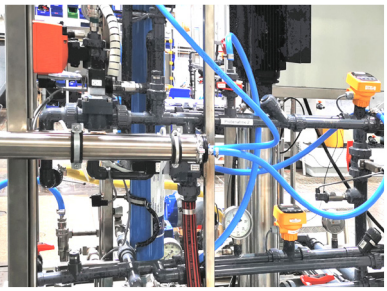
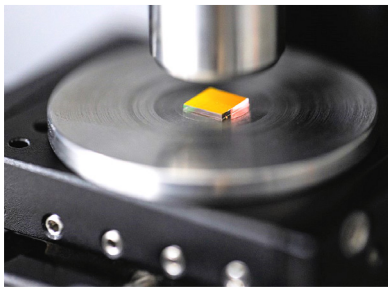
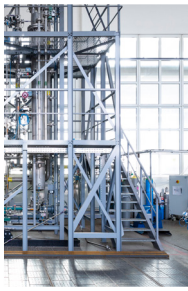
forschen.
vernetzen.
anwenden.

TÄTIGKEITSBERICHT 2021







iuta.de

Impressum

Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA)
Bliersheimer Str. 58 – 60
47229 Duisburg
Telefon: +49 (0) 2065 / 418 – 0
Telefax: +49 (0) 2065 / 418 – 211
Internet: www.iuta.de

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

Redaktion
Prof. Dr.-Ing. D. Bathen, Dr.-Ing. S. Haep, Prof. Dr.-Ing. K. G. Schmidt, Dr. S. Peil

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

Das Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA) ist An-Institut der Universität Duisburg-Essen, Mitglied der Johannes-Rau-Forschungsgemeinschaft e. V. (JRF) sowie Mitglied der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF).

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN
Offen im Denken

JRF
MITGLIED DER Johannes-Rau-Forschungsgemeinschaft

AiF Mitglied

Bildnachweise (Deckblatt)

Fotos: Johannes-Rau-Forschungsgemeinschaft e.V., Universität Duisburg-Essen und Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA); Fotos unten links: Daniel Milazar, unten mittig und unten rechts: Daniel Schumann

Förderhinweis

Das Institut für Energie- und Umwelttechnik erhält vom Ministerium für Kultur und Wissenschaft eine Zuwendung des Landes Nordrhein-Westfalen im Rahmen der institutionellen Förderung.

Ministerium für
Kultur und Wissenschaft
des Landes Nordrhein-Westfalen

TÄTIGKEITSBERICHT 2021

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

**Institut an der
Universität Duisburg-Essen**

TÄTIGKEITSBERICHT 2021

1 Vorwort 1

2 Organisation, Arbeitsweise und Geschäftsverlauf 3

3 Arbeitsschwerpunkte und technische Ausstattung der Abteilungen 8

3.1 Luftreinhaltung & Gasreinigung 8

3.2 Filtration & Aerosolforschung 18

3.3 Partikelprozesstechnik & Charakterisierung 26

3.4 Gasprozesstechnik & Energieverfahrenstechnik 31

3.5 Ressourcen & Recyclingtechnik / Wasseraufbereitung & Membrantechnik 42

3.6 Umwelthygiene & Pharmazeutika 50

3.7 Umweltanalytik & Toxikologie 59

3.8 Forschungsanalytik & Miniaturisierung 66

3.9 Forschungskoordination – IGF-Projekte der Forschungsvereinigung IUTA e.V. 71

4 Anhang 76

4.1 Vorträge 2021 76

4.2 Veröffentlichungen 2021 81

4.3 Poster 2021 84

4.4 Vorträge auf Fortbildungsveranstaltungen 86

4.5 IGF-Forschungsberichte 88

4.6 Forschungsprojekte der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) 91

4.7 Veranstaltungen 97

4.8 Mitarbeit in Ausschüssen und Arbeitskreisen 102

4.9 Mitglieder des Verwaltungsrats des IUTA e.V. 105

4.10 Mitglieder des IUTA e.V. 106

4.11 Mitglieder des Forschungsbeirats des IUTA e.V. 108

4.12 Mitglieder des Wissenschaftlichen Kuratoriums 109

4.13 Kompetenzen der Abteilungen – expertise of departments 110

4.14 Wegbeschreibung zum IUTA 123

1 Vorwort

Wellen werden durch ihre Frequenz und Amplitude charakterisiert. Wer gehofft hatte, dass 2021/2022 sowohl die Amplitude als auch die Frequenz der COVID-19-Pandemie abnehmen würden, sah sich in seinen Hoffnungen leider getäuscht.

Durch Aufklärung, besonnenes Verhalten und hohe Impfbereitschaft der Mitarbeiter:innen ist das IUTA bislang gut durch die Pandemie gekommen, nicht nur bezüglich der Gesundheit der Mitarbeiter:innen, sondern auch bezüglich Forschungsaktivitäten und Drittmittelakquise. Es hat sich gezeigt, dass von den IUTA-Mitarbeiter:innen erarbeitete Erkenntnisse und Daten nicht nur für Wirtschaft und Wissenschaft einen hohen Stellenwert haben, sondern auch Behörden, Normungsorganisationen sowie die Gesellschaft im Allgemeinen von der Arbeit unseres Instituts profitieren. Prominentes Beispiel sind sicherlich die Beiträge des IUTA zum hochaktuellen Feld der Aerosolforschung.

Im Zuge eines gemeinsamen Strategieprozesses hat das IUTA sein Profil 2021 nochmals geschärft und seine Leitthemen sowie seine Organisationsstruktur nachjustiert. Zukünftig tritt das Haus in einer klaren Struktur mit 9 Forschungs- und 2 Zentralabteilungen unter den vier Leitthemen:

Aerosole & Partikeltechnik

Luftreinhaltung & Gasprozesstechnik

Kreislaufwirtschaft & Wassertechnik

Analytik & Messtechnik

an.

Die Bearbeitung dieser Leitthemen erfolgt interdisziplinär über Abteilungsgrenzen hinweg und basiert auf den Kompetenzen der Mitarbeiter:innen in der Verfahrenstechnik im industriellen Maßstab und der Analytik/Messtechnik.

Eingebettet ist unser Institut in eine Reihe von Netzwerken, die viele gemeinsame Aktivitäten entfalten. Die für unser Haus sicherlich wichtigsten Netzwerkpartner sind die Johannes-Rau-Forschungsgemeinschaft (JRF), die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) und die Universität Duisburg-Essen.

Das IUTA ist mit dem breiten Kompetenzspektrum und Engagement seiner Mitarbeiter:innen, seiner klaren Strategie und den exzellenten Netzwerken zukunftsfest aufgestellt. Nichtsdestotrotz gibt es Unwägbarkeiten: Wie geht es mit der technologieorientierten Forschungsförderung des Bundes weiter und welche Chancen und Risiken ergeben sich z. B. aus der Gründung einer Deutschen Agentur für Transfer und Innovation (DATI)? Wie stellt sich das Land NRW, dessen institutionelle Förderung die Existenz unseres Institutes sichert, nach den Landtagswahlen 2022 auf? Es bleibt spannend …

Unbenommen von aktuellen negativen Entwicklungen wie z. B. der Ukraine-Krise schauen wir positiv in die Zukunft. 2022 werden wir die vom Land NRW geförderte Infrastrukturmaßnahme FutureLab.NRW nahezu abschließen und die neuen Labore zusammen mit unseren Mitarbeiter:innen und Partnern einweihen können. Dann hoffen wir auch, Sie zu unseren Filtrations-, Analytik- und Zytostatika-Tagen wieder in Präsenz bei uns im IUTA begrüßen zu können.

Wie in den vorausgegangenen Jahren soll ihnen dieser Tätigkeitsbericht einen ersten Überblick über Aktivitäten und Arbeitsgebiete des IUTA geben. Weiterführende Informationen finden Sie auf unserer Internetseite www.iuta.de. Dort sind auch die jeweiligen Ansprechpartner:innen angegeben. Zögern Sie nicht, uns anzusprechen!

Abschließend möchten wir noch einmal allen Mitarbeiter:innen des IUTA und unseren Partnern aus Politik, Wissenschaft und Wirtschaft herzlich danken, insbesondere den vielen ehrenamtlich engagierten Personen, die uns auch 2021 durch ihr großartiges Engagement wieder hervorragend unterstützt haben.

Unser besonderer Dank gilt dem Verwaltungsrat des IUTA e.V. mit seinem Vorsitzenden, Prof. Dr. Dieter Schramm, seinen beiden Stellvertretern, Holger Ellerbrock und Prof. Dr. Bernd Neukirchen, die im November 2021 ihr Amt an Dr. Birgit Beisheim und Raik Schönfeld übergeben haben sowie unserem Wissenschaftlichen Kuratorium unter dem Vorsitz von Prof. Dr. Roger Gläser.

Unser Dank gilt auch Dr. Arthur Heberle, der den Forschungsbeirat des IUTA zusammen mit Prof. Dr. Klaus G. Schmidt leitet und Dr. Bertram Böhringer als Vorsitzendem des Fördervereins.

Wir wünschen Ihnen eine anregende und interessante Lektüre und würden uns freuen, Sie demnächst im IUTA begrüßen zu dürfen.

Duisburg, im April 2022

Prof. Dr.-Ing. Dieter Bathen

(Wissenschaftlicher Leiter)

Dr.-Ing. Stefan Haep

(Vorstandsvorsitzender und Geschäftsführer)

Dipl.-Ing. Jochen Schiemann

(stellv. Vorstandsvorsitzender und Geschäftsführer)

2 Organisation, Arbeitsweise und Geschäftsverlauf

Organisationsstruktur

Das IUTA hat die Rechtsform eines eingetragenen Vereins und ist als gemeinnützig anerkannt. Mitglieder des IUTA e.V. sind zurzeit 91 juristische Mitglieder (Firmen und Organisationen) und 22 persönliche Mitglieder.

Im Rahmen der Strategiediskussion IUTA 2030 wurde zum Jahresende 2021 eine Anpassung der Organisationsstruktur vorgenommen, die der Aktualisierung der Abteilungsnamen und der Profilschärfung dient. So gliedert sich das IUTA auf der operativen Ebene in zwei Abteilungen für zentrale Aufgaben und neun Forschungsabteilungen. Die überlagerte Struktur mit einer Zuordnung einzelner Bereiche zu den Arbeitsgebieten *Umwelt und Nachhaltigkeit*, *Energie und Ressourcen* und *Zentrale Einrichtungen* wurde aufgegeben. Die aktuelle Struktur des IUTA ist in Abb. 2-1 dargestellt. Insgesamt zeichnet sich das Institut durch eine schlanke Verwaltung und flache Hierarchien aus.

Die Kooperation mit der Universität Duisburg-Essen (UDE) und deren besondere Rolle im Verwaltungsrat und bei der Besetzung von Positionen im IUTA sind in einer Reihe von Verträgen und Vereinbarungen fixiert. Die wichtigsten sind der Kooperationsvertrag vom 05.12.1990, die Anerkennung des IUTA als An-Institut der Universität Duisburg-Essen durch das Wissenschaftsministerium des Landes NRW gemäß § 36 WissHG vom 21.05.1991 und die Kooperationsvereinbarung vom 21.02.2005.

