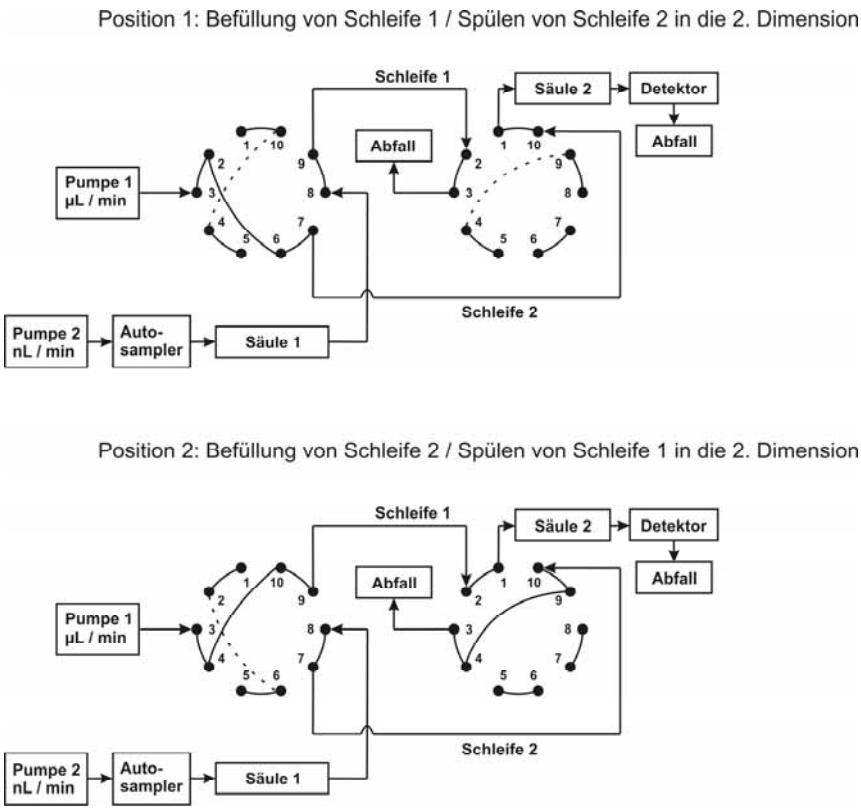


Bild 4-65 Schema zur Schaltung der 2D-HPLC

Bild 4-65 zeigt eine schematische Übersicht des zweidimensionalen HPLC-Systems. Die über den Autosampler injizierte Probe wird zunächst bei niedrigen Flussraten von 100 - 1000 nL/min über die erste Säule getrennt. Anschließend wird das Eluat der ersten Säule online im Modulator über zwei Probenschleifen fraktioniert, die durch Schaltung von Ventilen alternierend befüllt werden. Während die eine Schleife befüllt wird, wird der Inhalt der zweiten Schleife zur zweiten Trennsäule überführt. Da nur nach der zweiten Trenndimension detektiert wird, muss die Modulation so häufig geschehen, dass jeder Peak der ersten Trennung in mindestens vier Fraktionen aufgeteilt wird, um die Information der ersten Trennung nicht zu verlieren. Ein Durchlauf in der zweiten Trenndimension darf nur so lange dauern wie der zeitliche Abstand der Ventilschaltungen. Somit werden deutlich höhere Flussraten zwischen 1 - 10 µL/min notwendig. Die verwendeten Trennsäulen haben je nach Kombination der Trennmaterialien Innendurchmesser zwischen 75 und 150 µm.

Das Forschungsvorhaben 15928 N/1 der Forschungsvereinigung VEU 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

Jakob Haun, M. Sc.
+49 (0) 2065 418 165
haun@iuta.de

4.9.5 Chemische und toxikologische Evaluierung von Transformationsprodukten bei der oxidativen Abwasserbehandlung

Die europäische Wasserrahmenrichtlinie hat eine nachhaltige und ökologische Gewässerbewirtschaftung zum Ziel. Dabei besteht ein wichtiger Teil der Umsetzung in der Vermeidung von Punkquelleneinträgen und in der Verbindlichkeit von Grenzwerten sowohl für Emissionen aus Kläranlagen als auch für Immissionen in die Gewässer. Kläranlagenabläufe stellen einen Punktquelleneintrag in die Oberflächengewässer dar, so dass hier ein besonderes Augenmerk auf die Inhaltsstoffe zu legen ist.

Eintragsquellen von Arzneimittel in das kommunale Abwasser sind neben Kliniken, Arztpraxen und Altenheimen vor allem die privaten Haushalte. Krankenhausabwasser ist bezüglich Antibiotikaresistenzen, multiresistenter Keime, Arzneimittelrückständen und Bioziden höher belastet als häusliches Abwasser. Trotz Erfolg versprechender Ansätze zur dezentralen Abwasserbehandlung in Krankenhäusern stellt die zentrale Behandlung im Ablauf kommunaler Kläranlagen hinsichtlich des Gewässerschutzes die effektivste Methode dar. Zur erfolgreichen Etablierung einer vierten Reinigungsstufe sind allerdings noch Fragen zur Wirtschaftlichkeit und insbesondere zur Bewertung bei oxidativen Prozessen entstehender Transformationsprodukte notwendig.

Die Ziele der hier vorgestellten Arbeiten sind die chemische und toxikologische Evaluierung und Bewertung verschiedener erweiterter Oxidationsverfahren (AOP) zur Eliminierung von Spurenstoffen aus Kläranlagenabläufen. Das Projekt wird in Kooperation mit der Xenobiotikagruppe des Institutes für Umweltanalytik der Universität Duisburg - Essen und dem Institut für Hygiene - und Arbeitsmedizin des Universitätsklinikums Essen bearbeitet.

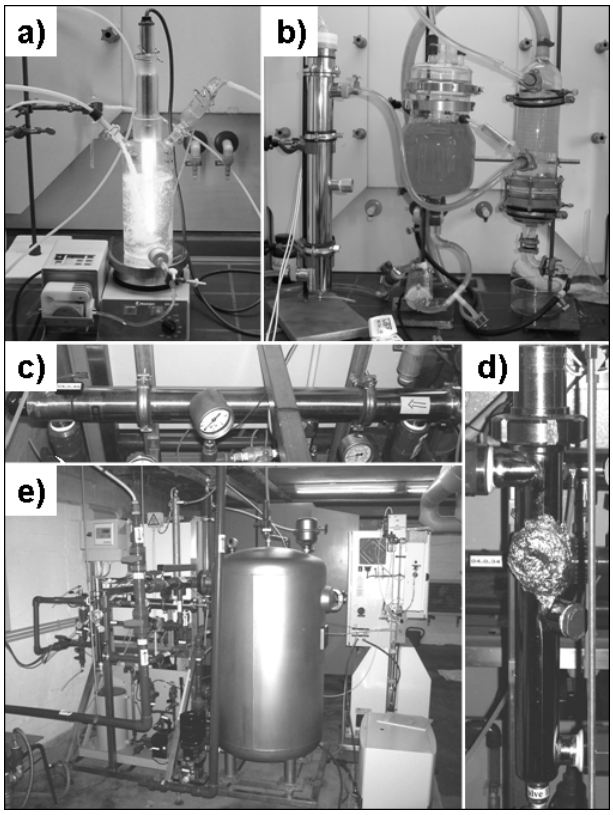


Bild 4-66: Labor- und Pilotanlagen zur oxidativen Abwasserbehandlung. a) Laboranlage mit Quecksiilber-Niederdruckstrahler (Hg-Nd), b) halbtechnische Anlage mit Hg-Mitteldruckstrahler (Hg-Md), c) Hg-Nd- und d) Hg-Md-Strahler der Pilotanlage (e)

Mit Hilfe der in Bild 4-66 dargestellten Labor- (a und b) und Pilotanlagen (c bis e) werden sowohl Einzelsubstanzen als auch Abläufe verschiedener Kläranlagen (u. a. Duisburg-Vierlinden, Duisburg-Rheinhausen, Bottrop, Viechtach) behandelt. Substanzabbau und Bildung von Transformationsprodukten werden mittels GC-MS und LC-MS/MS (Triple Quadrupol MS und Q Trap) untersucht.

Sämtliche Einzelsubstanzen als auch behandelte Kläranlagenabläufe werden vom Institut für Hygiene und Arbeitsmedizin auf allgemeine Toxizität, Cytotoxizität und Gentoxizität getestet.

Aufgrund des Vorkommens in Kläranlagenabläufen als auch der begrenzten Verfügbarkeit von Informationen über Transformationsprodukte sind für die Einzelstoffuntersuchungen zunächst das Biozid Terbutryn, die Personal Care Produkte Triclosan und HHCB (Galaxolid) sowie die Arzneimittelwirkstoffe

Metoprolol und Sulfamethoxazol ausgewählt worden.

Neben der kompletten Eliminierung der aktiven Substanz konnten bislang bei allen Verfahrensvarianten nicht toxische Transformationsprodukte nachgewiesen werden. Dabei wurden zunächst Aldehyde als direkte Reaktionsprodukte mit Ozon als auch Hydroxyverbindungen als Reaktionsprodukte mit Hydroxylradikalen nachgewiesen. Für Metoprolol und Sulfamethoxazol werden die Ergebnisse derzeit mit Hilfe hochauflösender Massenspektrometrie verifiziert, so dass Abbauschemata mit eindeutig identifizierten Transformationsprodukten in Abhängigkeit der angewandten AOP-Variante dargestellt werden können.

Alle bisher untersuchten Transformationsprodukte zeigten keine oder wie im Fall des aus Triclosan gebildeten 2,4-Dichlorphenol eine geringere Toxizität als die Vorläufersubstanz.

Bei der derzeit in Bau befindlichen Vollstromozonung an der Kläranlage Duisburg – Vierlinden (Inbetriebnahme Mitte 2010 geplant) werden die in diesem Forschungsvorhaben entwickelten Teststrategien zur Evaluierung behandelter Abwasserproben zur Betriebsoptimierung in Hinblick auf eine effektive aber auch sichere Anwendung der Ozonung im Routinebetrieb eingesetzt.

Das Forschungsvorhaben 15862 N der Forschungsvereinigung VEU 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.

Ideen eine Zukunft geben

Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Jochen Türk
+49 (0) 2065 418 179
tuerk@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) seit dem 01.07.2009 durchgeführten Forschungsvorhabens ist die Entwicklung der Steuerung eines Verfahrens zur oxidativen Entfernung von ausgewählten Pharmazeutika und östrogenwirksamen Substanzen aus Kläranlagenabläufen auf Grundlage eines online-Messgerätes. Durch die Kopplung an einen mikrobiellen Biosensor soll eine konzentrationsabhängige und somit energieeffiziente Steuerung durchgeführt werden. Dazu wurde am IPK ein auf Arxula adeninivorans basierender Hefezellbiosensor (A-YES-Assay) entwickelt und in einem ersten online-Messsystem (EstraMonitor) etabliert, der östrogene Aktivitäten als Summenparameter in Abwässern mit vergleichbarer Sensitivität wie bei einer instrumentellen Laboranalytik bestimmen kann. Für die Messung von Kläranlagen- und Ozonisierungsablauf zur Effektivitätskontrolle des Behandlungsverfahrens soll die Empfindlichkeit durch Anwendung der Multicopy-Integrationsmethode nochmals gesteigert werden. Parallel dazu werden neue Sensoren entwickelt, die neben der Messung des Summenparameters „östrogene Aktivität“ auch den Summenparameter „nichtopioide Arzneimittel“ (Analgetika, Antiepileptika, Antibiotika etc.) bestimmen, Bild 4-67.

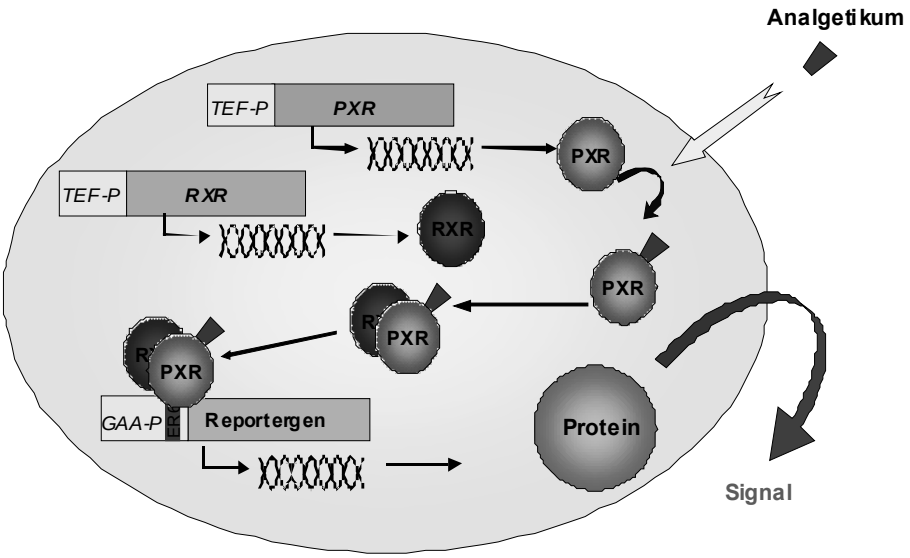


Bild 4-67: Wirkungsweise des Online-Messystems zur summarischen Bestimmung von Arzneimitteln

Die mikrobielle Komponente des Biosensors umfasst transgene Hefezellen der Art A. adeninivorans. Diese enthalten genomintegriert zwei Rezeptorgen-Kassetten mit TEF1-Promotor–PXR- bzw. RXR–Gen-PHO5-Terminator und eine Reportergen-Kassette mit GAA-ER6-Promotor–Reportergen–PHO5-Terminator. Der TEF1-Promotor sorgt für die konstitutive Expression der beiden Rezeptorgene, was zur Synthese des rekombinanten Pregnan-X-Rezeptors (PXR) und des zur Dimerisierung notwendigen RXR führt. Werden die transgenen Zellen mit nichtopioiden Analgetika, verschiedenen Antiepileptika bzw. Antibiotika inkubiert, transaktivieren diese PXR, der mit RXR dimerisiert als Transkriptionsfaktor wirkt und an die ER6-Region des GAA-ER6-Promoters bindet. Dies hat die Expression des Reportergens (phyK) zur Folge, was zur Synthese und Sezernierung des Reporterproteins (Phytase) führt, dessen Aktivität messtechnisch erfasst werden kann.