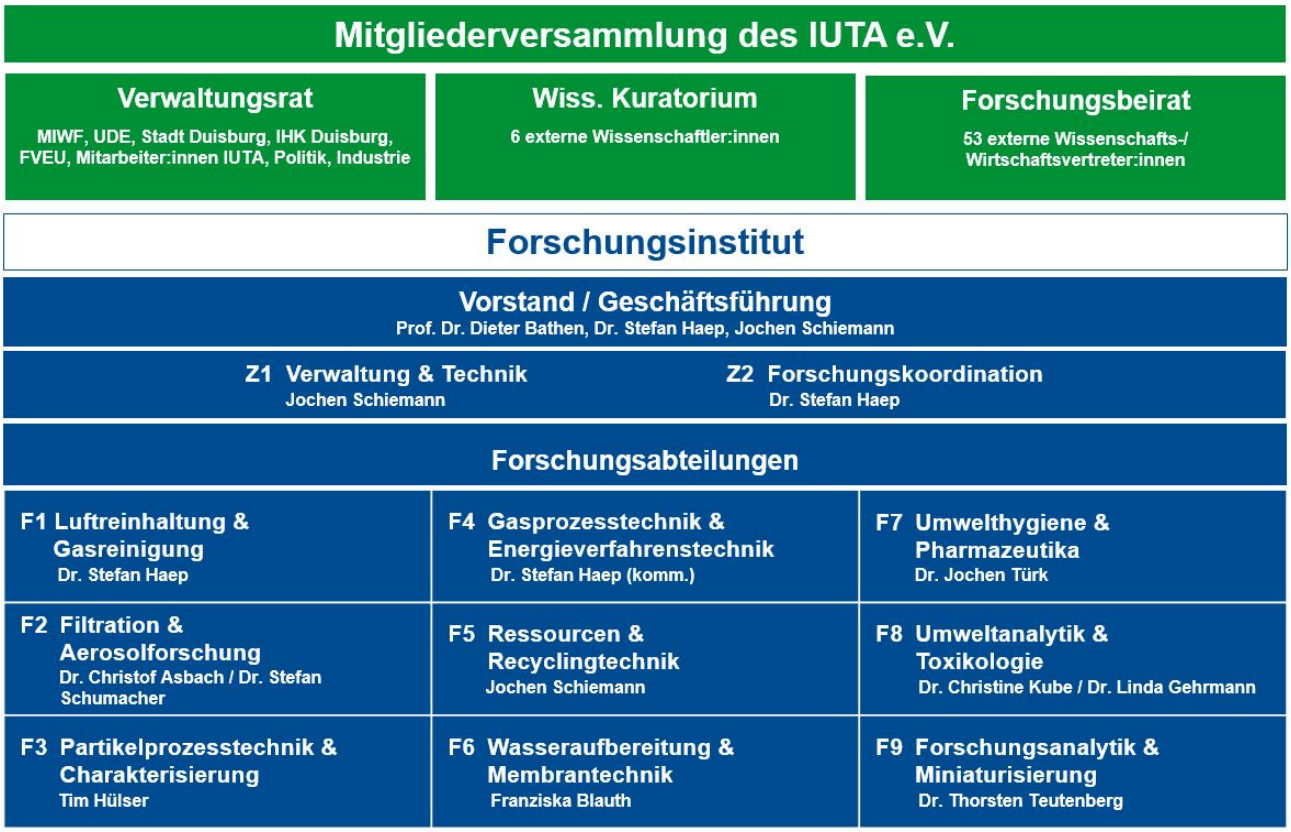


Abb. 2-1: Organigramm des IUTA e.V. (Stand: 31.12.2021)

Arbeitsschwerpunkte und Arbeitsweise

Das IUTA ist ein verfahrenstechnisches Forschungsinstitut im Bereich der Energie- und Umwelttechnik. Die Mitarbeiter:innen bearbeiten hauptsächlich anwendungsorientierte FuE-Projekte in Kooperation mit Industrie-Partnern. Grundlagenorientierte Projekte mit Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen werden ausschließlich zur Unterstützung der anwendungsnahen Forschung durchgeführt. Ziel der Arbeiten ist sowohl der Transfer von neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen und Methoden in industrielle Prozesse, Verfahren und Produkte als auch die Identifikation von Marktanforderungen bzw. die Lösung von Problemen im industriellen Bereich durch Rückgriff auf wissenschaftliche Erkenntnisse und Methoden.

Da der Bereich der Energie- und Umwelttechnik fachlich sehr breit ist und eine Vielzahl von Forschungseinrichtungen in diesem Feld existieren, hat das IUTA im Rahmen des o. g. Strategieprozesses die Profilierung der vier Leitthemen geschärft, um auf aktuelle Entwicklungen sowohl inner- als auch außerhalb des Instituts zu reagieren:

Aerosole & Partikeltechnik
- Umweltrelevanz
- Arbeitssicherheit
- Partikelsynthese

Luftreinhaltung & Gasprozesstechnik
- Filtration und Sorption
- Prozessentwicklung
- CFD-Simulationen

Kreislaufwirtschaft & Wassertechnik
- Mechanische und thermische Verfahren
- Reaktive und oxidative Verfahren
- Prozessentwicklung

Analytik & Messtechnik
- Spurenstoffanalytik
- Geräteentwicklung
- Prozessdigitalisierung

Die Leitthemen werden unabhängig von der organisatorischen Struktur des IUTA bereichsübergreifend bearbeitet. Die Auswahl der Leitthemen ist das Ergebnis einer fortlaufenden Analyse der Marktpotenziale und der systematisch aufgebauten technologischen Kompetenzen im Institut. Zu diesen Kompetenzen zählen vor allem die Expertise in den Bereichen Partikeltechnik und Filtration, Adsorption und Absorption sowie Recyclingtechnik, Messtechnik und chemische Analytik.

Ziel der Fokussierung auf die Leitthemen ist sowohl hinsichtlich der wissenschaftlich-technischen Kompetenzen als auch in Bezug auf den Zugang zur Industrie Alleinstellungsmerkmale zu erarbeiten. Zudem entstehen starke Synergieeffekte, die in unterschiedlicher Weise genutzt werden können.

Die resultierenden FuE- sowie Dienstleistungsaktivitäten sind von hoher Relevanz für mittelständische Unternehmen, z. B.:

- Chemische Spurenanalytik im Bereich Pharmazeutika und Entwicklung neuer Analysenmethoden,
- Entwicklung „smarter“ automatisierter und digitalisierter Laborprozesse,
- Entwicklung von Gasreinigungsverfahren zur Minimierung des Eintrags von anorganischen und organischen Schadstoffen in die Umwelt,
- Entwicklung neuer Technologiestandards (BATs/BREFs),
- Entwicklung und Testung von Multieffektfiltern zur Abscheidung von gas- und partikelförmigen Schadstoffen und auch von SARS-CoV-2-Viren,
- Erforschung des Einsatzes von Low-Cost-Sensoren und Detektoren für die Prozessüberwachung und Prozessdigitalisierung,
- Recyceln und Verwerten von Reststoffströmen und Entwicklung von Technologien für die Circular Economy,
- Untersuchung des Einsatzes erneuerbarer Energien und Speichertechnologien für industrielle Prozesse,

- Entwicklung von Konversionsverfahren (Power-to-X) und H_2-Speichertechnologien,
- Bewertung von nano- und mikroskaligen Materialien hinsichtlich der Umweltverträglichkeit,
- Synthese von Nanomaterialien für energietechnische Anwendungen.

Geschäftsverlauf

Im Jahr 2021 hat der IUTA e.V. trotz Corona-Pandemie ein ausgeglichenes Ergebnis erzielt.

Wie in den vergangenen Jahren ist die Einwerbung von Zuwendungen für FuE-Projekte für das IUTA essentiell.

Neben den Forschungsprogrammen des Landes NRW über die Leitmarktwettbewerbe und den Infrastrukturwettbewerb profitiert das IUTA in erster Linie von den Förderprogrammen der Bundesministerien BMBF und BMWK. Eine besondere Rolle nehmen die Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF), organisiert durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), die Kooperationsforschung des „Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand“ (ZIM-Modul KF) und das Förderprogramm INNO-KOM ein.

Diese Programme des BMWK ermöglichen industrienahe angewandte Forschung, um insbesondere mittelständische Unternehmen bei ihrer Technologieentwicklung nachhaltig zu unterstützen. Mit dem INNO-KOM Modul IZ konnte das IUTA auch 2021 Mittel für die Verbesserung der wissenschaftlich-technischen Infrastruktur einwerben.

Als ordentliches Mitglied der AiF hat das IUTA die Berechtigung, die Förderung von IGF-Vorhaben zu beantragen und leitete als sogenannter Erstzuwendungsempfänger im Jahre 2021 rd. 5,9 Mio. Euro Zuwendungsmittel an externe Forschungsstellen in Deutschland weiter.

Flankierend zur Forschung führte das IUTA auch 2021 Dienstleistungen in Form von Prüfungen, Beratungen, Gutachten und Analysen durch. Dazu zählten Emissions-, Immissions- und Arbeitsplatzmessungen, Membranprüfungen, analytische Nachweise von Pharmazeutika und Spurenstoffen sowie Überprüfungen von Kühlgeräteverwertungen. Insbesondere vor dem Hintergrund der Corona-Pandemie wurden die Prüfung von Filtern für raumlufttechnische Anlagen, Innenraumluftreiniger und Masken sowie die Unterstützung der Unternehmen bei der Entwicklung und Markteinführung neuer Produkte auch 2021 stark nachgefragt. In allen Dienstleistungsbereichen hat das IUTA seinen umfangreichen Kundenkreis im In- und Ausland weiter ausgebaut.

Für das IUTA ist insgesamt eine stabile, prosperierende Entwicklung zu erwarten. Einen wesentlichen Anteil zur Existenzsicherung trägt die institutionelle Förderung durch das Land NRW über das Ministerium für Kultur und Wissenschaft bei, die eng mit der Mitgliedschaft des IUTA in der Johannes-Rau-Forschungsgemeinschaft in NRW (JRF) verbunden ist.

Akkreditierungen und Zertifizierungen

Das IUTA verfügt in den vor allem für den wirtschaftlichen Geschäftsbetrieb relevanten Bereichen über eine Vielzahl von Akkreditierungen, Anerkennungen und Zertifizierungen. So ist es anerkannter Ausbildungsbetrieb der IHK und die Abteilungen *Forschungsanalytik* sowie *Umwelthygiene & Pharmazeutika* sind durch die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) nach DIN EN ISO/EC 17025:2018 akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage D-PL-19759-01-00 aufgeführten Umfang.

Darüber hinaus ist IUTA für die Überprüfung von Kühlgeräten nach TA Luft 5.4.8.10.3/11.3, DIN EN 50625-X und WeeeLabex zugelassen.

Maßnahmen externer und interner Qualitätssicherung

Die „Regeln guter wissenschaftlicher Praxis“ und „guter Laborpraxis“ (GLP) sind für das IUTA selbstverständliche Arbeitsgrundlage. Juristisch bindend sind sie u. a. durch den Kooperationsvertrag mit der Universität Duisburg-Essen vom 21.02.2005 sowie eine Vielzahl von Bewilligungsbescheiden von Behörden und Forschungsförderern.

Die Zerlegewerkstatt arbeitet mit einem zertifizierten Qualitätssystem und wird über die regelmäßig stattfindenden behördlichen Inspektionen gemäß der europäischen Industrial Emissions Directive (IED) und der nationalen 4. BImSchV jährlich durch einen unabhängigen Auditor gemäß Entsorgungsfachbetriebeverordnung (EfbV) überprüft. Für die Gutachtertätigkeit im Bereich der Qualitätsüberprüfung von Kühlgeräteentsorgungsanlagen sind für die Zulassung nach TA Luft 5.4.8.10.3/11.3 in Verbindung mit der Vollzugshilfe der Bund-Länder-AG „Immissionsschutz“ oder im Rahmen der WEEELABEX-Zertifizierung die zugehörenden Qualitätssysteme einzuhalten.

Compliance-Richtlinie

Im November 2016 hat die Mitgliederversammlung des IUTA e.V. eine Compliance-Richtlinie in Kraft gesetzt. Für das IUTA und für alle für das IUTA tätigen Personen ist damit ein genereller Verhaltenskodex schriftlich fixiert.

Gebäude und allgemeine Infrastruktur

Das IUTA verfügt über ein 12.600 m^2 großes Grundstück in Duisburg, auf dem sich ein Hauptgebäude und drei Technikumshallen (zwei Doppelhallen und eine Einzelhalle) befinden. In Summe stehen ca. 2.680 m^2 Büro-/Laborflächen und ca. 5.200 m^2 Technikumsflächen zur Verfügung.

Wissenschaftliche Geräte und Infrastruktur

Das IUTA besitzt eine umfangreiche und moderne gerätetechnische Ausstattung mit z. T. deutschlandweit einzigartigen Technikumsanlagen, die die Brücke zwischen Grundlagenforschung und industrieller Anwendung bilden. Neben den zahlreichen Anlagen, die u. a. aufgrund ihrer Dimensionierung ein Scale-up auf industrielles Prozessniveau gestatten, wird die Ausstattung des Instituts durch eine umfangreiche Analysetechnik zur chemisch-physikalischen Charakterisierung von Substanzen bzw. Schadstoffen in gasförmiger, flüssiger Matrix oder auch in partikulärer Form komplettiert. In 2021 wurde die Ausstattung um ein Röntgenfluoreszenz-Spektrometer, ein Spektrometer für Langzeitmessungen von Partikeln im Bereich 10 nm – 800 nm, einen Haufwerksdispergierer zur Prüfstauberzeugung, ein Laserbeugungs-Partikelmessgerät und einen Gasanalysator zur Rohgas/Reingasüberwachung in Prüfständen ergänzt.

Maßnahmen zur Nachwuchsförderung und Nachwuchsgewinnung

Etwa 10 % der Mitarbeiter:innen des IUTA streben eine wissenschaftliche Qualifikation (Promotion oder Habilitation) an. Die Betreuung erfolgt in Kooperation mit einer Universität, in der Regel der Universität Duisburg-Essen. Die Themen der Arbeiten orientieren sich stark an den Leitthemen des IUTA und sind in der Regel direkt an einschlägige Projekte geknüpft. Schwierig ist in diesem Zusammenhang die kurze Laufzeit vieler Projekte; selbst große Verbundprojekte haben Laufzeiten von maximal drei Jahren, was insbesondere für ingenieurtechnische Promotionen zu kurz ist, sodass immer der Druck besteht, thematisch zur Promotion passende Anschlussprojekte zu finden.

Insbesondere mit der Universität Duisburg-Essen (Fakultät für Ingenieurwissenschaften und Fakultät für Chemie) findet ein reger fach-

licher Austausch statt, sodass zahlreiche Studierende Qualifikationsarbeiten am IUTA anfertigen. Typischerweise betreuen die IUTA-Wissenschaftler:innen kontinuierlich 10 – 20 Bachelor- und Masterarbeiten, in dieser Größenordnung findet auch Praktikantenausbildung statt. Darüber hinaus sind üblicherweise zwischen 20 und 30 Studierende am IUTA als wissenschaftliche Hilfskräfte beschäftigt.

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

1989 hatten sich die Mitinitiatoren der Gründung des IUTA aus dem Kreis der privaten und öffentlichen Wirtschaft in einem Förderverein für den IUTA e.V. zusammengefunden, um die Arbeit des Instituts zu unterstützen.

Der Förderverein des IUTA hat seither einen beispielhaften Beitrag durch finanzielle Zuwendungen und Beratung beim Aufbau des Instituts geleistet. Im Laufe der zurückliegenden Jahre hat sich die Mitgliederstruktur entsprechend den Arbeitsgebieten des Instituts und 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 FVEU wird von Herrn Dr. Bertram Böhringer als Vorsitzendem und Herrn Dr. Haep sowie Herrn Dipl.-Ing. Jochen Schiemann als Geschäftsführern geführt.

3 Arbeitsschwerpunkte und technische Ausstattung der Abteilungen

3.1 Luftreinhaltung & Gasreinigung

Die Abteilung *Luftreinhaltung & Gasreinigung* erforscht und entwickelt Verfahren und Technologien zur Luftreinhaltung. Die Bandbreite der Anwendungen reicht von Verfahren zur Bewertung und Vermeidung von prozessbedingten Emissionen und Immissionen bis hin zum Personen- und Produktschutz an Arbeitsplätzen.

Für die Durchführung der Forschungs- und Entwicklungsprojekte steht eine umfangreiche Geräteausstattung von Versuchsanlagen sowohl im Technikums- als auch im Labormaßstab, Online-Multikomponenten-Messgeräten für anorganische und organische Gaskomponenten sowie Feinstaubpartikelmessgeräte zur Verfügung.

Die Abteilung verfügt über Expertise auf den Gebieten der chemischen, thermischen und mechanischen Verfahrenstechnik. Je nach Anforderung kommen die Verfahren Adsorption, Absorption, Katalyse und Filtration zum Einsatz. Durch zielgerichtete Kombination dieser Grundoperationen und/oder Entwicklung neuer Komponenten werden maßgeschneiderte Lösungen entwickelt, die sich durch eine hohe Abscheideleistung bei möglichst großer Ressourcen- und Energieeffizienz auszeichnen. Die Bandbreite der aktuellen FuE-Themen ist in der Tabelle 3-1 dargestellt.

Zu den in 2021 erfolgreich abgeschlossenen FuE-Projekten gehört z. B. das Projekt „Entwicklung schaltbarer Funktionalitäten von Vliesstoffoberflächen für Anwendungen in der Filtration und im Automotive-Bereich – NGF 2.0“, das im Rahmen des Leitmarktwettbewerbs EnergieUmweltwirtschaft.NRW vom Land NRW und der EU gefördert wurde.

Zur Unterstützung der theoretischen und experimentellen Untersuchungen wird in vielen Fällen die Mehrphasenströmungssimulation (CFD) eingesetzt, um Aussagen über den lokalen Energie- und Massentransport, insbesondere für instationäre Prozesse in Apparaten ableiten zu können. Die Expertise reicht von der Simulation des Fluidtransports in HPLC-Kapillaren, der Partikelabscheidung in (Nass-)Elektroabscheidern über die Simulation von Partikeltransport und -abscheidung in porösen Strukturen, wie bspw. textilen Filtern oder Schäumen bis hin zur Entwicklung von Methoden und Modellen zur Aerosoldynamik in Sprühwäschern.

Zur Validierung der theoretischen Ansätze sowie der Ergebnisse der CFD-Untersuchungen werden die vorhandenen Technikums- und Laboranlagen an die jeweiligen Bedingungen angepasst. Hier seien beispielhaft Prüfstände zur Charakterisierung des Abreinigungsverhaltens von Filtermedien genannt, die die Anforderungen von Prüfvorschriften wie DIN ISO 11057 oder VDI 3926 Blatt 1 berücksichtigen, aber auch Prüfungen bei erhöhter Temperatur und Feuchte sowie die Beaufschlagung mit korrosiven Gasen ermöglichen. Ebenso lassen sich mit diesen Anlagen z. B. reaktive und katalytische Umsetzungen während des Filtrationsprozesses untersuchen.

In Zusammenarbeit mit Umweltbehörden (z. B. UBA, LANUV NRW) erfolgen darüber hinaus Untersuchungen zur Belastung der Umgebungsluft mit Partikeln und partikelgebundenen Schadstoffen.

Über die reinen Forschungsaktivitäten hinaus werden Produkttests oder die Begleitung der Produktentwicklung angeboten, i. d. R. nach

international genormten Standards und anerkannten Messmethoden, um Vergleichbarkeit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse sicherzustellen.

Die Erstellung von Studien zur Konzeptionierung neuer und Ertüchtigung bestehender Anlagen, Betrachtungen zur Energieeffizienz sowie energiewirtschaftliche Bewertungen von Anlagenkonzepten und Optimierungsmaßnahmen bis hin zur Erstellung unabhängiger Gutachten im Rahmen von Genehmigungsverfahren runden das Leistungsspektrum ab.

Zu den Forschungspartnern und Auftraggebern zählen Unternehmen der chemischen Industrie, der Stahlindustrie, Hersteller von raumlufttechnischen Apparaten und Anlagen, Hersteller technischer Gase, Unternehmen aus den Bereichen Anlagenbau, Gasprozesstechnik, Filtration und Adsorption sowie öffentliche nationale und internationale Auftraggeber.

Tabelle 3-1: Eingesetzte Technologien und ihre Anwendungsbereiche

		Thermische und mechanische Trennverfahren zur Anwendung in Abgasen, Biogas, Erdgas, Luft in Reinräumen, …						
Luftverunreinigungen		Adsorption	Absorption	Flugstrom-verfahren	Katalyse (Photokat., SCR, SNCR)	Multi-effekt-filtration	(Konden-sations-, Nass-) Elektro-filtration	Strahl-wäsche
Partikulär (fest, flüssig, biogen)	< 10 µm					✓	✓	✓
	< 1 µm					✓	✓	✓
	<< 1 µm					✓	✓	✓
Gasförmig	Queck-silber	✓	✓	✓				
	NO_X, SO_X, …		✓	✓	✓			
	(S)VOC	✓			✓	✓		

Aktuelle und neue Projekte:

- Feinstaubabscheidung in Wäschern
- Realitätsnahe Prüfmethode für Multieffektfilter
- Entwicklung von Detektionssystemen mit elektrochemisch aktiven Oberflächen zur Online-Überwachung von gasförmigen Schadstoffen in Spurenkonzentrationen in Gas- bzw. Luftströmen vor Filtern
- Einfluss der Staubbeladung auf die chemische Alterung abreinigbarer Filtermedien – Laborversuche vs. Alterung der Medien im realen Einsatz in industriellen Anlagen
- Übertragbarkeit der physikalischen, mechanischen und elektrostatischen Vliesstoffeigenschaften auf konfektionierte Filter (Faltenfilter)
- Einsatzmöglichkeiten von Elektrofiltern in der Raumlufttechnik unter besonderer Berücksichtigung der Energieeffizienz
- Einfluss der lokalen Außenluftqualität und der empfohlenen RLT-Feinstaubfilter auf die Zuluftqualität während des Realbetriebs
- Absorptions- und Reemissionsvorgänge von Quecksilber in Wäschern zur Entschwefelung von Verbrennungsabgasen
- Adsorption von Quecksilber an pulverförmigen Sorbentien
- Entwicklung eines Probenahmesystems für legionellenbelastetes Aerosol aus Rückkühlanlagen
- Entwicklung einer Bewertungsmethodik der Hygiene von Verdunstungskühlanlagen
- Entwicklung von Methoden und Modellen zur Aerosoldynamik in (verfahrens-)technischen Prozessen
- Industrielle Prozessfeuerung mit H_2 und O_2 am Beispiel der Kalkindustrie
- Optimierung und Bewertung von Prozessketten zur chemischen CO_2-Verwertung für die Emissionsminderung in der Zementindustrie
- Erarbeitung eines BVT-Standards zur Minderung von PCB aus industriellen Abgasen auf Basis experimenteller Feldversuche

Aus der Vielzahl an Forschungsaktivitäten werden beispielhaft drei aktuelle Projekte vorgestellt:

Optimierung und Bewertung von Prozessketten zur chemischen CO_2-Verwertung für die Emissionsminderung in der Zementindustrie

Im Rahmen des IGF-Projektes 21582 N wurde eine Prozessanalyse für die Integration von Power-to-X-Technologien in einen Zementherstellungsprozess durchgeführt. Zementwerke verursachen ca. 7 % der globalen CO_2-Emissionen und sollen bis 2045 klimaneutral betrieben werden. Hierzu stellt die Kopplung von Power-to-X-Technologien und CCU-Technologien (CCU = Carbon Capture and Usage) eine geeignete Strategie dar. Im Einzelnen soll das prozessbedingte CO_2 aus den Zementwerksabgasen abgeschieden und anschließend mit regenerativem Wasserstoff zu höherwertigen Kohlenwasserstoffen umgewandelt werden.

In Kooperation mit dem Verein Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ) wurden verschiedene Verschaltungen von Prozessketten mit einem referenziellen Zementwerk untersucht (Abb. 3-1). Dabei wurde zwischen der konventionellen Betriebsweise eines Zementwerks und einer Oxyfuel-Verbrennung unterschieden. Zunächst wird das Zementwerksabgas durch eine Monoethanolamin-Wäsche gereinigt und das enthaltene CO_2 abgeschieden. Das möglichst reine CO_2 wird in einem nächsten Prozessschritt mit grünem Wasserstoff angereichert und wahlweise zu Methanol oder Methan umgesetzt.