Zur Anwendung der gentechnisch veränderten Hefezellen wird im Rahmen des Forschungsvorhabens am IUTA ein Labor der Sicherheitsstufe 1 eingerichtet. Darüber hinaus werden in Labor- und Technikumsversuchen die Ozonisierung zum Abbau ausgewählter östrogen aktiver Substanzen evaluiert sowie Untersuchungen zur Bildung von Transformationsprodukten in realen Kläranlagenabläufen durchgeführt.

Grundlegende Untersuchungen zu Analgetika, Antiepileptika und Antibiotika erfolgen im Forschungsvorhaben „Oxidationsnebenprodukte“. Die dort nicht geplanten Optimierungsexperimente werden im Rahmen dieses Vorhabens durchgeführt. Die Untersuchungen vor und nach Behandlung 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. Die vorhandenen Analysemethoden müssen hierzu für die Anwendung in Kläranlagenabläufen angepasst und insbesondere die Nachweisgrenzen für Östrogene verbessert werden. Hauptaugenmerk des Forschungsvorhabens wird auf einer einfachen und robusten Anwendbarkeit der Biosensoren und der Ozonisierung in Kläranlagenabläufen sowie der Automatisierung des Gesamtprozesses liegen.

In Hinblick auf die EU WRRL werden neue Behandlungsstrategien evaluiert und erstmals eine wirkungsbezogene Steuerung zum Abbau von problematischen Substanzen entwickelt. Durch das Forschungsvorhaben soll die Leistungsfähigkeit der oxidativen Abwasserbehandlung dargestellt und die Weiterentwicklung und der Einsatz dieser Technologie als dritte Säule der Abwasserbehandlung gefördert werden.

Das Forschungsvorhaben 16145 der Forschungsvereinigung VEU 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.

AiF
Ideen eine Zukunft geben

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 Dienstleistungen

Neben der erfolgreichen Akquisition öffentlich geförderter Projekte konnte der Bereich Forschungsanalytik zahlreiche Industrie- und Forschungskooperationen ausbauen und insbesondere die Anzahl der Zytostatika-Messungen im letzten Jahr erheblich steigern. U. a. wurden im Auftrag der Suva (Schweizerische Unfallversicherungsanstalt) in 57 Zytostatika zubereitenden Einrichtungen jeweils fünf Proben auf die Wirkstoffe 5-Fluorouracil, Cyclophosphamid, Ifosfamid, Gemcitabin, Etoposid, Methotrexat, Paclitaxel, Docetaxel sowie cis-Platin, Carboplatin, Oxaliplatin sowie Gesamt-Platin (Multimethode 3) untersucht. Die Auswertung und Veröffentlichung der Ergebnisse, auch im Vergleich zur MEWIP-Studie, erfolgt im Frühjahr 2010.

Für den internationalen Markt wurde im Frühjahr 2009 die englischsprachige Homepage www.pharmamonitor.eu mit Online-Bestellmöglichkeit gestartet. Aufgrund der wachsenden Nachfrage und des immer höheren Aufwandes beim Versand der PharmaMonitor Zytostatika-Wischprobenahme-Sets wurden Vertrieb und Marketing inkl. Online-Bestellannahme über die PharmaMonitor-Internetseiten ab dem 01.12.2009 von der Fa. Berner International GmbH in Elmshorn übernommen, Bild 4-68.

Bild 4-68: Berner PharmaMonitor Zytostatika Wischprobenahme-Set

Die Analytik erfolgt ebenso wie die direkte Bearbeitung von Sonderanalysen, Urinproben (Zytostatika-Biomonitoring) sowie wis-

senschaftlichen Studien weiterhin durch IUTA.

Die 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 genutzt. Darüber hinaus werden Screening-Messungen mittels HPLC-UV, LC-MS/MS, LC-MSn sowie GC-MS angeboten. Zusammen mit universitären Kooperationspartnern sind auch hochauflösende Messungen zur Substanzidentifizierung möglich.

Für F&E-Projekte werden Methodenentwicklung und Spezialanalytik sowohl für interne als auch externe Auftraggeber angeboten.

Ansprechpartner:

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

4.10 Entsorgungszentrum

4.10.1 Zerlegebetrieb

Als praktische Ergänzung der Forschungs- und Enwicklungstätigkeiten im Bereich des Elektronikschrottrecyclings betreibt IUTA einen nach 4. BImSchV genehmigten und nach EfbV zertifizierten Entsorgungsfachbetrieb, der sich auf die fachgerechte Behandlung von Elektro(nik)-Massengütern spezialisiert hat.

Das Entsorgungszentrum verfügt über eine 1.500 qm große Entsorgungsfläche. Für Forschungstätigkeiten im Bereich Demontage, Feinzerlegung und Aufbereitung von Elektronikschrott stehen zurzeit 30 Arbeitsplätze zur Verfügung. So können bis zu 4 Tonnen Elektro- und Elektronikgeräte pro Tag behandelt werden. Bild 4-69 zeigt einen Blick in die Zerlegehalle.

Bild 4-69: Zerlegehalle

Der Zerlegebetrieb bietet die Möglichkeit für Umweltqualifizierungsmaßnahmen, so dass in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft Duisburg auch nach dem Wegfall von AB-Maßnahmen Mitte 2009 Qualifizierungs- und Ausbildungsmaßnahmen im Rahmen einer neu definierten Tätigkeit, der Gemeinwohlarbeit (Arbeitsgelegenheiten gem. § 16d SGB II), insbesondere für körperlich beeinträchtigte Personen, durchgeführt werden können. In diesem Zusammenhang sind zurzeit 30 Personen als Recyclinghelfer tätig. Die für diesen Arbeitsbereich erforderlichen Qualifizierungen werden im Rahmen intensiver Schulungen zu den verschiedenen Tätigkeits- und Themenbereichen erworben. Innerhalb der Gabelstaplerausbildung gelang es 15 Personen, den Gabelstaplerführerschein (FFZ) zu erwerben, um so berufliche Wiedereinstiegsmöglichkeiten zu verbessern (Bild 4-70).

Bild 4-70: Staplerausbildung

Die Qualifizierungs- und Ausbildungsmaßnahmen werden in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft Duisburg durchgeführt.

Ansprechpartner:

Hans-Jürgen Prause
+49 (0) 2065 418 156
prause@iuta.de

Ausbildungsplatz Fachkraft für Kreislauf- und Abfallwirtschaft

Die Aktivitäten in den Bereichen des Elektroschrottrecyclings haben dazu geführt, dass die Schaffung eines Ausbildungsplatzes für eine Fachkraft für Kreislauf- und Abfallwirtschaft eine sinnvolle Ergänzung zum bereits vorhandenen Team darstellt. Daher hat IUTA ab dem 01.09.2009 offiziell einen Ausbildungsplatz in diesem Fachbereich besetzt.

Werkstattjahr

Wie bereits in den vorangegangenen Jahren ist IUTA Bildungsträger im Programm Werkstattjahr NRW, das von den Mitteln des Europäischen Sozialfonds (ESF) und des Landes Nordrhein-Westfalen finanziert wird. Im Schuljahr 2008/09 sind 17 Jugendliche in Zusammenarbeit mit dem Berufskolleg Dinslaken und dem Willy-Brandt-Kolleg Duisburg betreut und mit den Lerninhalten des Ausbildungsberufes „Fachkraft für Kreislauf- und Abfallwirtschaft“ vertraut gemacht worden. Dieses Engagement wird auch im Schuljahr 2009/10 fortgesetzt. Die Teilnehmer des Werkstattjahres erleben im Zerlegefachbetrieb den beruflichen Alltag und erlernen die fachgerechte Demontage unterschiedlicher Elektro- und Elektronikgeräte und die sachgerechte Fraktionierung der anfallenden Wertstoffe. Zudem werden die Teilnehmer in den theoretischen Grundlagen in eigens für die Jugendlichen aufgearbeiteten Unterrichtseinheiten geschult.

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 65 418 259
b. schiemann@iuta.de

4.10.2 Girls Day / Klick Dich ein

Wie bereits in den vorangegangenen Jahren hat IUTA auch in diesem Jahr jungen Menschen die Möglichkeit gegeben, in die Berufswelt der Techniker und Ingenieure zu schnuppern. Am 23.04.2009 fand der neunte Girls’Day für neugierige Mädchen statt. Als Gastgeber war IUTA damit eine von 31 Institutionen und Unternehmungen in Duisburg. Von den 800 interessierten Duisburger Schülerinnen haben 31 den Weg zum „Praxisorientierten Workshop“ im IUTA gefunden. Die Realschule Hamborn II war mit elf und das Franz-Haniel-Gymnasium war mit 20 Schülerinnen vertreten.

Die vom Duisburger Zentrum Frauen – Beruf – Wirtschaft organisierte Veranstaltung „klick dich ein“ am 24.09.2009 richtete sich zum zehnten Mal an alle Duisburger Jugendlichen. Um deren Berufswahl zu unterstützen, hatten diese die Gelegenheit, insbesondere die naturwissenschaftlichen Berufe im IUTA kennen zu lernen. Zehn Schüler und Schülerinnen des Reinhard-und-Max-Mannesmann-Gymnasiums und neun der Realschule Süd nahmen dieses Angebot wahr.

Am 06.10.2009 besuchten 15 Mädchen der Erich-Kästner-Gesamtschule und am 07.10.2009 besuchten 16 Mädchen der Lise-Meitner-Gesamtschule im Rahmen eines speziellen Mädchenworkshops das Institut. Traditionell wurden von den Schülerinnen und Schülern an diesen Tagen praktische Erfahrungen in verschiedenen technischen und naturwissenschaftlichen Berufen gesammelt. Nach einer theoretischen Einführung über die berufliche Struktur der Belegschaft und den entsprechenden Werdegängen, begann der praktische Teil des Workshops.

Im Technikum konnten die Schülerinnen die Arbeit in einer mechanischen Werkstatt kennen lernen. An einer Drehbank fertigten die Mädchen Werkstücke an, die im Anschluss

mittels Schweißen zusammen gefügt wurden. Insbesondere die umfangreichen Sicherheitsausrüstungen beeindruckten die Teilnehmer.

Im Lehrlabor bekamen die Mädchen und Jungen Einblicke in die praktische Ausbildung von Chemieberufen, indem verschiedene chemische Nachweisreaktionen vorgestellt und im Anschluss durch die Schülerinnen selbst durchführt wurden. Die hierbei u. a. hergestellten Boraxperlen konnten als Souvenir mitgenommen werden.

Wie ein Computer von innen aussieht, konnten die Mädchen und Jungen im Entsorgungszentrum erfahren. Hier durften sie alte PCs fachgerecht demontieren und die Bestandteile kennen lernen und sortieren.

Auch die Funktionsweise einer Thermokamera und deren zum Teil auch amüsante Einsatzgebiete konnte im Entsorgungszentrum anschaulich getestet werden.

Im Filterprüfzentrum haben die Schülerinnen und Schüler Methoden zur Filterprüfung kennen gelernt und die praktische Olfaktometrie erfahren.

Insgesamt waren die jungen Menschen stets mit Freude und Interesse bei der Sache und gaben durchweg ein positives Feedback.

Ansprechpartner:

Bettina Schiemann
+49 (0) 20 65 418 158
b.schiemann@iuta.de

4.10.3 Begutachtung von Kühlgeräteentsorgungsanlagen

IUTA betreut und berät bereits seit 20 Jahren Unternehmen aus der Kühlgeräteentsorgung. Bild 4-71 zeigt angelieferte Kühlgeräte vor der Entsorgung.

Bild 4-71: Kühlgeräte zur Entsorgung

Neben ganzheitlichen Begutachtungen und Beurteilungen der Kühlgerätebehandlungsanlagen führt IUTA als derzeit einziges behördlich zugelassenes Unternehmen auch Überprüfungen im Sinne der TA Luft gemäß Ziffer 5.4.8.10.3 / 5.4.8.11.3 durch. Für die Untersuchungen verfügt das Institut über eine umfangreiche Labor- und Technikumausstattung wie zum Beispiel alle relevanten mobilen quantitativ arbeitenden FCKW- und Pentan-Messgeräte sowie geeignete Lecksuchgeräte (Bild 4-72).

Bild 4-72: Dichtigkeitsprüfung

Bereits das erste konkrete Regelwerk zur Beurteilung der Entsorgungsqualität, der UBA Leitfaden, wurde durch IUTA 1995 initiiert.

Die Prüfungen der aktuellen TA Luft Ziffer 5.4.8.10.3 / 5.4.8.11.3, die mittelfristig die Tests gemäß UBA-Leitfadens ersetzen sollen, wurden 2008/09 durch eine Vollzugshilfe

konkretisiert. Die Bund/Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz hat den Ausschuss Luftqualität/Wirkungsfragen/Verkehr, der auch für das Messwesen zuständig ist, beauftragt, Vollzugshinweise zu erarbeiten, um einen effektiven und einheitlichen Vollzug des Kühlgeräte-Recyclings zu gewährleisten. An der Erarbeitung der in der Vollzugshilfe definierten Vorgehensweise bei der Überprüfung der Entsorgungsanlagen hat IUTA maßgeblich mitgewirkt.

Diese Vollzugshilfe gibt pragmatische Verfahrenshinweise für die Überwachung aus Sicht der Behörden und der Betreiber und legt den Umfang der entsprechenden Maßnahmen fest. Weiterhin werden die speziellen Anforderungen für die Untersuchungen an diesen Anlagen für die nach §26 BImSchG notifizierten Stellen formuliert sowie der Umfang der jährlichen durchzuführenden Untersuchungen beschrieben. Im Mai 2009 ist die Vollzugshilfe zur Entsorgung von Kühlgeräten oder Kühleinrichtungen offiziell vorgestellt worden.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Jochen Schiemann
+49 (0) 2065 418 259
j.schiemann@iuta.de

Dipl.-Ing. FH Elisabeth Walter
+49 (0) 2065 418 151
walter@iuta.de

4.10.4 Metallurgische Rückgewinnung von Indium, Gallium und Germanium aus Elektronikschrott und Entwicklung von Aufarbeitungsmethoden für die Verwertungsindustrie

Die seltenen Elemente Indium, Gallium und Germanium finden Anwendung in der Elektro- und Elektronikgeräteindustrie, Photovoltaik und Optoelektronik. Beim derzeitigen Verbrauch der Elemente werden in den kommenden zehn Jahren die natürlichen Ressourcen versiegen. Ein adäquater Ersatz für diese Elemente existiert nicht. Im Hinblick auf das Wachstum der o.g. Branchen wird die Wirtschaft mittelfristig zu einem nachhaltigen Umgang mit den verfügbaren Ressourcen gezwungen.

Derzeit unterliegt die Fraktion der LCD-Displays keiner gezielten Verwertung. Es ist davon auszugehen, dass ohne eine gerichtete Verwertung sich die enthaltenen seltenen Erden stark verdünnt auf verschiedene Reststoff-Fraktionen verteilen und das Wertstoffpotential verloren geht.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, Verfahren zur Rückgewinnung der seltenen Elemente aus diesem E-Schrott zu entwickeln. Dies umfasst einerseits Verfahren zur Gewinnung von angereicherten Fraktionen aus der manuellen und/oder mechanischen Aufbereitung, wobei die entwickelten Verfahren auf die bestehenden Stoffströme bei der Demontage und der mechanischen Aufbereitung von Elektronikschrott eingehen werden, Bild 4-73. Anderseits wird die Weiterverarbeitung der Materialien in etablierten Verfahren vor allem der Kupfer- Blei- und Zink-Metallurgie untersucht. Die Eignung der Materialien für eine Mitverarbeitung in den einzelnen Prozessen wird mit den Hüttenprozessen nachgestellten Modellverfahren geprüft.

Das Vorhaben wird im Rahmen einer Kooperation zwischen dem Forschungsinstitut für

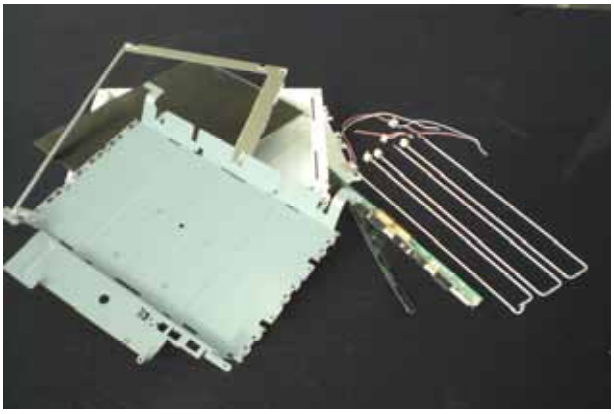


Bild 4-73: Anfallende Fraktionen bei der LCD-Demontage

Edelmetalle und Metallchemie (FEM) und dem Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V. (IUTA) durchgeführt. Die Partner bringen jeweils spezifische Kompetenzen auf dem Gebiet der NE-Metallurgie und –Analytik (FEM) sowie der Recyclingverfahren (IUTA) ein.

Das Forschungsvorhaben 16040 N der Forschungsvereinigung VEU 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 Bundestags gefördert.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Jochen Schiemann
+49 (0) 20 65 418 259
j.schiemann@iuta.de

Dipl.-Ing. FH Elisabeth Walter
+49 (0) 2065 418 151
walter@iuta.de

4.10.5 Entwicklung einer Demontagewerkbank für die gefahrminimierte Sekundärrohstoffgewinnung aus der Zerlegung von LCD-Bildschirmgeräten

Der Markt der Elektro- und Elektronikgeräte unterliegt einem ständigen Wandel. Im Bereich der Computermonitor- und Fernsehgeräte ist die CRT- (cathode ray tube) stark durch die LCD-Technologie (liquid crystal display) verdrängt worden. Vor dem Hintergrund steigender Absatzzahlen der neuen Gerätegeneration und entsprechend anfallender Mengen an Rücklaufgeräten zur Entsorgung wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens eine Demontagewerkbank für LCD- Bildschirmgeräte entwickelt.

Die entsprechende Verwertung der hier im Fokus stehenden Geräte erfolgt überwiegend durch kleine und mittlere Entsorgungsunternehmen, für die zahlreiche ungeklärte Fragestellungen bezüglich der Entsorgungspraxis bestehen. Besonders das in den Röhren der Hintergrundbeleuchtung enthaltende Quecksilber stellt die Entsorger in Bezug auf eine umweltgerechte Handhabung vor enorme Herausforderungen. Erste Unsicherheiten bestehen bereits bei der Sammlung und der Übergabe der Geräte. Die Praxis zeigt, dass zu entsorgende LCD-Fernsehgeräte und Monitore häufig gezielt beschädigt werden, um das Wiedereinbringen in den Wirtschaftskreislauf zu verhindern.

Bei dieser unsachgemäßen Behandlung werden die Röhren der Hintergrundbeleuchtung zerstört. Das enthaltene Quecksilber emittiert dabei in die Umgebung. Quecksilber ist gesundheitsschädlich und umweltgefährdend. Quecksilberdämpfe entstehen bereits bei Raumtemperatur in gefährlicher Konzentration und Menge. Der MAK-Wert liegt bei 0,1 mg/m³. Vor diesem Hintergrund ist die beschriebene Behandlungspraxis unzulässig.

Eine automatisierte Demontage von heterogenen Monitor- und Fernseher-Mengenströmen ist aufgrund der in den Geräten enthaltenen, leicht zerbrechlichen quecksilberhaltigen Beleuchtungsröhren nicht möglich. Ohne geeignete Sicherheitsausrüstungen und funktional angepasste Demontagestrategien, bzw. Handlungsanweisungen ist auch eine manuelle Separierung der Displays nicht bzw. nur unter erschwerten Bedingungen möglich.

Ausgehend von der geschilderten Problematik wurde innerhalb des Forschungsvorhabens ein besonderes Augenmerk auf die zerstörungsfreie Entnahme der quecksilberhaltigen Hintergrundbeleuchtung gelegt. Bei der Entwicklung der Werkbank stand insbe-

sondere der umweltneutrale Umgang mit den, bei der Demontage möglicherweise freigesetzten, Quecksilberdämpfen im Vordergrund, siehe Bild 4-74.

Die Messreihen zeigten, dass bei Bruch der Beleuchtungsröhren sowohl der zulässige MAK-Wert überschritten wird, als auch, dass Quecksilber kontinuierlich über einen längeren Zeitraum freigesetzt wird. Die Arbeiten konzentrierten sich daher auf die Entwicklung einer adäquaten Absaugeinrichtung so wie auf die Entwicklung einer Quecksilbersenke, die mit schwankenden unvorhersehbaren gasförmigen Quecksilber-Konzentrationen belastet wird und das Quecksilber adsorbieren kann. Für den sicheren Einsatz im Betrieb sollte ein optisches Signal in das Filtermedium integriert werden, so dass die Notwendigkeit das Filtermedium zu erneuern, plakativ sichtbar wird.

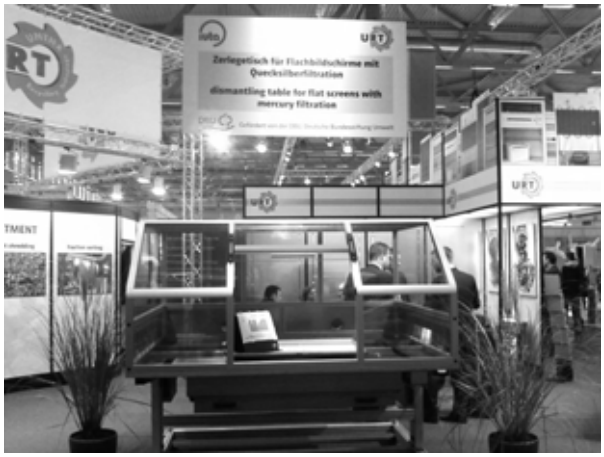


Bild 4-74: Prototyp der Demontagebank auf der Entsorga 2009

Das beschriebene Forschungsvorhaben wurde im Rahmen einer Kooperation zwischen der Untha Recyclingtechnik GmbH (UNTHA) und dem Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V. (IUTA) durchgeführt.

Das Projekt wird gefördert durch:

DBU

Ansprechpartner:

Hans-Jürgen Prause
+49 (0) 2065 418 156
prause@iuta.de

Dipl.-Ing. FH Elisabeth Walter
+49 (0) 2065 418 151
walter@iuta.de

4.10.6 Wissenschaftliche Begleitung der Inbetriebnahme von Anlagen zur thermischen und mechanischen Meerwasserentsalzung

Seit der Gründung von Ce-Des (Center for Desalination Research and Capacity Building) im Jahr 2005 werden die wesentlichen organisatorischen und wissenschaftlichen Aufgaben, wie die verfahrenstechnische Begleitung beim Aufbau eines Technikums und Inbetriebnahme der Forschungsanlagen zur Meerwasserentsalzung von IUTA ausgeführt. Diese Anlagen sind Teil eines vom BMBF geförderten Projektes, innerhalb dessen von 2007 bis 2009 der Aufbau eines Technikums zur Forschung und Entwicklung im Bereich der Entsalzungstechnologien realisiert wurde. Seit Mitte dieses Jahres führt IUTA das operative Geschäft von Ce-Des weiter.

Bild 4-75: Mehreffektverdampfer-Anlage

Im Sommer 2009 wurde die Mehreffektverdampfer-Anlage (MED) zur thermischen Meerwasserentsalzung der Firma Serck Como in Betrieb genommen (siehe Bild 4-75). Die MED, die auf eine maximale Destillatproduktion von 30 m³/d ausgelegt wurde, besitzt 4 Stufen (Effekte) und ist mit einer thermischen Brüdenkompression (TVC) ausgestattet. Mit diesem Größenmaßstab geht die Anlage weit über den Labormaßstab hinaus und befindet sich am oberen Ende des Technikummaßstabes.

Neben der MED wurden drei Membrananlagen in Betrieb genommen. Die Aufgaben von IUTA erstreckten sich hauptsächlich auf die Begleitung und Überwachung der Inbetriebnahme, die Erfassung erster Messdaten und die Optimierung der Funktionsweise einzelner Baugruppen. Die Anlagen bedienen sich des Prinzips der Umkehrosmose (RO) und sind für unterschiedliche Druckbereiche konstruiert worden. Damit decken sie einen breiten Anwendungsbereich ab, der über die reine Meerwasserentsalzung hinaus geht. Eine Übersicht über die Kenndaten der Anlagen gibt Tabelle 4-6.