Mittels der Simulationssoftware AspenPlus® wurden kinetische Modelle der einzelnen Prozesseinheiten entwickelt und verschaltet. Diese wurden anschließend mit einer zusätzlichen NaOH-Wäsche erweitert, um das im Abgas enthaltene SO_2 abzuscheiden und einer Desaktivierung der Synthesekatalysatoren sowie einer Degradierung des MEA vorzubeugen.

Mit Hilfe der entwickelten Modelle gelang es, die gesamten Prozessketten zu simulieren und optimale Betriebspunkte der Anlagenkonfiguration zu bestimmen. Es konnte eine zuverlässige Aussage über den Energiebedarf und die Anlagendimensionen der einzelnen Prozesseinheiten getroffen werden. Das abgeschiedene CO_2 des Zementwerkabgases konnte in der Simulation jeweils zu marktfähigem Methanol oder Methan in Erdgasnetzqualität umgewandelt werden.

Abb. 3-2 zeigt den Verlauf des spezifischen Energiebedarfs im Desorptionsprozess der MEA-Wäsche bei einer Abscheideleistung von 90 % CO_2 und massenbezogenem L/G-Verhältnis. Das L/G-Verhältnis ist als Quotient aus Waschmittelrate und Abgasstrom des Zementwerks definiert. Bei konstantem Abgasstrom und variabler Waschmittelrate ergibt sich ein Minimum des spezifischen Energiebedarfs, welches den optimalen Betriebspunkt der MEA-Wäsche darstellt. Im Zuge einer energetischen Optimierung konnte gezeigt werden, dass eine Zwischenkühlung im Absorptionsprozess zu einer höheren Aminbeladung führt und damit einen effizienteren Desorptionsprozess bewirkt. Dies zeigen die Kurven, die sich bei verschiedenen Kühlleistungen des Zwischenkühlers (0 – 22 MW) ergeben haben. Anhand der Grafik ist erkennbar, dass der spezifische Energiebedarf von 3,85 MJ/kg_{CO2} ohne Zwischenkühlung auf 3,72 MJ/kg_{CO2} mit 10-MW-Zwischenkühlung reduziert werden kann. Eine Erhöhung der Kühlleistung auf 22 MW ergab keine weitere Senkung des spezifischen Energiebedarfs.

Die aktuellen Ergebnisse wurden Industriepartnern und Interessierten zur Verfügung gestellt. Im nächsten Schritt des Projektes wird anhand der Simulationsergebnisse eine techno-ökonomische Bewertung vorgenommen und ein Tool

erstellt, mit dem Zementwerkbetreiber eine standortspezifische Strategie entwickeln können.

Förderhinweis:

Das IGF-Projekt „CO_2-Verwertung in der Zementindustrie“ (21582 N) wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

Forschungsnetzwerk Mittelstand

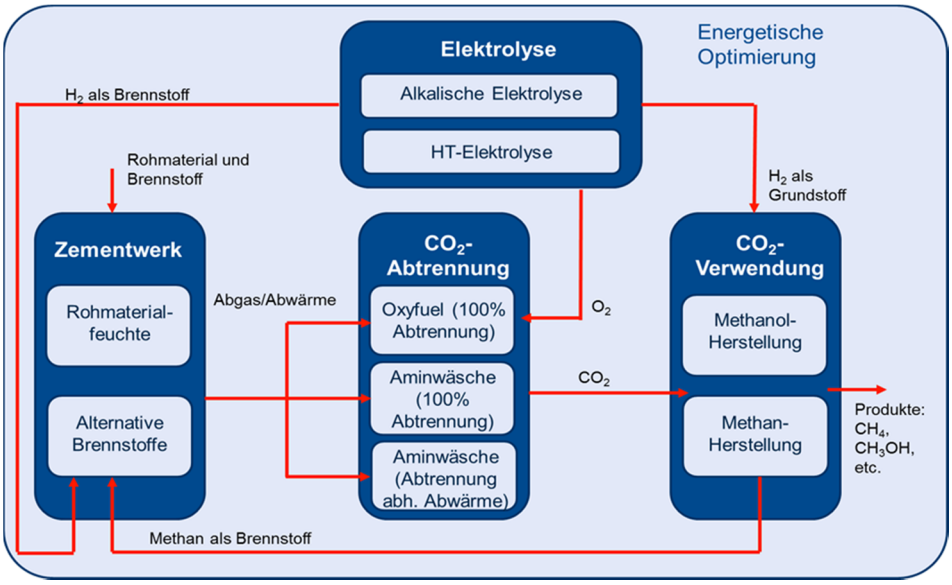


Abb. 3-1: Veranschaulichung der möglichen Verfahrenskonfigurationen

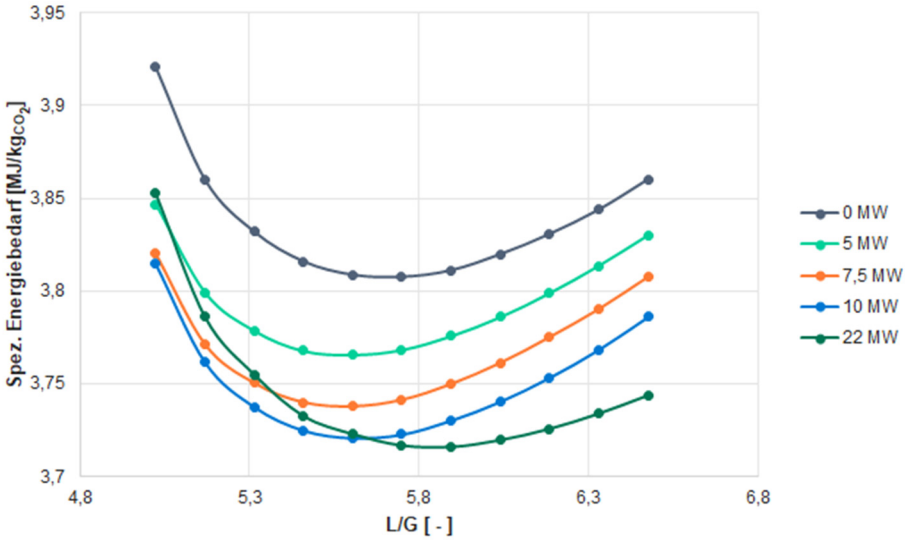


Abb. 3-2: Spezifischer Energiebedarf des MEA-Desorbers bei Variation des L/G-Verhältnisses für verschiedene Leistungen des Zwischenkühlers im Absorber

Wasserstoffverbrennung in Kalkschachtöfen

Das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) geförderte INNO-KOM-Projekt „Industrielle Prozessfeuerung mit H_2 und O_2“ beschäftigt sich vor dem Hintergrund des Klimawandels mit dem Einsatz von grünem Wasserstoff in Industrieöfen, welche bislang mit fossilen Brennstoffen befeuert werden. Durch den zunehmenden Ausbau der Leistungskapazitäten von Wasserelektrolyseuren wird grüner Wasserstoff in großen Mengen verfügbar, der eine entsprechende Defossilierung dieser Industriebranchen ermöglicht.

In dem Projekt wird speziell die Prozessfeuerung mit Wasserstoff in der Kalkindustrie untersucht. Kalk bzw. Branntkalk ist unter anderem ein Rohstoff für die Eisen- und Stahlindustrie, Bauindustrie sowie für den Umweltschutz. Branntkalk wird in Kalkschachtöfen durch die Kalzinierung bzw. Entsäuerung von Kalkstein hergestellt, indem dieser auf Temperaturen über 830 °C erhitzt wird und dabei gemäß folgender Reaktionsgleichung CO_2 freisetzt:

$$CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2$$

Neben den brennstoffbedingten CO_2-Emissionen werden daher ebenfalls prozessbedingte CO_2-Emissionen generiert, die ca. 66 % der Gesamtemissionen der Kalkindustrie ausmachen. Der Kalkstein wird von oben in den Kalkschachtofen aufgegeben und bewegt sich als Schüttung aufgrund der Schwerkraft nach unten. Es kann zwischen verschiedenen Kalkschachtöfen unterschieden werden, welche sich im Wesentlichen durch die Brennstoffzufuhr und die gewünschte Produktqualität unterscheiden. Es wird größtenteils Erdgas für die Prozessfeuerung verwendet. Die heißen Verbrennungsgase erhitzen den Kalkstein und führen schließlich zur Entsäuerung.

Da die Verbrennung von grünem Wasserstoff im Gegensatz zu Erdgas ausschließlich Wasserdampf erzeugt, werden die brennstoffbedingten CO_2-Emissionen durch eine Brennstoffsubstitution vermieden. Wasserelektrolyseure erzeugen nicht nur Wasserstoff, sondern ebenfalls Sauerstoff als Nebenprodukt. Hier besteht die Möglichkeit, diesen im Rahmen einer Oxyfuel-Verbrennung einzusetzen, indem mit reinem Sauerstoff anstelle von Luft verbrannt wird. Dies führt zu einer CO_2-Anreicherung im Abgas und vereinfacht eine nachgeschaltete Aufreinigung erheblich. Allerdings ist die Oxyfuel-Verbrennung mit deutlich höheren Verbrennungstemperaturen verbunden. Deshalb ist eine Abgasrezirkulation notwendig, um diese zu kontrollieren.

Durch den Einsatz von regenerativem Wasserstoff und Sauerstoff in Kalkschachtöfen wird die Verbrennung, die Abgaszusammensetzung und unmittelbar die Wärmeübertragung zwischen der Gas- und Feststoffphase beeinflusst. Daher ist es notwendig, deren grundlegende Wirkzusammenhänge zu untersuchen. Experimentelle Untersuchungen sind aufgrund der Kalksteinschüttung sowie der hohen Prozesstemperaturen allerdings kaum möglich. Vor diesem Hintergrund werden in dem Projekt die Auswirkungen von Wasserstoff und Sauerstoff auf den Kalzinierungsprozess mithilfe von Simulationen anhand des Modells eines erdgasbefeuerten Normalschachtofens betrachtet.

Die Modellierung geht zunächst von einem Gleichgewicht aus, das auf einer idealen Wärmeübertragung zwischen der Gas- und Feststoffphase basiert. Die daraus resultierenden Ergebnisse werden in ein komplexeres CFD-DEM-Modell eingespeist, das die Temperaturverteilung, die Wärmestromdichten, den Kalzinierungsgrad, die Speziesverteilung und das Strömungsverhalten im Kalkschachtofen örtlich auflöst. Daraus lassen sich schließlich die Wirkzusammenhänge ableiten.

Als Randbedingung wurde eine Rohmaterialzusammensetzung von 95 Gew.-% CaO und 5 Gew.-% inertem Restanteil angenommen. Die Luftzahl beträgt 1,3. Der Brennstoff ist

H-Gas (hochkalorisches Gas) mit einem Methananteil von 93 %. Des Weiteren wurden Wärmeverluste von 2 % berücksichtigt. Unter diesen Randbedingungen wurde der Anteil von Wasserstoff im Erdgas sukzessiv erhöht. In Abb. 3-3 ist der spezifische Energiebedarf des Prozesses in Abhängigkeit des Wasserstoffanteils dargestellt.