Die Anlagen im niedrigen Druckbereich (bis 40 bar), können für die Entsalzung von Grundwasser, Brackwasser oder als zusätzliche Stufe hinter der Hochdruck-Umkehrosmose geschaltet werden. Die Hochdruck-RO kann mit einem Betriebsdruck bis zu 80 bar zur Entsalzung von Meerwasser und für verschiedene Prozesswasser eingesetzt werden.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Jochen Schiemann
+49 (0) 20 65 418 259
j.schiemann@iuta.de

Dipl.-Ing. Franziska Blauth
+49 (0) 2065 418 217
blauth@iuta.de

Tabelle 4-6:Kenndaten der Membrananlagen

Kenndaten	Niederdruck-Umkehrosmose/ Nanofiltration	Mitteldruck-Umkehrosmose	Hochdruck-Umkehrosmose
max. Betriebsdruck	17 bar	40 bar	82 bar
max. Fördermenge Pumpe	3 m³/h	8 m³/h	15 m³/h
Druckrohre	zwei Druckrohre von Phönix für 4" Spiralwickelelemente senkrecht angeordnet	zwei Druckrohre von Toray für 4" Spiralwickelelemente waagerecht angeordnet	zwei Druckrohre von Toray für je drei 8" Spiralwickelelemente
Membranelemente	4" NF-Element Typ PV 4040-1Phoenix	4"-Brackwasserelement Typ SU-710 R Toray	8"-Meerwasserelement TYP TM820A-400 Toray
max. Permeatfördermenge pro Membranelement	6 m³/d	4,75 m³/d	22,7 m³/d
max. Pemeatproduktion Anlage	0,5 m³/h	0,4 m³/h	5,6 m³/h
Anwendungsbeispiele	Brackwasser, Grundwasser, als 2. Stufe nach der Hochdruck-RO	Brackwasser, Grundwasser, Prozesswasser	Meerwasser, Brackwasser, Prozesswasser
Besonderheiten	Frequenzsteuerung der Pumpen, SPS, Touch-Screen-LCD	Frequenzsteuerung der Pumpen, SPS, Touch-Screen-LCD	Energierück-gewinnungssystem mit Druckwechsler, SPS, Touch-Screen-LCD

5 Anhang

5.1 Vorträge 2009

Asbach, C., Kaminski, H., Stahlmecke, B., Fissan, H., Monz, C., Dahmann, D., Kuhlbusch, T.A.J.:
Intercomparability study of electrical mobility particle sizers with NaCl and Diesel soot
NanoCare Abschusskonferenz, Berlin, 16. - 17. 06. 2009

Asbach, C.:
Comparability of online aerosol measurements SMPS – FMPS – UFP Monitor – NSAM
TSI Seminar, Copenhagen, 30. 06. 2009

Asbach, C.:
Exposition gegenüber Nanopartikeln: Teilaspekt einer nachhaltigen Nanotechnolgie
NanoCare Abschlussveranstaltung, Berlin, 16. - 17. 06. 2009

Asbach, C.; Fissan, H.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Mögliche Projektthemen
Processnet-Partikelmesstechnik, Frankfurt, 03. 07. 2009

Asbach, C.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Exposure Measurements – Examples
Catholic University of the Sacred Heart, Rom, 30. 06. 2009

Asbach, C.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Measurement Technology for Exposure Assessment
Catholic University of the Sacred Heart, Rom, 30. 06. 2009

Asbach, C.; Qi, C.; Shin, W.G.; Pui, D.Y.H.; Fissan, H.:
The effect of particle pre-existing charge on unipolar charging and ist implication on electrical aerosol measurements
EAC 2009, Karlsruhe, 07. 09. 2009

Azong-Wara, N.; Asbach, C.; Stahlmecke, B.; Fissan, H.; Kaminski, H.; Plitzko, S.; Kuhlbusch, T.A.J.:
A new personal thermophoretic sampler with simplified analysis routines for nanoparticle exposure studies
EAC 2009, Karlsruhe, 07. 09. 2009

Azong-Wara, N.; Fissan, H.; Asbach, C.; Kuhlbusch, T.A.J.; Plitzko, S.:
Personengetragenes Partikelsammelgerät zur Überwachung der Nanopartikel-Exposition
Jahrestreffen des Fachausschusses Partikelmesstechnik des Processnet, Frankfurt, 30.03.2009

Bathen, D.:
Quo vadis adsorption technology – an overview about future trends
21. Deutsche Zeolith-Tagung, Kiel, 05. 03. 2009

Bathen, D.:
Industrial Adsorption Processes, Course „Adsorptive Processes“
Technische Universität Eindhoven, Eindhoven (NL), 11. 05. 2009

Berry, A.:
Innovativer Dampf-Reformer für PEM-Brennstoffzellen
ProcessNet Jahrestagung Mannheim, 08. - 10. 09. 2009

Berry, A.:
Metallschaumbasierter Reformierkatalysator zur Erzeugung eines wasserstoffreichen Brenngases zum Einsatz in Brennstoffzellen-Heizgeräten“
16. Innovationstag Mittelstand des BMWi 2009, Berlin, 01. 07. 2009

Billenkamp, E.; Luh, V.; Türk, J.:
Elimination von Arzneimitteln im Abwasser
INDUSTRIETAGE – WASSERTECHNIK, Management und Behandlung industrieller Prozess- und Abwässer, Fulda, 30. 11. - 01. 12. 2009

Bittig, M.:
Einfluss unterschiedlicher Liganden auf die Abscheidung von Quecksilber im Abgaswäscher
VDI Wissensforum „Messung und Minderung von Quecksilberemissionen, Düsseldorf, 06. / 07. Mai 2009

Bittig, M.; Haep, S.; Bathen, D.:
The mechanism of mercury removal in wet FGD
VGB Workshop "Flue Gas Cleaning 2009", Rom, 16. / 17. Juni 2009

Brosig, G.; Bittig, M.; Lindermann, J.; Haep, S.; Luckas, M.; Schmidt, K. G.:
HCl-Aerosols in industrial gas cleaning processes
European Aerosol Conference 09, Karlsruhe, 07. September 2009

Egenolf, B.; Erich, E.; Grüning, F.; Mrotzek, A.; Deerberg, G.:
Kombinierte Verwertung von Altbeizsäuren und Composite-Verpackungen zur Gewinnung von Kupferzementat
ProcessNet-Jahrestagung, Mannheim, 8. – 10. September 2009
FILTECH , Wiesbaden, 14. Oktober 2009

Finger, H.; Haep, S.:
Odour reduction by means of innovative textiles
Avantex Symposia 2009, Frankfurt am Main, 17. Juni 2009

Finger, H.; Schmidt, F.; Haep, S.; Bathen, D.:
Adsorption von Körpergerüchen mittels beschichteter Textilien
ProcessNet, Frankfurt a. M., 30. 03. 2009

Finger, H.; Schmidt, F.; Haep, S.; Bathen, D.:
Odour reduction by means of textiles - Innovative coatings
Filtech 2009, Wiesbaden, 14. Oktober 2009

Fissan, H.,;Asbach, C.; Kaminski, H.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Messtechnik für Produktnanopartikel in der Umwelt Anforderungen und Stand der Technik
PTB-Seminar Nanopartikel-Charakterisierung, Braunschweig, 18. / 19. 05. 2009

Fissan, H.:
Advanced Instrumentation for Nanoparticle Exposure and Dose Determination for Risk Assessment
LM Fingerson/TSI Inc Distinguished Lecture Series, Minneapolis, 21. 10. 2009

Fissan, H.; Asbach, C.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Esposure to Nanoparticles
GAeF-Workshop, Karlsruhe, 05. 09. 2009

Fissan, H.; Asbach, C.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Particle Surface Area Concentration Measurement for Smoke Characterization
AUBE 2009, Duisburg, 08. 09. 2009

Fissan, H.; Asbach, C.; Kuhlbusch, T.A.J.; Wang, J.; Pui, D.Y.H.; Yook, J.K.:
Nanoparticle Contamination Control for EUVL Technology – Especially for Photomasks in Carriers and Scanners
Microtechnologies for the New Millennium, Dresden, 03. - 06. 05. 2009

Fissan, H.; Asbach, C.; Stahlmecke, B.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Determination of CNT-Emission and Exposure in Air during Nanocompound Manufacturing and Handling
CNTComp 2009, Hamburg, 20. -23. 09. 2009

Fissan, H.; Asbach, C.; Stahlmecke, B.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Risikoabschätzung für die Freisetzung von Nanopartikeln
Compoundieren, Institut für Kunststoffverarbeitung, Aachen, 27. - 28. 04. 2009

Fissan, H.; Bruch, J.:
Auswirkung der Nutzung von Nanomaterialien auf den Menschen
2. NRW Nanokonferenz 2009, Dortmund, 22 .- 23. 06. 2009

Fissan, H.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Auf dem Wege zur ökologischen Nachhaltigkeit von Nanoprodukten
GHUP Jahrestagung, Stuttgart, 08. 10. 2009

Gräf, T.; Bathen, D.:
Removal of phenolic compounds from organic solvents by adsorption
21. Deutsche Zeolith-Tagung, Kiel, 04. 03. 2009
ACHEMA Frankfurt, 16. 05. 2009

Haep, S.:
Anforderungen an / Herausforderungen für die Partikelmesstechnik im Rahmen von Filterprüfungen
23. Palas Symposium, Karlsruhe, 13. September 2009

Haep, S.; Finger, H.; Schmidt, F.; Bathen, D.:
Adsorption von Körpergerüchen mittels beschichteter Textilien
Process-Net Fachausschuss Gasreinigung, Frankfurt am Main, 30. März 2009

Haep, S.; Kaminski, H.; Asbach, C.; Stahlmecke, B.; Finger, H.; Fissan, H.:
Comparison of differently generated soots used for filter testing
Filtech 2009, Wiesbaden, 14. Oktober 2009

Haep, S.; van der Zwaag, T.; Reuter-Hack, K.; Kruis, E., Asbach, C.:
Einsatz von CFD bei der Simulation der Partikelbildung und Abscheidung in Hochtemperaturprozessen
Process-Net Fachausschuss Hochtemperaturtechnik, Hamburg, 12. März 2009

Hellack, B.; Quass, U.; Wick, G.; Albrecht, C.; Schins, R.P.F.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Analysis of ROS generated by PM_{10} sampled at a rural and urban location in North Rhine Westfalia
EAC 2009, Karlsruhe, 07. 09. 2009

Huelser, T. P.; Schnurre S. M.; Wiggers, H.; Schulz, C.:
Synthesis of Highly-Specific Nanoparticles from the Gas Phase on the Pilot-Plant Scale
Materials Research Society Fall Meeting 2009, Boston, 30.11. - 04. 12. 2009

Hugo, A.:
Anwendung des Reverse Dispersion Modelling (RDM) bei Gasen, Stäuben und Partikeln
Fachtagung „Diffuse Emissionen“ des VDI, Düsseldorf, 15. / 16. September 2009

Hugo, A.; Beyer, M.; Jarzyna, D.; Kuhlbusch, T.A.J.; Richter, C. J.; Wiegele, A.; Braun, F.J.:
Bestimmung diffuser Feinstaubemissionen aus Kohlekraftwerken
ProcessNet / DECHEMA-Fachtagung, Frankfurt / Main, 31. März 2009

Kaminski, H.; John, A.; Asbach, C.; Wiemann, M.; Bruch, J.; Eisenbeis, C.; Winkler, R.; Gube, M.; Brand, P.; Kraus, T.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Investigation of physico-chemical and toicological properties of particles emitted from different welding processes
AAAR 28th Annual Conference, Minneapolis, 30. 10. 2009

Kiffmeyer, T.; Tuerk, J.; Stuetzer, H.; Hahn, M.; Hadtstein, C.; Heinemann, A.; Eickmann, U.:
Ergebnisse eines deutschlandweiten Umgebungsmonitorings der Zytostatikabelastung in Apotheken (MEWIP-Studie)
34. Wissenschaftlicher ADKA-Kongress Darmstadt, 04 - 07. 06. 2009

Kuhlbusch, T.A.J.:
Der PM-Container - vom Teilchen-Zoo zur Quellenzuordnung
Kompaktkurs Aktuelle Umweltprobleme, Universität Bochum, 09. - 10. 02. 2009

Kuhlbusch, T.A.J.:
NanoCare
TiO2-Treffen des UBA, Berlin, 29. 01. 2009

Kuhlbusch, T.A.J.:
Nanoparticles and Exposure
CASG-Treffen, Rheinfelden, 05. 02. 2009

Kuhlbusch, T.A.J.:
Pollution Metrics - Are new metrics needed?
CONCAWE Workshop, Brüssel, 19. -20. 01. 2009

Kuhlbusch, T.A.J.:
Aerosol exposure and health effects: Do we know the basis?
EAC 2009, Karlsruhe, 07. 09. 2009

Kuhlbusch, T.A.J.:
Charakterisierung von Feinstaub zur Beurteilung von Quellen und Exposition
GDCh-Wissenschaftsforum Symposium "Feinstaub - Prozesse und Wirkungen", Frankfurt, 31. 08. 2009

Kuhlbusch, T.A.J.:
Die Eckpunkte von NanoCare
NanoCare Abschlussveranstaltung, Berlin, 16. - 17. 06. 2009

Kuhlbusch, T.A.J.:
Die neue EU-Luftqualitätsrichtlinie und ihre Anforderungen an die Standardisierung
KRdL-Förderkreissitzung, Karlsruhe, 30. 09. 2009

Kuhlbusch, T.A.J.:
NanoCare
NanoTox-Cluster, Namur, Belgien, 28. - 29. 04. 2009

Kuhlbusch, T.A.J.:
Schlaglichter des NanoCare-Projektes
NanoCare Abschlussveranstaltung, Berlin, 16. - 17. 06. 2009

Kuhlbusch, T.A.J.:
Sichere Nanotechnologie: Nationale und Internationale Maßnahmen – Forschungsprojekte
2. NRW Nanokonferenz 2009, Dortmund, 22. - 23. 06. 2009

Kuhlbusch, T.A.J.; Asbach, C.:
Introduction - What is Nano? Why is it of interest?
Catholic University of the Sacred Heart, Rom, 30. 06. 2009

Kuhlbusch, T.A.J.; Asbach, C.:
Measurement strategies - What is the purpose? How can it be differentiated from UFP?
Catholic University of the Sacred Heart, Rom, 30. 06. 2009

Kuhlbusch, T.A.J.; Petzold, A.; Hitzenberger, R.:
EC/OC Workshop: Background and Introduction to Measurement Techniques
Ispra, Italien, 10. - 11. 02. 2009

Kuhlbusch, T.A.J.; Schnekenburger, J.; Ma-Hock, L.; Krug, H.; Nau, K.:
Ergebnisse aus NanoCare zu Materialeigenschaften und toxikologischen Effekten
Nanotox 2009, Leipzig, 18. - 19. 03. 2009

Makhynya, Y.; Peil, S.; Bathen, D.:
Innovativer Dampf-Reformer für PEM-Brennstoffzellen
ProcessNet Jahrestagung, Mannheim, 08 – 10. September 2009

Anger, S.; Stelzner, B.; Makhynya, Y.; Peil, S.; Trimis, D.:
Development of a porous burner unit for glycerine utilization from biodiesel production by supercritical water reforming
HYSYDAYS – 3rd World Congress of young scientists on hydrogen energy systems, Turin (Italien), 7. - 9. 10. 2009

Makhynya, Y.; Peil, S.; Bathen, D.:
Überkritische Reformierung von flüssigen Energieträgern zu Synthesegas, 15. International Tagung „Energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe“
TU Bergakademie Freiberg, 11. 09. 2009

Makhynya, Y.; Peil, S.; Bathen, D.:
Überkritische Reformierung von Energieträgern zu Synthesegas
15. Internationale Tagung “Energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe”, Freiberg, 11.-11. 09. 2009

Nickel, C.; Asbach, C.; Kaminski, H.; Kuhlbusch, T.A.J.:
New metric for particulate pollutants?
EFCA International Symposium "Ultrafine Particles - Sources, Effects, Risks, and Mitigation Strategies, Brüssel, Belgium, 19. - 20. 05. 2009

Nickel, C.; Weber, St.; Kaminski, H.; Pfeffer, U.; Bruckmann, P.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Spatial and temporal variability of ultrafine particles within an urban agglomeration, the Ruhr-Area, Germany
EAC 2009, Karlsruhe, 07. 09. 2009

Opiolka, S.; Bankodad, A.; Haep, S.; Abele; Mölter, L.:
Flourescent test particles for the determination of protection factor of safety work benches
European Aerosol Conference 09, Karlsruhe, 08. September 2009

Peil, S.; Makhynya, Y.; Bathen, D.:
Überkritische Reformierung von flüssigen Energieträgern
1. Fachtagung „Fortschritte der Gasprozesstechnik für die Wasserstofferzeugung in Brennstoffzellenanwendungen“
Zentrum für BrennstoffzellenTechnik gGmbH, Duisburg, 8 .- 9. 12. 2009

Pisani, F.; Kuhlbusch, T.A.J.; Kaminski, H.; Hänninen, O.; Jöckel, K.-H.; Hoffmann, B.:
Personal exposure to UFP in distinct microenvironments
54. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie e. V. (GMDS), Essen, 07. - 10. 09. 2009

Portner, C.; Plegge, V.; Toepfer, I., Butte, W.:
Möglichkeiten von LC-MS/MS und LC-MSn zur Untersuchung von Mykotoxinen im Hausstaub auch ohne Referenzsubstanzen
ANAKON Berlin, 18. 03. 2009

Portner, C.; Plegge, V.; Toepfer, I.; Kiffmeyer, T.; Butte, W.:
Opportunities and drawbacks of LC-MS for investigation of mycotoxins in house dust with and without reference substances
31. Mykotoxin Workshop, Münster, 2009

Quass, U.; Beuck, H.; Pfeffer, U.; Bruckmann, P.; Kuhlbusch, T.A.J.:
PM_{10} und natürliche Feinstaubquellen - Bestimmung in der Routine
KRdL-Expertenforum, Bonn, 07. 10. 2009

Quass, U.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Bestimmung natürlicher Feinstaubquellen
MTK 2009, Goslar, 18. - 20. 05. 2009

Quass, U.; Schmidt, K.-G.; John, A.; Beyer, M.; Hugo, A.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Airborne Particles: From sources to exposure
Achema 2009, Frankfurt, 11. 05. 2009

Quass, U.; Sperber, O.; Romazanowa, O.; Luther, F.; Caspari, A.; Beyer, M.; Pfeffer, U.; Zang, T.; Bruckmann, P.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Approaches to determine the contribution of natural sources to PM_{10} concentrations in North-West Germany
EAC 2009, Karlsruhe, 07. 09. 2009

Richter, C.-J.; Braun, F.J.; Höfl, H.-C.; Enderle, K.-H.; Wiegele, A.; Beyer, M.; Hugo, A.; Jarzyna, D.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Ableitung von Emissionsfaktoren für Staub aus offenen Kohlelagern von Steinkohle und Braunkohlekraftwerken
VDI-Tagung "Diffuse Emissionen", Düsseldorf, 15. - 16. 09. 2009

Schiemann, J.:
Aufgaben der Sachverständigen bei der Entsorgung von Kühlgeräten gemäß TA Luft Nr. 5.4.8.10.3 / 11.3
Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL
Forum Emissionsüberwachung: Entsorgung von Kühlgeräten gemäß 5.4.8.10.3/11.3 der TA Luft , 07. 05. 2009

Schiemann, J.:
Aufgaben der Sachverständigen bei der Entsorgung von Kühlgeräten gemäß TA Luft Nr. 5.4.8.10.3 / 11.3
QVKE Jahresversammlung, Holland, 18. 06. 2009

Schiemann, J.:
Anpassung der Verwertungstechnologien an den Produktwandel
Dechema Kolloquium „Elektro-Altgeräte-Recycling: Welche Rolle spielen Ressourcen, Umweltschutz, Technik und Globalisierung“, Frankfurt, 05. 02. 2009

Schmid, K.; Ferraris, G.; Kuhlbusch, T.; Monn, Ch.; Riediker, M.:
Nanoparticles liberated from agglomerates by vacuum cleaner
NanoImpactNet Conference, Lausanne, Schweiz, 23. - 27. 03. 2009

Schulz, C.:
Laser diagnostics in the gas-phase synthesis of nanoparticles (invited keynote lecture)
Gordon Research Conference “Laser Diagnostics in Combustion”, Waterville Valley, NH 16 - 21. 08. 2009

Stahlmecke, B.; Asbach, C.; Bathen, D.; Fissan, H.; T. Kuhlbusch, T.:
Measurement of airborn nanoparticles at workplaces and in the environment
ACHEMA, Frankfurt/M., 11. 05. 2009

Stanley, N.; Kuehn, T.H.; Pui, D.Y.H.; Asbach, C.; Fissan, H.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Experimental and Numerical Simulation of the Fate of Airborne Nanoparticles from a Leak in an Manufacturing Process to Assess Worker Exposure
NSF/EPA-Meeting, Las Vegas, 9. - 10. 11. 2009

Toepfer, I.; Plegge, V.; Kiffmeyer, T.; Butte, W.:
Schimmelpilze im Hausstaub
2. Deutsches Forum Innenraumhygiene, Essen 17. / 18. Februar 2009

Tuerk, J.:
Auftreten und Beseitigung von Zytostatika-Kontaminationen auf Flächen und Textilien
IUTA - Fortbildung: Zytostatika im Pflegebereich – Anleitung zum sicherem Umgang Krefeld, 20. 03. 2009 und Dresden 19. 09. 2009

Tuerk, J.:
Auftreten und Beseitigung von Zytostatika-Kontaminationen auf Flächen und Textilien
IUTA - Fortbildung: Zytostatika im Pflegebereich – Anleitung zum sicherem Umgang Krefeld, 20. 03. 2009 und Dresden 19. 09. 2009
IUTA – Fortbildung: Umgang mit Zytostatika - Vermeidung und Verminderung möglicher Kontaminationen, Krefeld, 19. 03. 2009

Tuerk, J.:
Occurrence and elimination of cytostatic drug contaminations in pharmacies
3rd International Oncology Meeting for Pharmacists (IOM)
Salzburg, Österreich, 22. 05. 2009

Tuerk, J.:
Effektive Reinigung und Desinfektion in der Zytostatika - Herstellung
Berner Praxisseminar „Sicherheitstraining für Zytostatika“ Hamburg, 07. 03. 2009, 20. 06. 2009 und 14. 11. 2009

Tuerk, J.; Sayder, B.; Vitz, H.; Kiffmeyer, T.K.; Kabasci, S.:
Assessment of direct treatment processes regarding the removal of pharmaceuticals from waste water
International Conference on Xenobiotics in the Urban Water Cycle – XENOWAC 2009, Cyprus, 11. - 13. 03. 2009

Tuerk, J.; Sayder, B.; Vitz, H.; Kiffmeyer, T.K.; Kabasci, S.:
Eliminierung von Spurenstoffen mittels erweiteter Oxidationsverfahren (AOP)
3. CPW-Wasserseminar für die Getränke- und Lebensmittelindustrie, Waidring (Tirol, Österreich), 24. / 25. 06. 2009

Urbanczyk, R.; Peil, S.; Bathen, D.:
Hydrogen Storage in metal hydrides for fuel cell applications,
21. Deutsche Zeolith-Tagung, Kiel, 06. 03. 2009

van der Zwaag, T.; Kruis, E.; Reuter-Hack, K.; Asbach, C.; Haep, S.:
Use of CFD-Software with Simulation of Particle Formation and Precipitation in High Temperature Processes

Viana, M.; Kuhlbusch, T.A.J.; Querol, X.; Alastuey, A.; Harrison, R.M.; Hopke, P.K.; Winiwarter, W.; Vallius, M.; Szidat, S.; Prevot, A.S.H.; et al:
Source apportionment analysis of transport-related PM sources in Europe
ETTAP09, Toulouse, France, 02. - 04. 06. 2009

Vitz, H.; Tuerk J., Kiffmeyer, T.; Sayder, B.; Kabasci, S.:
Assessment of direct treatment processes regarding the removal of pharmaceuticals from wastewater
XenoWAC International Conference Xenobiotics in the Urban Water Cycle, Cyprus ,11. - 13. 03. 2009

Vogt, M.; Goldschmidt, R.; Bathen, D.; Epp, B.; Stankewitz, C.; Fahlenkamp, H.:
Recent research on gas scrubbing for CO2 capture from flue gas of coal-fired power stations
ACHEMA, Frankfurt/M., 14. 05. 2009

Yook, S.-J.; Fissan, H.; Engelke, T.; Asbach, C.; van der Zwaag, T.; Kim, J.H.; Wang, J.; Pui, D.:
Metrology to classify and deposit highly monodisperse nanoparticles of nist-traceable sizes for surface scanner characterization
ISFT2009 Symposium, INHA University, Korea, 13. - 15. 01. 2009

Zedda, M.:
Development of analytical methods for characterization of degradation products from novel membranes for PEM-fuel cell applications in the product water
11. JCF-Frühjahrssymposium, Essen, 11. - 14. 03. 2009

Zedda, M.; vom Eyser, C.; Türk, J.; Helle, K.; Peil, S.; Chromik, A.; Kerres, J.; Schmidt, T. C.:
Development of analytical methods for characterization of degradation products from novel membranes for PEM-fuel cell applications in the product water
Achema 2009, Frankfurt a. M., 11. - 15. 05. 2009

5.2 Veröffentlichungen 2009

Asbach, C., Qi, C., Shin, W.G., Pui, D.Y.H., Fissan, H.:
The effect of particle pre-existing charge on unipolar charging and ist implication on electrical aerosol measurements
European Aerosol Conference 2009, Karlsruhe, T065A03, 2009

Asbach, C.; Fissan, H.; Stahlmecke, B.; Kuhlbusch, T.A.J.; Pui, D.Y.H.:
Conceptual limitaions and extensions of lung-deposited Nanoparticle Surface Area Monitor (NSAM)
J Nanopart Res, 101-109, 2009

Azong-Wara, N., Asbach, C., Stahlmecke, B., Fissan, H., Kaminski, H., Plitzko, S., Kuhlbusch, T.A.J.:
A new personal thermophoretic sampler with simplified analysis routines for nanoparticle exposure studies
European Aerosol Conference 2009, Karlsruhe, T092A03, 2009

Bathen, D.:
Adsorption (Bericht ACHEMA 2009),
Chem.Ing.Tech. 81 (2009) 10, S. 1503-1505