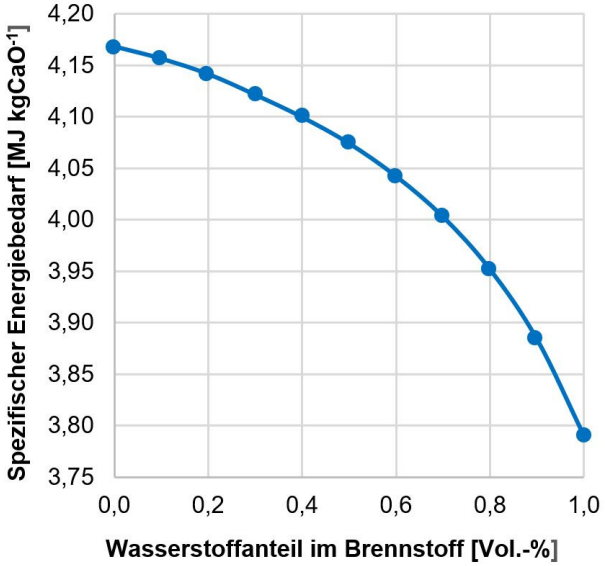


Abb. 3-3: Spezifischer Energiebedarf des Kalkschachtofens in Abhängigkeit des Wasserstoffanteils im Brennstoff

Durch die vollständige Erdgassubstitution mit Wasserstoff ist eine Verringerung des Energiebedarfs von ca. 4,17 MJ/kg_{CaO} auf ca. 3,90 MJ/kg_{CaO} zu erkennen, was einem theoretischen Einsparpotenzial von 9 % entspricht. Dies ist auf den deutlich geringeren Verbrennungsluftbedarf von Wasserstoff im Gegensatz zu Erdgas zurückzuführen. Allerdings steigt damit ebenfalls die adiabate Verbrennungstemperatur um ca. 260 °C. Um die erhöhte Temperatur zu vermeiden, ist eine Abgasrezirkulation oder eine größere Luftzahl erforderlich, was wiederrum einen negativen Effekt auf den Energiebedarf hat.

Der nächste Schritt ist die Übertragung der Ergebnisse als Randbedingungen für das CFD-DEM Modell. Dafür ist die Implementierung von mathematischen Modellen zur Beschreibung der vorliegenden Reaktionskinetiken, der Wärmeübertragung und der Fluiddynamik erforderlich.

Förderhinweis:

Das Forschungsprojekt wird über die Projektförderung „INNO-KOM“ durch den Projektträger EuroNorm GmbH vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

INNO-KOM

Einfluss der lokalen Außenluftqualität und der empfohlenen RLT-Feinstaubfilter auf die Zuluftqualität während des Realbetriebs

Die Ermittlung der Leistungsparameter Druckverlust und Partikel-Abscheideeffizienz der Filter für die allgemeine Raumlufttechnik und die Klassifizierung erfolgt nach der Normenreihe DIN EN ISO 16890 (2017). Die Einführung dieser neuen Richtlinie wirkt sich auch auf Regelwerke aus, die sich (noch) auf Filterklassen nach DIN EN 779 beziehen. Für die Auswahl von passenden RLT-Filtern in Abhängigkeit von der Außenluftqualität und Nutzungsart des Gebäudes gibt es abweichende Empfehlungen auf nationaler (VDI 6022) und internationaler Ebene (Eurovent 4/23), um die gewünschte bzw. geforderte Zuluftqualität zu erreichen. Zur Einschätzung, welche Zuluftqualitäten bei Einsatz der empfohlenen Filtertypen auch bei unterschiedlicher Außenluftqualität tatsächlich erreicht werden, liegen seitens der Filterhersteller bzw. Lüftungsanlagenbauer keine Langzeiterfahrungen vor. Noch geringer ist der Wissensstand zu den zu erwartenden tatsächlichen Raumluftqualitäten. Ziel des IGF-Projektes 21330 N ist es, u. a. diese Fragestellungen zu beantworten.

Nach der Normenreihe ISO 16890 werden RLT-Filter nach ihren Abscheidegraden für die Feinstaubfraktionen PM_1, $PM_{2,5}$ und PM_{10} im Labor bewertet. Hierzu wird die mittlere Fraktionsabscheidegradkurve eines Filterelements durch Berechnung des Mittels aus Fraktionsabscheidegradkurve im Neuzustand und der nach einer Konditionierung mit Isopropanol bestimmt. Aus dieser mittleren Fraktionsabscheidegradkurve werden die PM_x-Abscheidegrade berechnet, indem die Werte mit einer standardisierten und normierten Partikelgrößenverteilung der Umgebungsluft gewichtet werden. Es werden standardisierte Volumenverteilungen der Partikelgröße verwendet, die international die durchschnittliche Umgebungsluft in ländlichen bzw. städtischen Umgebungen abbilden. Diese Verteilungen können erheblich von den tatsächlich vorliegenden Partikelgrößenverteilungen am Standort abweichen und variieren u. U. jahreszeitlich und wetterabhängig.

Zur Ermittlung der Leistungsparameter unter realen Einsatzbedingungen wurde ein vorhandener Filterprüfstand für den Betrieb mit Außenluft umgebaut und messtechnisch erweitert (Abb. 3-4). Mittels zweier Feinstaubmessgeräte wird die gleichzeitige Erfassung der PM_x-Fraktionen vor und hinter einem Filter durchgeführt. Die eingesetzten Feinstaubmessgeräte sind optische Spektrometer, die einen größenabhängigen und gewichteten Konvertierungsalgorithmus verwenden, um aus den Messwerten für Partikelanzahl und -größe die entsprechenden PM_x-Fraktionen zu berechnen. Aus den gemessenen PM_x-Werten werden dann PM_x-Abscheidegrade berechnet. Die parallele Aufzeichnung der Anzahlgrößenverteilungen ermöglicht einen direkten Vergleich mit den standardisierten Verteilungen der Norm.

Die Untersuchungen finden an Taschenfiltern mit unterschiedlichen Effizienzklassen über die gesamte Projektlaufzeit statt. Für die Vergleiche werden jeweils zwei Filter desselben Typs und aus gleicher Charge verwendet. Die Charakterisierung erfolgt für den einen Filter entsprechend der Norm einschließlich der Behandlung mit Isopropanol. Der andere Filter wird an unterschiedlichen Messtagen mit Außenluft getestet. Exemplarisch werden im Folgenden die Ergebnisse für einen Filter der Effizienzklasse ISO ePM_1 60 % dargestellt. Die Klassifizierung nach Norm unter Verwendung der standardisierten Größenverteilungen ergaben für diesen Filter Abscheidegrade für ePM_1 von 67 %, für $ePM_{2,5}$ 75 % und ePM_{10} 91 %.

Der andere Filter wurde an zwei Messtagen mit Außenluft getestet. Die gemessenen Volumengrößenverteilungen der Umgebungsluft sind typischerweise bimodal mit einem feinen und einem groben Mode. Am Standort IUTA ähneln die gemessenen Größenverteilungen je nach Wettersituation (Windrichtung, Windgeschwindigkeit) eher den standardisierten Verteilungsfunktionen für urbane oder für ländliche Räume mit deutlich kleineren Standardabweichungen und einer höheren Gewichtung des groben Modes. Abb. 3-5 zeigt die zeitlichen Verläufe der PM_x-Abscheidegrade, die aus den im Roh- und Reingas gemessenen PM_x-Fraktionen berechnet wurden, für einen Tag (7. Mai 2021), an dem die reale Verteilungsfunktion eher einer urbanen Verteilung ähnelte.

Zum Vergleich sind die nach Norm ermittelten ePM_x-Abscheidegrade mit in das Diagramm eingezeichnet. Der über die Messdauer gemittelte PM_{10}-Abscheidegrad für den Betrieb mit Außenluft liegt mit ca. 77 % deutlich unter dem nach Norm bestimmten Wert von 91 %.

Am zweiten Messtag (10. Mai 2021) ähnelte die reale Verteilungsfunktion eher der eines ländlichen Raums. Für den über die Messdauer gemittelten PM_{10}-Abscheidegrad ergab sich ein Wert von ca. 92 %.

In Tabelle 3-2 sind für beide Messtage die über die Messdauer gemittelten PM_x-Abscheidegrade denen nach Norm ermittelten gegenübergestellt. Ähnelt die gemessene reale Volumengrößenverteilung eher einer urbanen, erreicht der Filter PM_1- und $PM_{2,5}$-Effizienzen wie

sie auch unter Laborbedingungen nach Norm ermittelt wurden. Ist die Verteilungsfunktion der Umgebungsluft eher ähnlich der eines ländlichen Raums, liegt der Abscheidegrad des Filters für die PM_{10}-Fraktion auf der gleichen Höhe wie der nach der Norm bestimmte. Diese zwei ausgewählten Messungen bestätigen, dass die Prüfergebnisse nach Norm nicht repräsentativ für den Einsatz in der Praxis sind.

Für eine größere Datenbasis werden die Arbeiten in der verbleibenden Projektlaufzeit mit weiteren Filtern fortgesetzt.

Förderhinweis:

Das IGF-Projekt 21330 N der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Maschinenbau e.V. (FKM) wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschafts-forschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

Forschungsnetzwerk Mittelstand

Abb. 3-4: Filterprüfstand für den Betrieb mit Außenluft

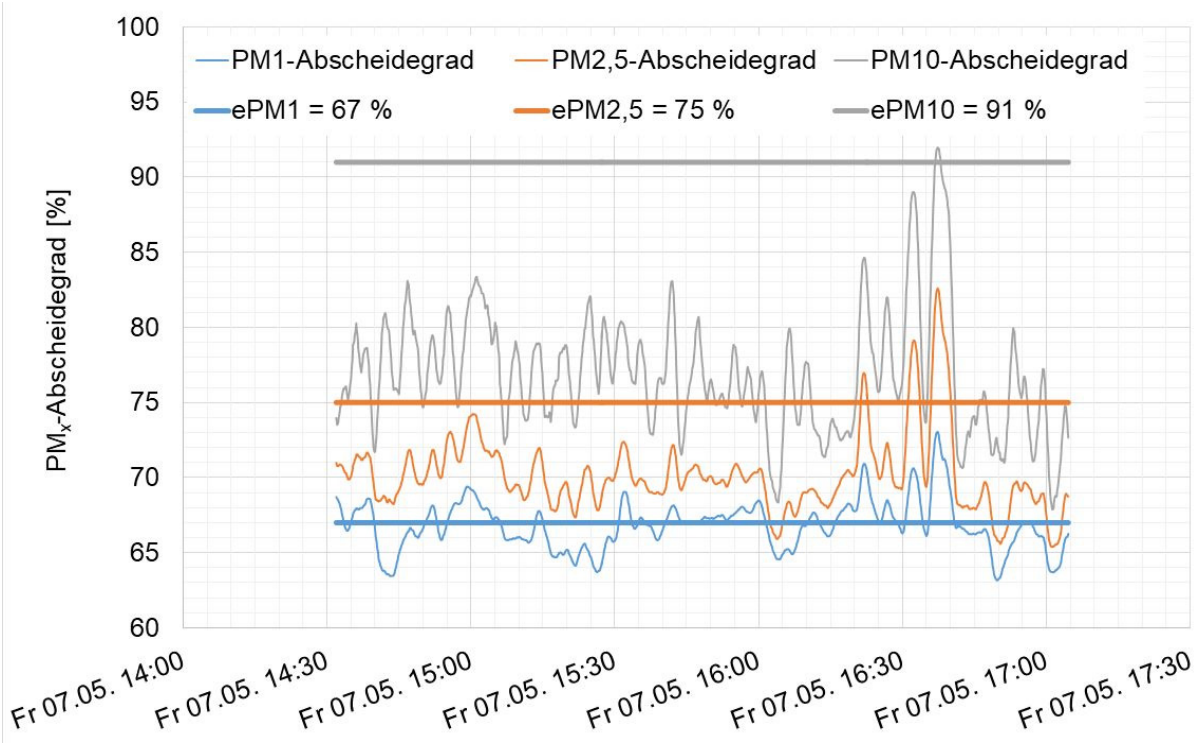


Abb. 3-5: Vergleich der PM_x-Abscheidegrade

Tabelle 3-2: Zusammenstellung der über die Messdauer gemittelten Werte

Messtag	07.05.2021	10.05.2021
Außenluft	12 °C, 43 % r. F.	20 °C, 52 % r. F.
PM_1 (Mittelwert)	8 µg/m³	2 µg/m³
$PM_{2,5}$ (Mittelwert)	9 µg/m³	4 µg/m³
PM_{10} (Mittelwert)	13 µg/m³	11 µg/m³
PM_1-Abscheidegrad	66,8 %	74,5 %
$PM_{2,5}$-Abscheidegrad	70,2 %	83,9 %
PM_{10}-Abscheidegrad	76,9 %	92,2 %

ISO 16890
ePM_1 67 %
$ePM_{2,5}$ 75 %
ePM_{10} 91 %

3.2 Filtration & Aerosolforschung

Die Abteilung *Filtration & Aerosolforschung* forscht in der Partikel- und Gasfiltration sowie der Partikel- Aerosol- und Gasmesstechnik. Hierzu verfügt die Abteilung über eine breite messtechnische Ausstattung und eine Vielzahl komplexer Versuchsanlagen, die sowohl zur normgerechten Prüfung von Filtern oder Adsorbentien als auch für die Entwicklung neuer Materialien oder Messverfahren eingesetzt werden. Die Anwendungsbereiche umfassen ein weites Spektrum. Es reicht von der Filtration in raumlufttechnischen Systemen und Anlagen in Gebäuden und Fahrzeugen, über Koaleszenz- und Druckluftfilter bis hin zur Entfernung toxischer und hochtoxischer Schadgase aus Gas- und Luftströmungen. Zudem werden Atemschutzmasken in Anlehnung an EN 149, u. a. auch mit Partikeln in der Größe von Viren, geprüft. Außerdem werden messtechnische Entwicklungen durchgeführt, z. B. für Filterprüfungen, zur Bewertung von Messtechnik z. B. Sensoren zur Charakterisierung von Partikeln unter extremen Bedingungen (Druck, Temperatur etc.), zur Bestimmung von Bremsstaubemissionen oder zur Erfassung der (persönlichen) Exposition gegenüber (Nano-)Partikeln. Durch die Kombination der breit gefächerten Expertise der Mitarbeiter:innen lassen sich zudem maßgeschneiderte Lösungen für spezifische Anwendungen entwickeln.

Einen Überblick über die in der Abteilung *Filtration & Aerosolforschung* verfügbaren Prüfstände liefert Tabelle 3-3. In einem Prüfstand gemäß der internationalen Norm ISO 16890 (ehemals EN 779) können Filter unterschiedlicher Filterklassen für raumlufttechnische (RLT-)Anlagen geprüft werden. Der automatisierte Prüfstand erlaubt dabei Volumenströme zwischen 400 und 5000 m³/h bei einer konstanten Temperatur zwischen 20 und 60 °C und relativen Luftfeuchtigkeiten bis zu 98 %.

Tabelle 3-3: Prüfstände in der Abteilung *Filtration & Aerosolforschung*

	Prüfstand	RLT-Filter	Druck-luft	Kfz Filter	MFP	Raumluft-reiniger	Gerüche	Tox
	Normen	ISO 16890, ehem. EN 779	ISO 12500	DIN 71460, ISO 11155	ISO 29463, DIN EN 1822	ISO 63086-1, GB/T 18801-2015, JEM 1476, VDI EE 4300 Blatt 14		
	Volumenstrom (m³/h)	400-5000	1-3000	60-800	1 - 35		50-250	1-25
Partikel	>10 µm	✓		✓	✓			
	< 10 µm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	< 1 µm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	< 0,1 µm	✓	✓[2]	✓	✓	✓	✓	
Gas	SO_2			✓				✓
	NH_3, NO_x			✓		✓		✓
	(S)VOC		✓	✓		✓	✓	✓
	Butan, Toluol			✓		✓		✓
	Formaldehyd					✓		✓
	Tox. Gase[1]							✓

[1] z. B. Blausäure, Phosgen, Benzol, etc. [2] nach Entspannung

Darüber hinaus steht eine Kammer zur Verfügung, um gemäß ISO 16890 RLT-Filter mithilfe von Isopropanoldampf elektrisch zu entladen.

Druckluftfilter können gemäß ISO 12500 getestet werden. Hierzu stehen insgesamt drei Prüfstände zur Verfügung, die bei Betriebsdrücken von bis zu 8 bar abs. mit Normvolumenströmen von 1 bis 100 m³/h bzw. von 50 bis 3000 m³/h betrieben werden. Diese Aufbauten erlauben die Messungen des Restölgehaltes (ISO 12500 Teil 1), des Öldampfgehaltes (Teil 2) sowie der Partikel (Teil 3). Der große Druckluftfilterprüfstand (50 – 3000 m³/h) verfügt zudem über die Möglichkeit, die Temperatur zwischen 10 und 50 °C einzustellen, um so z. B. das Drainageverhalten oder den abströmseitigen Wiedereintrag von Öltröpfchen in Abhängigkeit von der Temperatur zu analysieren.

Kfz-Innenraumfilter können in einem weiten Temperatur- und Feuchtigkeitsbereich (10 bis 80 °C, 10 bis 95 % r.F.) im Hinblick auf Partikelabscheidung und Gasadsorption gemäß den Normen ISO 11155 und DIN 71460 untersucht werden.

An einem Medienfilterprüfstand (MFP) lassen sich Filterronden mit einer angeströmten Querschnittsfläche von 100 cm² mit einer großen Bandbreite an Anströmgeschwindigkeiten sowie verschiedensten Testaerosolen prüfen.

Weiterhin verfügt die Abteilung *Filtration & Aerosolforschung* über einen variablen Prüfraum, in dem Raumluftreiniger untersucht werden. Die Größe des Raumes lässt sich an die jeweils gestellten Anforderungen anpassen. Für Untersuchungen gemäß der chinesischen Norm GB T18801-2015 beträgt das Volumen des Raumes 30 m³. Messungen gemäß der internationalen Prüfnorm IEC 63086, die derzeit noch nicht in Kraft getreten ist, werden zukünftig ebenfalls möglich sein. Für Messungen gemäß anderer Normen (z. B. dem Entwurf für die deutsche Norm DIN 44973-100) lässt sich das Raumvolumen variabel anpassen. Die Qualität der Raumluftreiniger wird anhand der Abnahme der Konzentration von Partikeln sowie verschiedener Gase wie Formaldehyd oder Toluol ermittelt. Zudem können die eingesetzten Filter z. B. mit Zigarettenrauch oder Formaldehyd definiert gealtert werden.

Ein weiterer Prüfstand der Abteilung erlaubt die definierte Einspeisung von Gasen und Partikeln in einen Prüfkanal, der an ein Olfaktometer gekoppelt ist, um die Geruchsabscheidung z. B. von Kfz-Innenraumfiltern bewerten zu können. Als typische Gas- und Partikelquellen kommen beispielsweise das Abgas eines Dieselmotors sowie Zigarettenrauch zum Einsatz.

Zu guter Letzt verfügt die Abteilung über einen einzigartigen Prüfstand, der es erlaubt, sicher mit unterschiedlichen hochtoxischen Gasen umzugehen, um z. B. deren Adsorption an Adsorbens-Schüttungen, Flachmedien oder Gasmasken zu untersuchen. Der Prüfstand verfügt über eine aufwändige Gaskonditionierung, mit der bei Volumenströmen zwischen 1 und 25 m³/h konstante Temperaturen zwischen 10 und 50 °C sowie relative Luftfeuchten zwischen < 5 % und 90 % gehalten werden können. Dem Trägergasstrom können bis zu sechs Schadgase gleichzeitig zugemischt werden, jeweils in einem Konzentrationsbereich zwischen 1 und 1000 ppm. Somit kann das Abscheideverhalten über Einzelgase hinaus auch realitätsnah mit Schadgasgemischen untersucht werden.

Verbesserung der Drainageeigenschaft von Koaleszenzfiltermedien durch gemusterte Funktionalisierung

Die Druckluftfiltration als Teil der Druckluftaufbereitung, z. B. in Krankenhäusern, in der Lebensmittel- und Pharmaindustrie und anderen sensiblen Prozessen, nimmt mit einem Energieeinsatz (Deutschland 2004), der etwa der Jahreskapazität eines mittleren Kraftwerks entspricht, einen signifikanten Anteil in der Energiebilanz der betroffenen Unternehmen ein. Eine optimierte Öldrainage durch zielgerichtete

Gestaltung des Filter- bzw. Drainagemediums kann daher aufgrund der Verminderung des Durchströmungswiderstandes zu einer erheblichen Kostenminderung führen.

Ein Druckluftfilter (Koaleszenzfilter) ist üblicherweise mehrschichtig (Filtermedium, Drainagemedium) aufgebaut, wobei die abzuscheidenden Öltröpfchen zunächst im Filtermedium abgeschieden werden, dort koaleszieren und durch die Luftströmung in das direkt dahinterliegende Drainagemedium transferiert werden, um dort unter Einwirkung der Schwerkraft nach unten in das Filtergehäuse abzutropfen.

Die zugrundeliegenden Tropfenbewegungen und Benetzungsphänomene spielen bei der Öldrainage in Druckluftfiltern eine entscheidende Rolle. Nur durch effektive Drainage des abgeschiedenen Öls kann der Anstieg des Druckverlustes (gleichbedeutend mit der Erhöhung der Energieaufnahme des Systems) begrenzt werden.

Zusammen mit dem Projektpartner DTNW wurde in 2021 ein Forschungsprojekt zu dieser Thematik erfolgreich abgeschlossen. Ziel war es, das Prinzip lateraler Benetzungsgradienten durch moderne Verfahren der Oberflächenfunktionalisierung auf Vliesstoffe zu übertragen, um so zusätzlich zu Kapillarphänomenen eine verbesserte Öldrainage zu erzielen.

Die Koaleszenzfiltermedien sollten so modifiziert werden, dass sowohl auf der (makroskopischen) Oberfläche der Medien als auch dem Porensystem Benetzungsmuster mit möglichst großen Unterschieden und scharfen Übergängen zwischen oleophilen und oleophoben Bereichen entstehen. Auf diese Weise werden Transport und Deposition von Öltröpfchen kontrolliert und ölfreie Bereiche geschaffen, die auch nach längerer Betriebsdauer gut durchströmbar bleiben.

Die Modifizierung der Faseroberflächen erfolgte zunächst mit photonisch induzierten Prozessen, da photochemische Verfahren prädestiniert sind, die Benetzungseigenschaften großflächiger Substrate einzustellen. Neben photochemischer wurde auch die Oberflächenmodifizierung mittels thermischer Kondensation mit wasserbasierten Formulierungen getestet, was dem industriell relevanten Veredlungsprozess entspricht. Gleichzeitig erlauben derartige Verfahren durch Rastern, Maskieren oder Aufdrucken (von Monomerlösungen) die lokale Eingrenzung der Behandlung und des entsprechenden Musterungseffektes.

Als Substrate wurden primär zwei mechanisch gleiche oleophile und oleophobe Medien verwendet.

Der Prüfstand zur Untersuchung von Flachmedien, der bisher nur mit Filtermedien einheitlicher Oberflächeneigenschaften bestückt worden war, wurde auf seinen Einsatz mit oberflächenmodifizierten Filtermedien hin überarbeitet. Dabei wurde auch die Untersuchung des Partikeldurchtritts mittels eines optischen Partikelzählers (OPC) integriert.

Was die Muster-Variation bzw. die Masken betrifft, lag der Schwerpunkt auf Masken mit variierender Geometrie mit unterschiedlichen Loch- oder Spaltweiten und unterschiedlicher Anordnung, um den Einfluss der Verteilung und des Anteils der modifizierten Flächen auf das Filtrationsverhalten zu untersuchen. Dies waren parallel, dreieckig und punktförmig gemusterte Masken, womit unterschiedliche Flächenverhältnisse phil-phob realisiert wurden.

Der methodische Ansatz zur Herstellung von phil-phob gemusterten Glasfasermedien umfasste Versuche zur Erzeugung oleophober Bereiche in ursprünglich oleophilen Medien sowie zur Erzeugung oleophiler Bereiche in bereits durch den Herstellungsprozess oleophoben Medien. Der zweite Ansatz war erfolglos und wurde nicht weiterverfolgt.

Als Monomer wurde perfluorierter 3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,10,10,10-Acrylsäure-heptadecafluordecylester (AHDF) eingesetzt, dessen Endgruppen die für die Oleophobie notwendige geringe Oberflächenenergie um ca. 10 mN/m² ausbilden.