Berry, A., Erich, E., Schmidt, K. G., Urbanczyk, R., von Issendorf, F., Böck:
Innovativer Dampf-Reformer für PEM Brennstoffzellen
Chemie Ingenieur Technik 81 (2009) 8, S. 1133

Beyer, M.; Hugo, A.; Jarzyna, D.; Kuhlbusch, T.A.J.; Richter, C.-J.; Braun, F.J.; Höfl, H.-C.; Enderle, K.-H.; Wiegele, A.:
Bestimmung diffuser Emissionen aus Kraftwerksanlagen
Diffuse Emissionen, VDI-Berichte 2072, VDI-Verlag 2009, S. 3 - 19

Billenkamp, E.; Luh, V.; Türk, J.:
Elimination von Arzneimitteln im Abwasser INDUSTRIETAGE – WASSERTECHNIK, Management und Behandlung industrieller Prozess- und Abwässer,
Fulda, 30.11.-01.12.2009
Tagungsband, DWA, Hennef, (2009) 183-188

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.; Haase, D.; Meinhardt, F.; Schwerin, A.; Ries, L.; Wirtz, K.:
Atmospheric aerosol measurements in the German Ultrafine Aerosol Network (GUAN), Part 1: Soot and particle number size distributions
Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft, 137-145, 2009

Egenolf, B., Erich, E., Grüning, F., Mrotzek, A., Deerberg, G. :
Kombinierte Verwertung von Altbeizsäuren und Composite-Verpackungen zur Gewinnung von Kupferzementat
Chemie Ingenieur Technik 81 (2009) 8, Seite 1129

Erich, E.:
Brennstoffzellen mit sauren Zeolithen als Ionenaustauschermedien und Metallschaumkatalysatoren
Chemie Ingenieur Technik 81 (2009) 5, Seite 611

Fissan, H.; Asbach, C.; Kuhlbusch, T.A.J.; Wang, J.; Pui, D.Y.H.; Yook, S.-J.; Kim, J.H.:
Nanoparticle Contamination Control for EUVL-Technology - Especially for Photomasks in Carriers and Scanners
Nanotechnology IV, ed. By Wixforth, Lorke, Simmel, Proc.of SPIE Vol. 7364, 73640N-1 - 7364N-10

Fissan, H.; Asbach, C.; Stahlmecke, B.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Risikoabschätzung für die Freisetzung von Nanopartikeln
Proceedings Tagung "Compundieren", IKV, Aachen, 2009

Fissan, H.;Asbach, C.;Kuhlbusch, T.A.J.:
Particle Surface Area Concentration Measurement for Smoke Characterization
Proceedings Vol. 1, AUBE '09, ISBN 978-3-940402-01-1, Eds: Luck, H., Willms, I., 57-64, 2009

Gräf, T.; Bathen, D:
Adsorptive Entfernung von Monophenolethern aus primären und sekundären Alkoholen mit Aktivkohlen
Chem.Ing.Tech. 81 (2009) 12, S. 1921-1930

Hellack, B.; Quass, U.; Wick, G.; Albrecht, C.; Schins, R.P.F.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Analysis of ROS generated by PM_{10} sampled at a rural and urban location in North Rhine Westfalia
European Aerosol Conference 2009, Karlsruhe, T112A06, 2009

Hugo, A.; Jarzyna, D.; Beyer, M.; Kuhlbusch, T.A.J.; Richter, C. J.:
Anwendung des Reverse Dispersion Modelling (RDM) bei Gasen, Stäuben und Partikeln
Diffuse Emissionen, VDI-Berichte 2072, VDI-Verlag 2009, S. 103 - 116

Hülser,T.P.; Schnurre S. M.; Wiggers, H.; Schulz, C.:
Gas-phase synthesis of highly-specific nanoparticles on the pilot-plant
Abstracts of the „European Aerosol Conference 2009", Karlsruhe, Abstract T015A34

Krämer, U.; Sugiri, D.; Ranft, U.; Krutmann, J.; von Berg, A.; Berdel, D.; Behrendt, H.; Kuhlbusch, T.; Hochadel, M.; Wichmann, H.-E.; Heinrich, J.
Eczema, respiratory allergies, and traffic-related air pollution in birth cohorts from small-town areas
Journal of Dermatological Science, JDS-09-183R1, 1 – 29, 2009

Kuhlbusch, T.A.J., Borowiak, A., Gelenscer, A., Genberg, J., Gladtke, D., Maenhaut, W., Pio, C., Popoviecheva, O., Putaud, J.O., Quincey, P., Sciare, J., ten Brink, H., Viana, M., Yttri, K.E.:
Measurement of Elemental and Organic Carbon in Europe, Report of the preparatory workshop for a future standard measurement method
JRC Scientific and Technical Reports, EUR 23992 EN - 2009, ISBN 978-92-79-11294-2, 1-108, 2009

Kuhlbusch, T.A.J.; John, A.; Quass, U.:
Sources and source contributions fo fine PM
Biomarkers, 14(S1), 23-28, 2009

Kuhlbusch, T.A.J.; Schnekenburger, J.; Ma-Hock, L.; Krug, H.; Nau, K.; & NanoCare-Konsortium:
Ergebnisse aus NanoCare zu Materialeigenschaften und toxikologischen Effekten
Abstracts, Nanotox 2009, Leipzig, 18.-19.03.2009, 3-4, 2009

Mitglieder des NanoCare-Konsortiums (auch: Kuhlbusch, T.K.Y; Asbach; C.; FissanH.):
NanoCare - Gesundheitsrelevante Aspekte synthetischer Nanomaterialien
NanoCare Broschüre, Hrsg. Konsortium des Projekts NanoCare, verantw.: DECHEMA e. V., Druck: Seltersdruck, Selters/Taunus, 1-19, 2009

Mohring, S. A I.; Strzysch, I.; Fernandes, M. R.; Kiffmeyer, T. K.; Tuerk, J.; Hamscher, G.:
Degradation and elimination of various sulfonamides during anaerobic fermentation: a promising step on the way to sustainable pharmacy?
Environmental science & technology 43, 7 (2009) 2569-2574

NanoCare Projekt Partners (auch Kuhlbusch, T.A.J.; Asbach, C.; Stahlmecke, B.; Wagener, S.; Kaminski, H.; Fissan, H.):
NanoCare Health Related Aspects of Nanomaterial - Final Scientific Report
Dechema e. V. in cooperation with NanoCare Project Consortium Germany, Eds: Kuhlbusch, Krug, Nau, ISBN 978-3-89746-108-6, 1-151, 2009

Nickel, C.; Fissan, H.; Asbach, C.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Determination of the lung-deposited nanoscale particle dose
Abstract Book, NanoImpactNet Conference, 23-27 March 2009, Lausanne, Schweiz, 48, 2009

Nickel, C.; Weber, St.; Kaminski, H.; Pfeffer, U.; Bruckmann, P.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Spatial and temporal variability of ultrafine particles within an urban agglomeration, the Ruhr-Area, Germany
European Aerosol Conference 2009, Karlsruhe, T051A25, 2009

Peil, S.; Makhynya, Y.; Wartmann, J.; Bathen, D.; Haep, S.:
Brenngaserzeugung aus flüssigen Energieträgern mittels überkritischer Wasserreformierung (SCWR) für Anwendungen in neuen Energiewandlern
Chemie Ingenieur Technik 80 (2008) Nr.9, S. 1392

Qi, C.; Asbach, C.; Shin, W.G.; Fissan, H.; Pui, D.Y.H.:
The Effect of Particle Pre-Existing Charge on Unipolar Charging and Ist Implication on Electrical Aerosol Measurements
Aerosol Science and Technology, 43, 232-240, 2009

Quass, U., Schmidt, K.-G., John, A., Beyer, M., Hugo, A., Kuhlbusch, T.A.J.:
Airborne Particles: From sources to exposure
Book of Abstract ACHEMA 2009, 11.-15.05.2009, Frankfurt, 2009

Quass, U.;Sperber, O.;Romazanowa, O.; Luther, F.;Caspari, A.;Beyer, M.;Pfeffer, U.;Zang, T.; Bruckmann, P.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Approaches to determine the contribution of natural sources to PM_{10} concentrations in North-West Germany
European Aerosol Conference 2009, Karlsruhe, T113A03, 2009

Schiemann, J.:
Qualitätsüberwachung bei der Kühlgeräteverwertung
Recycling Technology, Huss Verlag, Juni 2009, S. 34-35

Schmid, K.; Riediker, M.; Monn, C.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Nanoparticles liberated from agglomerates by vacuum cleaner
Abstract Book, NanoImpactNet Conference, 23-27 March 2009, Lausanne, Schweiz, 11, 2009

Schmidt, F.; Haep, S.:
Passenger compartment air filter tests-recent developments
Filtrieren und Separieren, ISBN: 978-3-00-024080-5, S. 181- 185

Schmidt, F.; Stahlmecke, B.; Kaminski, H.; Finger, H.:
Characterization of soot as a test druch for air filters
F&S international, 24-28, 2009

Shina, W.G., Qia, C., Wang, J., Fissan, H., Pui, D. H.Y.:
The effect of dielectric constant of materials on unipolar diffusion charging of Nanoparticles
Aerosol Science, 40, 463-468, 2009

Stahlmecke, B., Asbach, C., Bathen, D., Fissan, H., Kuhlbusch, T.A.J.:
Measurement of Airborne Nanoparticles at Workplaces and in the Environment
Book of Abstract ACHEMA 2009, 11.-15.05.2009, Frankfurt, 2009

Stahlmecke, B.; Wagener, S.; Asbach, C.; Kaminski, H.; Fissan, H.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Investigation of airborne nanopowder agglomerate stability in an orifice under-various differential pressure conditions
Journal of Nanoparticle Research, Journal of Nanoparticle Research, 11, Nr. 7, 1625–1635, 2009

Teutenberg, T.:
Potential of high-temperature liquid chromatography for the improvement of separation efficiency – A review
Analytica Chimica Acta 643 (2009) 1-12

Teutenberg, T.; Hollebekkers, K.; Wiese, S.; Börgers, A.:
Temperature and pH-stability of commercial stationary phases
Journal of Separation Science 32 (2009) 1262-1274

Teutenberg, T.; Wagner, P.; Gmehling, J.:
High-temperature liquid chromatography. Part I. Determination of the vapour pressures of binary solvent mixtures – Implications for liquid chromatographic separations
Journal of Chromatography A 1216 (2009) 6471-6480

Teutenberg, T.; Wiese, S.; Wagner, P.; Gmehling, J.:
High-temperature liquid chromatography. Part II. Determination of the viscosities of binary solvent mixtures – Implications for liquid chromatographic separations
Journal of Chromatography A 1216 (2009) 8470-8479

Teutenberg, T.; Wiese, S.; Wagner, P.; Gmehling, J.:
High-temperature liquid chromatography. Part III. Determination of the static permittivities of pure solvents and binary solvent mixtures – Implications for liquid chromatographic separations
Journal of Chromatography A 1216 (2009) 8480-8487

Türk, J; Aster, S.; Schönherr, F.; Weber, N.; Wecker, A.; Günthert, F.W.:
Elimination von Spurenstoffen in Kläranlagen durch Beeinflussung der Säurekapazität
INDUSTRIETAGE – WASSERTECHNIK, Management und Behandlung industrieller Prozess- und Abwässer, Fulda, 30.11.-01.12.2009
Tagungsband, DWA, Hennef, (2009) 308-316

Winiwarter, W.; Kuhlbusch, T.A.J.; Viana, M.; Hitzenberger, R.:
Quality considerations on European PM emission inventories
Atmospheric Environment 43, 3819-3828, 2009

Zedda, M.; Tuerk, J.; Teutenberg, T.; Peil, S.; Schmidt, T. C.:
A strategy for the systematic development of a liquid chromatographic mass spectrometric screening method for polymer electrolyte membrane degradation products using isocratic and gradient phase optimized liquid chromatography
Journal of Chromatography A, 1216 (2009) 8910-8917

Zedda, M.; Türk, J.; Teutenberg, T.; Peil, S.; Schmidt, T.C.:
A strategy for the systematic development of a liquid chromatographic mass spectrometric screening method for polymer electrolyte membrane degradation products using isocratic and gradient phase optimized liquid chromatography
Journal of Chromatography A 1216 (2009) 8910-8917

5.3 Poster 2009

Asbach, C.; Fissan, H.; Kuhlbusch, T.A.J.; Pui, D.Y.H.; Wang, J.:
Deposition probbility of nanoparticles on inverse surfaces at low pressure
European Aerosol Conference 2009, Karlsruhe, 06.-11.09.2009

Asbach, C.; Fissan, H.; Kuhlbusch, T.A.J.; Pui, D.Y.H.; Wang, J.:
Analytical-statistical modeling of nanoparticle deposition probability on inverted surfaces at low pressure
AAAR 28th Annual Conference, Minneapolis, 26.-30.10.2009

Asbach, C.; Kaminski, H.; Stahlmecke, B.; Fissan, H.; Monz, C.; Dahmann, D.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Intercomparability study of electrical mobility particle sizers with NaCl and Diesel soot
NanoCare Abschusskonferenz, Berlin, 16.-17.06.2009