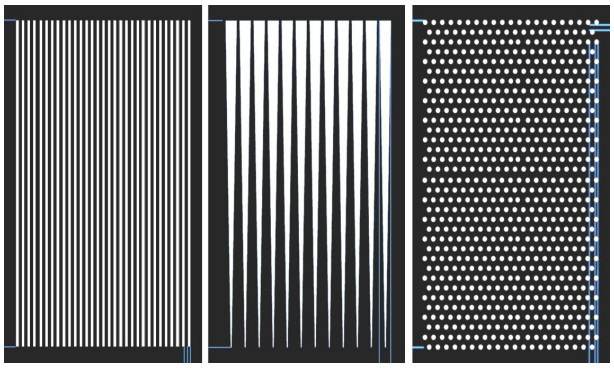


Abb. 3-6: Aufgeprägte Muster zur Verbesserung der Drainageeigenschaften von Filtermedien

Allgemein konnten die Benetzungsmuster mit ausreichend scharfen Übergängen zwischen oleophilen und oleophoben Bereichen durch die verwendeten Masken erzeugt werden. Die optimalen Prozessbedingungen zur Ausbildung dünner Schichten und zur vollständigen Kaschierung der ursprünglichen oleophilen Faseroberflächen wurden etabliert.

Um analog zur Photomodifizierung eine oleophile/oleophobe Struktur zu erhalten, wurden die Filtersubstrate durch die Masken mit einer wässrigen Lösung von Unidyne 9031 (Fa. Daikin) behandelt. Über die Wahl der Konzentration ändert sich die Oberflächenspannung der Lösung, was sich sowohl in der Größe der benetzten Fläche als auch in der Eindringtiefe bemerkbar machte. Die vielversprechenden Ergebnisse können z. B. durch die Anwendung der Drucktechnik in die Praxis übertragen werden. Die Etablierung eines druckfähigen Systems konnte im Rahmen des Projektes noch nicht realisiert werden. Simuliert wurde ein Druck durch die manuelle Auftragung der Lösung, bei der die Maske als Positionierungshilfe diente.

Die chemische Struktur der (modifizierten) Faseroberflächen wurde durch spektroskopische Analysen mittels UV-VIS, EDX charakterisiert. Morphologische Untersuchungen mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) gaben Aufschluss über Belegung und Schichtbildung, ggfs. auch die Beeinträchtigung des Porensystems. Gleichzeitig wurden die Ergebnisse der physikochemischen Charakterisierung der erzeugten phil-phob-Muster benutzt, um die Erstellung der Masken der nächsten Generationen zu optimieren sowie die Abweichungen in den Filtrationseigenschaften der vermessenen Glasfasermedien besser einzuordnen.

Alle untersuchten, modifizierten Medien zeigten, dass eine deutliche Reduktion des Differenzdrucks auftritt, sobald eine abströmseitige Modifizierung vorliegt. Auch der Differenzdruck des Mediums, das vollständig oleophob ausgestattet ist, sonst aber einen vergleichbaren mechanischen Aufbau besitzt, liegt nach 6 h im gleichen Bereich wie ein unmodifiziertes Medium. Die Ergebnisse zur Partikelabscheidung zeigen ebenfalls einen positiven Effekt und eine Verbesserung der Abscheidung im Vergleich zum Originalfilter nach Sättigung.

Die Allgemeingültigkeit des beobachteten Effekts konnte an anderen, offenporigen Medien bestätigt werden und nach sechs Stunden Betrieb ein um 15 bis 20 mbar geringerer Differenzdruck erreicht werden, was einer Reduzierung um mehr als 30 % entspricht. Ein dichtes Medium zeigte ebenfalls einen Effekt, allerdings war dieser deutlich geringer, was möglicherweise auf eine teilweise vorliegende Blockade des Mediums durch das Reagenz zurückzuführen war.

Insgesamt wurde in den ersten sechs Stunden des Betriebs eine deutliche Absenkung des Differenzdrucks bei allen offenen Medien beobachtet. Die erzielten Ergebnisse deuten außerdem darauf hin, dass auch die Reagenz-Eindringtiefe einen entscheidenden Einfluss auf die Absenkung des Differenzdrucks und die Abscheideleistung besitzt. Anscheinend handelt es sich bei den beobachteten Phänomenen um ein komplexes Wechselspiel zwischen Eindringtiefe, Veränderung der Oberflächeneigenschaften, Veränderung der Porenstruktur durch teilweise Blockade und Musterung der Flächen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Nachweis eines positiven Effektes einer gemusterten Oberflächenmodifizierung der Filtermedien auf die Differenzdruckentwicklung erbracht werden konnte.

Förderhinweis:

Das IGF-Projekt 19918 N der Forschungsvereinigung *Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA)* wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

Forschungsnetzwerk Mittelstand

iMulch – Untersuchung des Einflusses von Polymeren auf ein terrestrisches Ökosystem am Beispiel von in der Landwirtschaft eingesetzten Mulchfolien

Während Kunststoffe in maritimen Gewässern zahlreiche gesellschaftliche Akteure beschäftigen, finden Bodenbelastungen durch Kunststoffe in Äckern und Feldern durch landwirtschaftliche Folien bisher kaum Beachtung. Diese kommen sowohl zur Ertragssteigerung als auch infolge klimatischer Effekte immer häufiger zum Einsatz. Dieser Thematik widmet sich daher das Projekt iMulch. Um einen Nachweis von Kunststoffen in Böden und Drainagewässern zu erbringen und mögliche Folgen aufzuzeigen, untersuchte und verglich das Projektkonsortium den Einfluss konventioneller erdölbasierter Mulchfolien mit bio-abbaubaren Alternativen. Um Informationen zu Menge, Typ und Größe der Kunststoffe, zum Transportverhalten sowie zum Verbleib der Kunststoffe zu gewinnen, entwickelte das Konsortium eine umfassende Teststrategie.

Detektion der Kunststoffe

Der erste Schritt bestand in der Entwicklung geeigneter Methoden zur Bestimmung von Polymermenge, Polymerart und Polymergröße. Einsatz fanden hierbei die Thermoextraktions-Desorptions-Gaschromatografie-Massenspektrometrie (TED-GC-MS) und die konfokale Raman-Mikroskopie (CRM).

Die Kombination beider Methoden soll eine massenbasierte Quantifizierung, (strukturelle) Identifizierung und die Bestimmung der Größenverteilung der Mikroplastikpartikel ermöglichen.

Je nachdem welche Methode angewendet wird, sind unterschiedliche Schritte bei der Probenvorbereitung notwendig.

Für die TED-GC-MS erfolgt zunächst eine Dichtetrennung der Bodenproben. Das heißt die schweren Teile des Bodens werden von den leichten Teilen – wozu auch die Polymere zählen – getrennt. Dazu wird der Boden mit einer gesättigten Natrium-Iodid Lösung (Dichte: 1,8 g cm^{-3}) vermischt und gerührt (Abb. 3-7).

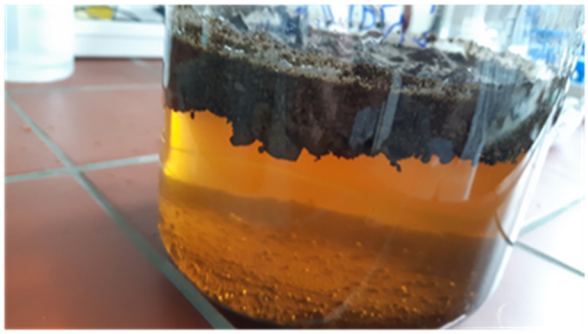


Abb. 3-7: Referenzboden (Refesol A01) nach Dichtetrennung mit NaI

Für die RAMAN-Mikrospektroskopie ist hingegen eine andere Aufbereitung zielführender. Die Proben werden in einer Flotationsanlage aufbereitet. Der Trennmechanismus beruht hier auf dem Transport der Polymerpartikel mit den Luftblasen. Die Partikel werden abgetrennt und auf einem Filter gesammelt, welcher dann analysiert wird.

TED-GC-MS

Im Rahmen des Projektes iMulch wurde die TED-GC-MS (Abb. 3-8) zunächst für die Bestimmung von drei Kunststoffen (hier Polyethylen [PE], Polybutylenadipat-Terephthalat [PBAT] und Polylactide [PLA]) in Böden angewendet.

Abb. 3-8: TED-GC-MS

Die Analyse einer Probe startet mit deren Pyrolyse in einer Thermogravimetrie unter einem Stickstoffstrom bei 600 °C. Die Pyrolyseprodukte werden auf einem PDMS-Material sorbiert, während polare Pyrolyseprodukte aus z. B. Pflanzenbestandteilen an dem Sorptionsmaterial vorbeigespült werden. Nach einer thermischen Desorption und der Trennung und Analyse im GC-MS wird ein Chromatogramm ausgegeben. Es können nun die charakteristischen Pyrolyseprodukte identifiziert (Abb. 3-9) und mit der entsprechenden Kalibration extern quantifiziert werden.

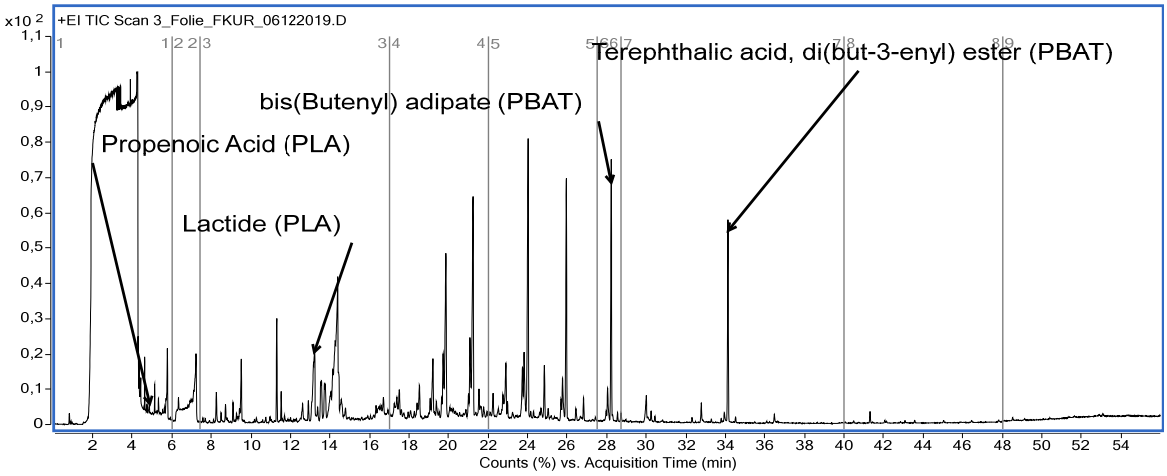


Abb. 3-9: Chromatogramm einer biologisch abbaubaren Folie aus PLA/PBAT

Für die Validierung wurden Bodenproben mit Polymeren vermischt und die Wiederfindung bestimmt. Sie lag zwischen 90 – 95% für PLA/PBAT und zwischen 107 – 110% für PE.

Die TED-GC-MS konnte somit erfolgreich für die Bestimmung von Polymeren in Böden etabliert werden.

RAMAN

Als RAMAN-Mikrospektrometer kommt ein WITec alpha 300R zum Einsatz (siehe Abb. 3-10). Hierbei handelt es sich um eine Kombination aus Lichtmikroskop und Raman-Spektrometer. Nach der Probenvorbereitung werden zunächst lichtmikroskopische Bilder der Filteroberflächen aufgenommen. Anschließend erfolgt eine softwarebasierte Partikelerkennung mittels kontrastbasierter Bildauswertung.