Asbach, C.; Rating, U.; van der Zwaag, T.; Fissan, H.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Modelling of accidental nanoparticle release into a workplace
European Aerosol Conference 2009, Karlsruhe, 06.-11.09.2009

Asbach, C.; Rating, U.; van der Zwaag, T.; Fissan, H.; Kuhlbusch, T.A.J.:
CFD modeling of nanoparticle dispersion in a workplace upon accidental release
AAAR 28th Annual Conference, Minneapolis, 26.-30.10.2009

Berry, A.:
Metallschaumbasierter Reformierkatalysator zur Erzeugung eines wasserstoffreichen Brenngases zum Einsatz in Brennstoffzellen-Heizgeräten“
16. Innovationstag Mittelstand des BMWi 2009, Berlin, 30.06. / 01. 07. 2009

Brosig, G.; Bittig, M.; Lindermann, J.; Haep, S.; Luckas, M.; Schmidt, K. G.:
HCl-Aerosole in industriellen Gasreinigungsprozessen
Process-Net Jahrestagung 2009, Mannheim, 08. September 2009

Cyris, M.; Sayder, B.; Tuerk, J.; Kiffmeyer, T.; Kabasci, S.; Kuss, H. M.:
Development of an AOP pilot plant for the degradation of pharmaceuticals in hospital waste waters
Envirowater International Conference and Exhibition on Water in the Environment Stellenbosch, South Africa, 2-4 March 2009

Cyris, M.; Tuerk, J.; Bester, K.; Dopp, E.; Schmidt, T.:
Investigations for assessment and prevention of toxic oxidation by-products in oxidative waste water treatment
International Conference and Exhibition on Water in the Environment, Stellenbosch, South Africa, 02. - 04. 03. 2009

Epp, B.; Stankiewicz, C.; Fahlenkamp, H.; Vogt, M.; Goldschmidt, R.; Bathen, D.:
CO_2-Membran-Absorption aus Rauchgasen
ProcessNet-Jahrestagung, Mannheim, 08.09.2009

Gräf, T.; Bathen, D.:
Adsorptive Entfernung von Phenolderivaten aus organischen Lösungsmitteln,
ProcessNet-Jahrestagung, Mannheim, 08.09.2009

Hecht, C.; Wlokas, I..; Dreier, T.; Wiggers H.; Schulz, C.:
Quantitative atom concentration measurement in a low-pressure flame reactor for nano-particle synthesis
Gordon Research Conference “Laser Diagnostics in Combustion”, Waterville Valley, NH 16-21.08.2009

Hecht, C.; Yang, H.; Dreier, T.; Wiggers H.; Schulz, C.:
3-Dimensional temperature imaging in a low-pressure flame reactor for nano-particle synthesis using tomographic tunable diode laser absorption and multi-line nitric-oxide laser-induced fluorescence imaging
Gordon Research Conference “Laser Diagnostics in Combustion”, Waterville Valley, NH 16-21.08.2009

Hugo, A.; Beyer, M.; Kuhlbusch, T.A.J.; Braun, F.; Wiegele, A.; Richter, C.J.:
Fugitive $PM_{10}/PM_{2,5}$ emission factors for coal fired power plants
European Aerosol Conference 2009, Karlsruhe, 06.-11.09.2009

Hugo, A.; Beyer, M.; Kuhlbusch, T.A.J.; Braun, F.J.; Wiegele, A.; Richter, C.-J.:
Fugitive $PM_{10}/PM_{2,5}$ Emission Factors for Coal Fired Power Plants
European Aerosol Conference, Karlsruhe, 6.-11. September 2009

Hülser,T.P.; Schnurre S.M.; Wiggers, H.; Schulz, C.:
Gas-phase synthesis of highly-specific nanoparticles on the pilot-plant
EAC Konferenz, Karlsruhe, 06.-11.09.2009

John, A.C.; Kaminski, H.; Wiemann, M.; Bruch, J.; Eisenbeis, C.; Winkler, R.; Gube, M.; Brand, P.; Kraus, T.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Physico-chemical and tocicological characterization of welding fumes from different processes
European Aerosol Conference 2009, Karlsruhe, 06.-11.09.2009

Nau, K.; Krug, H.F.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Gesundheitsrelevante Aspekte synthetischer Nanopartikel für die Schaffung einer allgemeinen Informations- und Wissensbasis als Grundlage für eine innovative Materialforschung (NanoCare)
WING-nano.DE2009, Ulm, 01.-03.04.2009

Nickel, C.; Fissan, H.; Asbach, C.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Determination to the lung-deposited nanoscale particle dose
NanoImpactNet Conferece, Lausanne, Schweiz, 24.-27.03.2009

Nickel, C.; Kaminski, H.; Quass, U.; John, A.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Field measurements of particle number emission factors for freeways
European Aerosol Conference 2009, Karlsruhe, 06.-11.09.2009

Nickel, C.; Kaminski, H.; Quass, U.; John, A.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Calculation particle number emission factors of motorway traffic in Germany
AAAR 28th Annual Conference, Minneapolis, 26.-30.10.2009

Nielsen, U.; Tuerk, J.; Lentz, J.W.; Rindel, K.; Koefoed, A.; Andersen, M.:
Use of consumption data for predicting discharges of pharmaceuticals into the environment. Verification in a sewer catchment area with eight hospitals in Copenhagen
6th IWA Leading-Edge Conference on Water and Waste Water Technology, Singapore, 22 - 26 June 2009

Pahl, D.; Bathen, D.:
Adsorptive Entfernung von Wasser im unteren ppm- und ppb-Bereich zur Erzeugung hochreiner organischer Lösungsmittel
ProcessNet-Jahrestagung, Mannheim, 08.09.2009

Peil, S.; Helle, K.; Haep, S.; Bathen, D.:
Entwicklung eines stationären Brennstoffzellensystems auf Basis HT-PEM zur Bereitstellung von Strom, Wärme und Kälte
16. Innovationstag Mittelstand des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, AiF Geschäftsstelle Berlin, Berlin, 1.7.2009

Portner, C.; Börgers, A.; Plegge, V.; Toepfer, I.; Kiffmeyer, T.; Butte, W.:
Opportunities of different LC-MS techniques for the investigation of mycotoxins in indoor environment without reference substances
18. International Mass Spectrometry Conference (IMSC), Bremen, 2009

Portner, C.; Plegge, V.; Toepfer, I.; Butte, W.:
Opportunities of LC-MS/MS and LC-MSn for analysis of mycotoxins with and without standards
GDCh Jungchemiker Frühjahrssymphosium, Essen, 2009

Richard, J; Tavian, M.; Janzen, N.; Gerhards, M.; Chen, X.; Tuerk, J.; Bester, K.; Dopp, E.:
Identification of oxidation by-products in post stream ozonisation in waste water treatment plants Part B: Toxicity directed evaluation-identification
Jahrestagung 2009 der GDCh-Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie, Stoffverhalten und -wirkungen in Umweltkompartimenten, Trier, 23. - 25.09.2009

Stahlmecke, B.; Wagener, S.; Asbach, C.; Kaminski, H.; Fissan, H.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Agglomerate Stability in Orifices
NanoCare Abschlusskonferenz, Berlin, 16.-17.06.2009

Stahlmecke, B.; Wagener, S.; Asbach, C.; Kaminski, H.; Fissan, H.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Comparison of Agglomerate Stability of Different Nanopowders
European Aerosol Conference 2009, Karlsruhe, 06.-11.09.2009

Stahlmecke, B.; Wagener, S.; Asbach, C.; Kaminski, H.; Fissan, H.; Kuhlbusch, T.A.J.:
Stability of Nanopowder Agglomerates in Orifice Flow
AAAR 28th Annual Conference, Minneapolis, 26.-30.10.2009

Stanley, N.; Pui, D.Y.H.; Kuehn, T.; Asbach, C.; Kuhlbusch, T.A.J.; Fissan, H.:
The fate of Accidentally released nanoparticles into a silumated workplace environment
AAAR 28th Annual Conference, Minneapolis, 26.-30.10.2009

Tavian, M.; Janzen, N.; Wolff, M.; Zedda, M.; Richard, J.; Chen, X.; Dopp, E.; Tuerk, J.; Bester, K.:
Identification of oxidation by-products in poststream ozonisation in waste water treatment plants Part A: Chemical Identification
Jahrestagung 2009 der GDCh-Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie, Stoffverhalten und -wirkungen in Umweltkompartimenten, Trier, 23. - 25.09.2009

Toepfer, I.; Portner, C.; Plegge, V.; Butte, W.:
Toxigenic fungi and mycotoxins in house dust
31. Mykotoxin Workshop, Münster, 2009

Tuerk, J.; Cyris, M.; Sayder, B.; Kiffmeyer, T.K.; Kabasci, S.; Kuss, H.-M.:
Development of an AOP pilot plant for the degradation of pharmaceuticals in hospital waste waters
International Conference and Exhibition on Water in the Environment
Stellenbosch, South Africa, 02. - 04.03.2009

Tuerk, J.; Kiffmeyer, T.; Stuetzer, H.; Hahn, M.; Hadtstein, C.; Heinemann, A.; Eickmann, U.:
Regular ambient monitoring of the anti-neoplastic drug contamination in pharmacies - The MEWIP-Study
14th EAHP Congress, Barcelona, Spain, 24-28 March 2009

Tuerk, J.; Sayder, B.; Vitz, H.; Kiffmeyer, T.; and Kabasci, S.:
Efficiency, costs and benefits of AOPs for removal of pharmaceuticals from the water cycle
5th International Conference / 10th IOA-EA_3G Berlin Conference on Oxidation Technologies for Water and Wastewater Treatment, Berlin, 30. 03. - 02. 04. 2009

Tuerk, J; Aster, S.; Schönherr, F.; Weber, N.; Wecker, A.; Günthert, F.W.:
Elimination von Spurenstoffen in Kläranlagen durch Beeinflussung der Säurekapazität
INDUSTRIETAGE – WASSERTECHNIK, Management und Behandlung industrieller Prozess- und Abwässer, Fulda, 30.11.-01.12.2009

Türk, J.; Sayder, B.; Vitz, H.; Kiffmeyer, T.; Kabasci, S.:
Efficiency costs and benefits of AOPs for the removal of pharmaceuticals from the water cycle
AOP 5, 30 March – 02 April 2009

Wiese, S.; Teutenberg, T.; Schmidt, T.C.:
Computer-assisted method development in Ultra-Performance Liquid Chromatography
34th International Symposium on High-Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques, HPLC2009, Dresden, 28. 06. - 02. 07. 2009

Wiese, S.; Teutenberg, T.; Schmidt, T.C.:
Computer-assisted method development in Ultra-Performance Liquid Chromatography
Langenauer Wasserforum 2009, Langenau, 09. - 10. 2009

Zedda, M.; Tuerk, J.; Börgers, A.; Portner, C.; Schmidt, T.C.:
New strategies for non-target analysis of oxidation by-products using linear ion trap and QTOF
18th International Mass Spectrometry Conference, IMSC 2009, Bremen, 30.08.–04.09.2009

Zedda, M.; v. Eyser, C.; Tuerk, J.; Helle, K.; Peil, S.; Chromik, A.; Kerres, J.; Schmidt, T. C.:
Investigation of oxidation products from novel polymer electrolyte membranes (PEM) in the product water of fuel cells using LC-MS/MS
International Symposium on Diagnostic Tools for Fuel Cell Technologies, Trondheim (Norwegen), 23.-24.6.2009

Zedda, M.; v. Eyser, C.; Tuerk, J.; Helle, K.; Peil, S.; Chromik, A.; Kerres, J.; Schmidt, T. C.:
Development of a screening method for identification and characterization of membrane degradation products of PEM-fuel cells using information dependent acquisition (IDA)
IMSC 2009 – 18th International Mass Spectrometry Conference, Bremen, 30.8.-4.9.2009

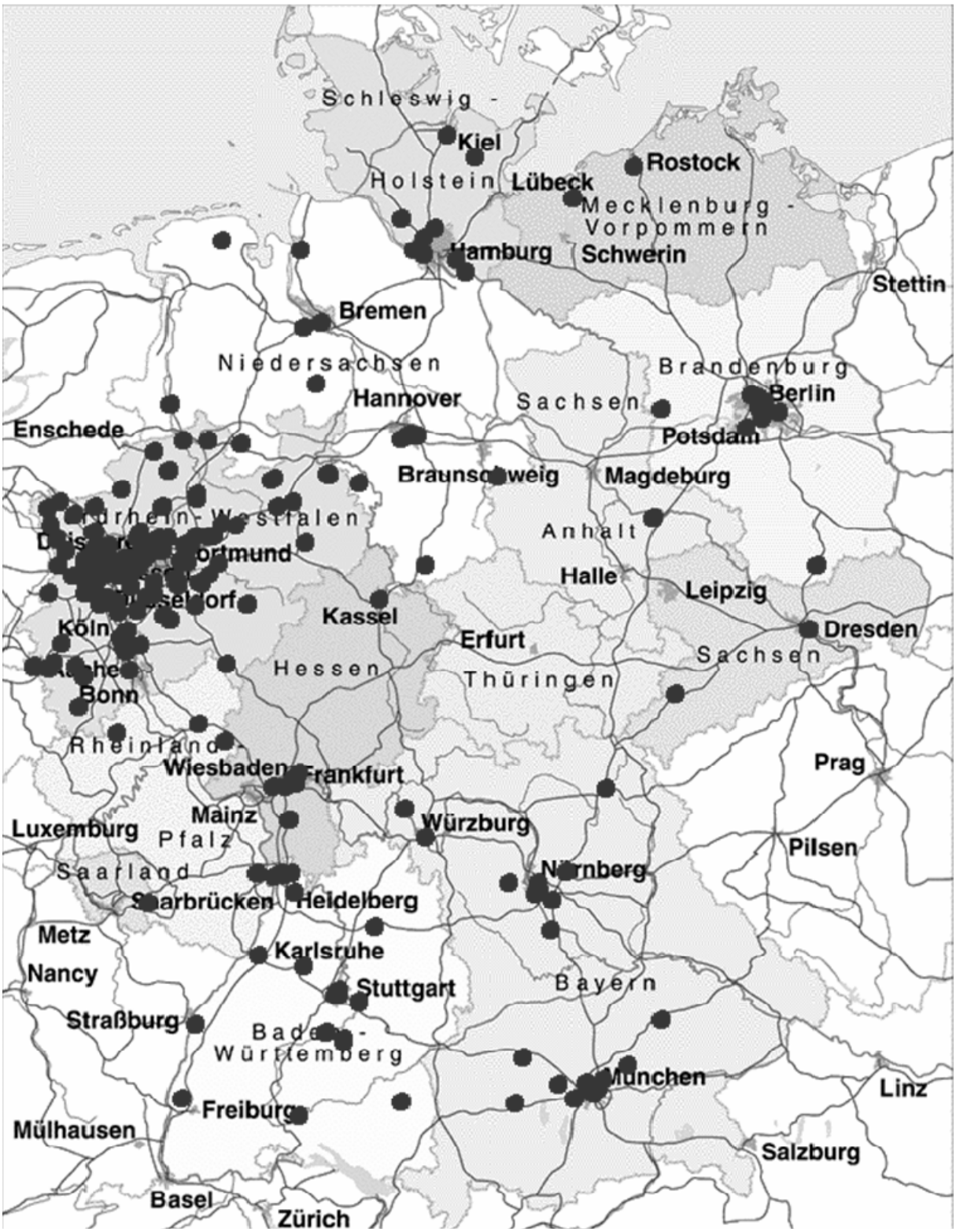
Zedda, M.; v. Eyser, C.; Tuerk, J.; Helle, K.; Peil, S.; Chromik, A.; Kerres, J.; Schmidt, T.C.
Investigation of oxidation products from novel polymer electrolyte membranes (PEM) in the product water of fuel cells using LC-MS/MS
International Symposium on Diagnostic Tools for Fuel Cell Technolgies, Trondheim, Norwegen, 23.-24.06.2009

Zedda, M.; vom Eyser, C.; Tuerk, J.; Helle, K.; Peil, S.; Chromik, A.; Kerres, J.; Schmidt, T.C.:
Development of a screening method for identification and characterization of membrane degradation products of PEM-fuel cells using information dependent acquisition (IDA)
18th International Mass Spectrometry Conference, IMSC 2009, Bremen, 30.08.–04.09.2009

Zellner, R., Kuhlbusch, T.A.J., Diegmann, V., Herrmann, H., Kasper, M., Schmidt, Dott, W., Bruch, J.
Feinstäube und Umweltzonen
Chemie Ingenieur Technik (CIT), Vol. 81 Issue 9, 1363-1367, 2009

5.4 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

5.5 Mitarbeit in Ausschüssen und Arbeitskreisen

Prof. Dr.-Ing. D. Bathen

Mitglied im ProcessNet-Fachausschuss „Adsorption“ (DECHEMA-GVC)
Obmann der VDI-Richtlinie 3674 „Abgasreinigung durch Adsorption“ (VDI-KRdL)
Mitglied im Programmausschuss der VDI-Tagung „Emissionsminderung 2010“ (VDI-KRdL)
Mitglied im Wissenschaftlichen Beirat des Instituts für Nichtklassische Chemie der Universität Leipzig INC e. V.
Mitglied im Wissenschaftlichen Beirat des Vereins zur Förderung der Energie- und Umwelttechnik VEU e. V.
Gutachter der Zeitschrift „Separation & Purification Technology“
Gutachter der Zeitschrift „Chemie Ingenieur Technik“
Gutachter der Zeitschrift „Industrial & Engineering Chemistry Research“

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

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
Mitglied des “Expertenkreises Feinstaub”, einer Gemeinschaftsinitiative von DECHEMA, GdCh, GVC und KRdL in der Fachgemeinschaft SuPER der Initiative ProcessNet

Dipl.-Ing. J. Schiemann

Mitglied im „Arbeitskreis Kreislaufwirtschaft“
Vorsitzender des Prüfungsausschusses „Recyclingfachkraft“ der IHK, Duisburg

Dipl.-Volksw. G. Schöppe

Gutachter bei der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e. V. (AiF)
Mitglied des AiF-Geschäftsführerbeirates

Prof. Dr.-Ing. H. Fissan

Mitglied des Sonderforschungsbereiches 445 „Nanopartikel in der Gasphase“
Mitglied beim Zentrum für mikroskalige Umweltsysteme (ZMU) der Universität Duisburg-Essen
Member of scientific board of the Inno-CNT-Project, Germany
Subkoordinator des EU-Projektes “Nanodevice”

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 Kleinfeuerungsanlagen“ 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”.
Member of the European Committee for Standardization (CEN) CEN/TC 264/ WG 15
„PM sampling methods“.
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.
Miglied 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“
Koordinator von verschiedenen Projekten (z. B. NanoCare mit 16 Partnern) und Unterprojekten
Mitglied des Centers for Microscale Environmental SysemsZentrum (ZMU now ZWU) der Universität Duisburg-Essen
Fachbeirat im VDI/DIN „Umweltmesstechnik“

Beratendes Mitglied folgender wissenschaftlicher Konferenzen

- Organisator, EC/OC Conference, 10.-11.02.2009, Ispra, Italy.
- Mitorganisator, NanoCare Abschlusskonferenz, 16.-17.06.2009, Berlin.
- EAC 2009, 06.-11.09.2009, Karlsruhe.
- NanoImpactNet Conference 2009 und 2010, Lausanne, Schweiz.
- GAeF Workshop *Workplace Aerosols 2010*, 30.06.-2.07.2010, Karlsruhe.
- Messtechnisches Kolloquium des KRdL, 2011.

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

Dr. rer. nat. J. Türk

Normenausschuss Wasserwesen (NAW)
DWA Arbeitsgruppe 2.14 "Abwasser aus Krankenhäusern und anderen medizinischen Einrichtungen"

Dr.-Ing. C. Asbach

Mitglied im ProcessNet Fachausschuss Partikelmesstechnik (DECHEMA – GVC)
Mitglied der American Association for Aerosol Research (AAAR)
Mitglied der Gesellschaft für Aerosolforschung (GAeF)
Co-Chairman der Working Group „Instrumentation“ der European Aerosol Assembly
Mitglied der Working Group „Aerosol Based Nanotechnology“ der European Aerosol Assembly

Dipl.-Ing. A. Hugo

Mitglied im Ausschuss d. Kommision Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN „Emissionsbestimmung bei diffuse Quellen“
Mitglied im Ausschuss d. Kommision Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN „Depositionsparameter“

Dr. rer. nat. A. John

VDI/DIN: WG “PM_{10} and $PM_{2,5}$ in strömenden Gasen”
VDI/DIN: WG "Emissionsarme Kehrmaschinen"

Dr.-Ing. S. Opiolka

Mitglied im Richtlinienausschuss VDI 2083 Blatt 16 "Reinraumtechnik - Abgetrennte reine Umgebungen (Isolatoren, Mini-Environments, Reinraummodule) - Wirksamkeit und Zertifizierung"

Dipl.-Ing. M. Vogt

Gutachterin im 7. Rahmenprogramm der EU

5.6 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

Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V. (IUTA), Duisburg

Ministerium für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie NRW, Düsseldorf

Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW, Düsseldorf

Niederrheinische Industrie- und Handelskammer Duisburg-Wesel-Kleve, Duisburg

Stadt Duisburg

Universität Duisburg-Essen

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,
Grefrath

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

Dipl.-Volksw. Günter Schöppe,
Meerbusch (ab 01.01.2010)

Professor Dr.-Ing. Dieter Schramm,
Universität Duisburg-Essen

Georg Schürmann
TROX GmbH, Goch

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.Ing. Dirk Sievert,
EGK Entsorgungsgesellschaft Krefeld

Dr. Walter Steudle,
Schlaitdorf

Dr.-Ing. Ragnar Warnecke,
Gemeinschaftskraftwerke Schweinfurt

5.7 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 e. V., Duisburg

Mitglieder

Professor Dr.-Ing. Dieter Bathen, Duisburg

Professor Dr.-Ing. Rüdiger Deike, Grefrath

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 Lasermesstechnik, 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

5.8 Wegbeschreibung zum IUTA

Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V. (IUTA e. V.)

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.

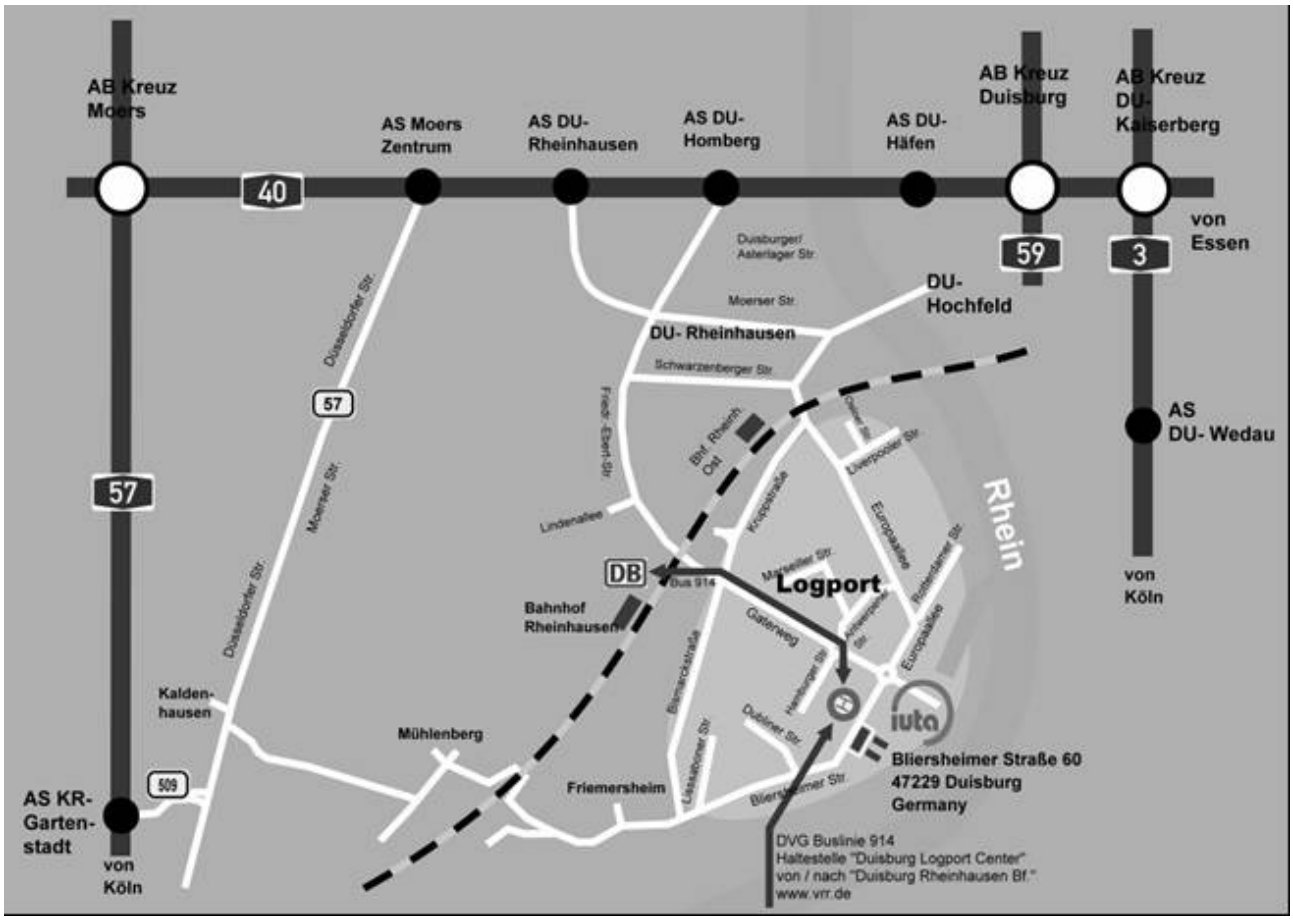


Abbildung 5.1: Skizze IUTA und Umgebung