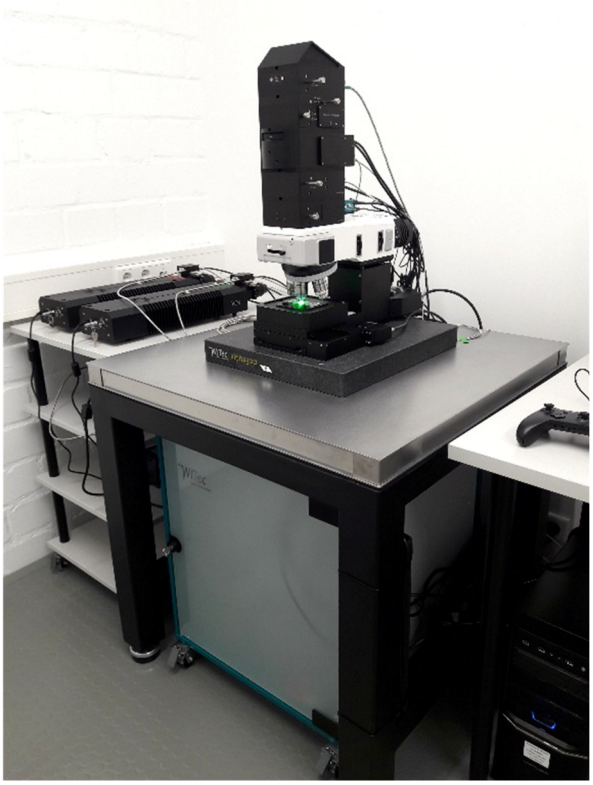


Abb. 3-10: WITec alpha 300R RAMAN-Mikrospektrometer

Die Partikelgrößenverteilung und Partikelform lassen sich bereits aus diesen Daten ableiten. Zur strukturellen Identifikation werden die gefundenen Partikel einzeln angesteuert und Raman-spektroskopisch untersucht. Anhand der molekularen Schwingungsspektren können Polymere eindeutig identifiziert und von anderen Bodenbestandteilen unterschieden werden.

Verhalten und Verbleib der Mulchfolien im Boden

In Laborständen untersuchten die Forschenden parallel die Verwitterung von Folien in Böden und in Drainagewasser sowie die Adsorption von Schadstoffen an die Folie. Ein weiterer Untersuchungsschwerpunkt bestand in der möglichen Toxizität der Folien auf aquatische und terrestrische Organismen. Über mehr als 12 Monate erforschte das Team zudem den Transport der in den Folien eingesetzten Polymere in Freilandlysimetern. Hierbei analysierten sie besonders den Transport im Boden als auch die Aufnahme in Pflanzen.

Bislang konnte kein Transport in den Böden oder eine Aufnahme in den Pflanzen nachgewiesen werden.

Zudem wurden in einer Ökobilanzierung und in einer Nachhaltigkeitsanalyse die biobasierten Folien mit konventionellen PE-Folien verglichen.

Mikrobielles Upcycling durch Bakterien

Eine vielversprechende Lösung zum Abbau und zur Nutzbarmachung von Mulchfolienresten scheinen mikrobielle Upcycling-Ansätze zu bieten. Diese nutzen Mikroorganismen, welche Kunststoff-Moleküle im Rahmen von Stoffwechselprozessen umwandeln. Hierbei können sie Moleküle von industriellem Interesse produzieren, beispielsweise das Biopolymer PHA. Um geeignete Mikroben oder Stoffwechselwege für mögliche biotechnologische Anwendungen zu ermitteln, isolierten und analysierten die Forschenden Mikroorganismen aus den Bodenproben unterschiedlich bewirtschafteter landwirtschaftlicher Flächen.

Als geeignet erwies sich das Bakterium Cupriavidus necator. Eine Optimierung der Stoffwechselwege des Cupriavidus necator demonstrierten die Forschenden erfolgreich am Beispiel von PBAT-Monomeren und realisierten dort eine effektive Umwandlung zum Biopolymer PHA.

Vermeidungs- und Substitutionsstrategien

Basierend auf den Ergebnissen werden die Forscher:innen eine Substitutionsstrategie für Mulchfolien erarbeiten.

Förderhinweis:

Das Projekt iMulch wird mit Mitteln aus dem Europäischen Fond für regionale Entwicklung (EFRE) „Investitionen in Wachstum und Beschäftigung“ gefördert. Mehr Informationen finden Sie unter: http://imulch.eu/

EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

EFRE.NRW
Investitionen in Wachstum
und Beschäftigung

3.3 Partikelprozesstechnik & Charakterisierung

Die Abteilung *Partikelprozesstechnik & Charakterisierung* entwickelt Verfahren zur Herstellung von Nanomaterialien aus der Gasphase im Technikumsmaßstab sowie zur Abscheidung derartiger Materialien in prozessierbare Flüssigkeiten. Ein weiterer Schwerpunkt ist die physikalisch-chemische Charakterisierung der Partikel sowohl in ursprünglicher Form als auch in anderen Medien/Materialien, z. B. eingebunden in Kompositen. Darüber hinaus befasst sich die Arbeitsgruppe mit der Partikelfreisetzung, möglicher Exposition und potenziellen gesundheitlichen Gefahren.

Um dem steigenden Bedarf an spezifischen Nanomaterialien Rechnung zu tragen, wurde vor 14 Jahren eine Technikumsanlage zur Synthese hochspezifischer Nanopartikel aufgebaut und in Betrieb genommen (Abb. 3-11) und 2019 um einen weiteren Reaktor erweitert. Kernstück des Technikums sind fünf Reaktoren (3 Flammen-, 1 Heißwand- und 1 Plasmareaktor/-en) zur Synthese der Nanopartikel. Die Dimensionierung der Anlage ermöglicht – je nach Material und Eigenschaften – die Produktion von einigen hundert Gramm bis zu einigen Kilogramm pro Tag. Der Synthese-Prozess wird in der Regel bei reduziertem Druck durchgeführt. Größe und Form der synthetisierten Partikel hängen von den gewählten Produktionsparametern wie Druck, Konzentration und Temperatur ab. Da der Entstehungsprozess der Partikel einen großen Einfluss auf die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Partikel hat, erfolgt eine Online-Beobachtung des Produktionsprozesses. Schwerpunkt der Syntheseaktivitäten sind zurzeit oxidische und nicht-oxidische (umhüllte) Halbleitermaterialien wie TiO_2, Fe_2O_3, SiO_2 und Silizium. Viele Anwendungen für nanopartikuläre Materialien erfordern den Transfer des synthetisierten Pulvers in prozessierbare Flüssigkeiten. Daher werden die Syntheseanlagen durch Waschsysteme ergänzt, mit deren Hilfe die Partikel direkt aus dem Prozessabgas gewaschen werden. Zur Herstellung von stabilen Suspensionen in Trägermedien werden die Partikel direkt nach der Synthese im Flug oder in nachgeschalteten Prozessen funktionalisiert. Die Überführung in Trägerflüssigkeiten kann sowohl direkt aus der Gasphase mittels eines Nasselektroabscheiders oder durch Ultraschallbehandlung bzw. Vermahlung erfolgen.

Abb. 3-11: Technikums-Anlage zur Herstellung hochspezifischer Nanopartikel

Neben einer grundlegenden physikalisch-chemischen Charakterisierung (z. B. mittels Rasterelektronenmikroskopie, REM) steht eine mögliche unerwünschte Freisetzung von Nanomaterialien entlang ihres Lebenszyklus im Fokus der Arbeiten. Seit November 2020 steht ein neues REM, welches korrelativ mit einem RISE-Mikroskop gekoppelt ist, zur Verfügung. Die RISE-Mikroskopie ist eine neuartige korrelative Mikroskopietechnik, die konfokales „Raman Imaging“ und „Scanning Electron Mikroskopie“ (RISE) in einem integrierten System kombiniert. Das Gerät erlaubt eine morphologische Charakterisierung im Nanometer-Bereich und die Untersuchung der chemischen Eigenschaften sowie der Phasenzusammensetzung. Die Charakterisierung hergestellter Dispersionen erfolgt komplementär durch dynamische Lichtstreuung oder Laserbeugung.

Zur Untersuchung der Freisetzung von Nanomaterialien wurden im Laufe der Jahre verschiedene Teststände und Methoden entwi-

ckelt. Eine Erfassung und Beurteilung ist sowohl für Nanomaterialien als auch für Umweltpartikel (PM_x) in der Außen- und Innenraumluft durchführbar.

DFG-Schwerpunktprogramm 1980 – Nanopartikelsynthese in Sprayflammen – SpraySyn: Messung, Simulation, Prozesse – Teilprojekt: Experimentelle und numerische Untersuchung der Sprayflammensynthese im Technikumsmaßstab

Die Synthese funktionaler Nanomaterialien in der Gasphase zeichnet sich durch hohe Produktreinheit, gute Prozesskontrolle und Skalierbarkeit der kontinuierlichen Prozesse aus. Die Sprühflammensynthese, bei der flüssige Vorläufermaterialien bzw. Lösungen in einem Verbrennungsprozess umgesetzt werden, erlaubt eine große Bandbreite an günstigen Ausgangsstoffen. Ein Grund für die bisher ausbleibende Anwendung im industriellen Maßstab ist das unzureichende Prozessverständnis. An diesem Punkt setzt das DFG-Schwerpunktprogramm 1980 an. In einem interdisziplinären Ansatz soll mit Hilfe von In-situ-Messtechnik, Simulation und Prozessentwicklung ein skalierbares Prozessdesign entstehen.

Das Teilprojekt, in dem das IUTA gemeinsam mit der TU München (Numerik) und der TU Berlin (Prozessdesign) arbeitet, befasst sich mit Fragestellungen rund um die Prozessskalierung. Hierbei wird am IUTA die Sprühflammensynthese vom Labor- in den Pilotmaßstab überführt; das bedeutet eine Steigerung der Produktionsrate von einigen Gramm zu mehreren Kilogramm pro Tag.

Dabei kommen verschiedene Brennerkonzepte zum Einsatz. In einem ersten Schritt wird ein selbstzündender Wasserstoffbrenner mit

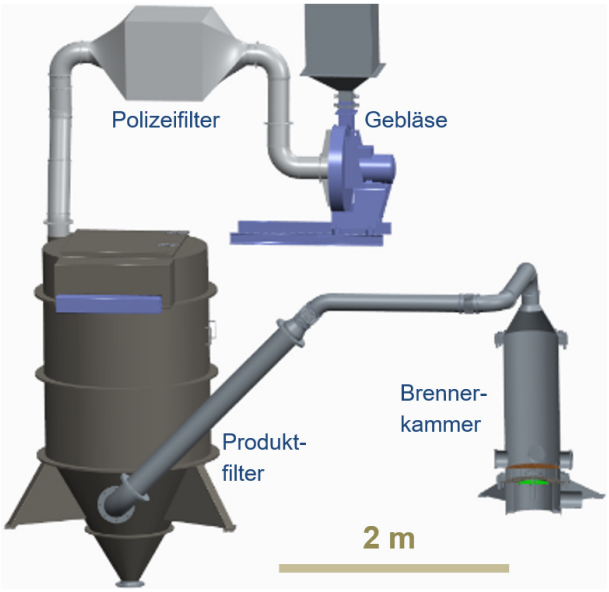


Abb. 3-12: CAD-Zeichnung des Reaktorsystems

einem, dem Labormaßstab stärker angelehnten, Methanbrenner verglichen. Es werden mit beiden Brennern Eisenoxid-Nanopartikel aus Eisen(III)-nitrat-Nonahydrat gelöst in Ethanol hergestellt, da dieses Materialsystem als Modellsystem für die Sprühflammensynthese weit verbreitet ist. Die Ergebnisse der Produktcharakterisierung u. a. durch Elektronenmikroskopie, Röntgenbeugung und BET-Gasadsorption zeigen sowohl Ähnlichkeiten zwischen den Brennervarianten als auch zu den im Labormaßstab hergestellten Materialien.

Im weiteren Projektverlauf werden am IUTA verschiedene In-situ-Messtechniken in der Syntheseflamme angewendet. Die Prozess-Analyse erfolgt mittels bildgebender Messtechniken wie laserinduzierter Fluoreszenz sowie durch ortsaufgelöste Partikel- und Gasprobenahme. Die Ergebnisse dienen zum einen dem Vergleich mit Untersuchungen im Labormaßstab und zum anderen zur Evaluation numerischer Simulationen.

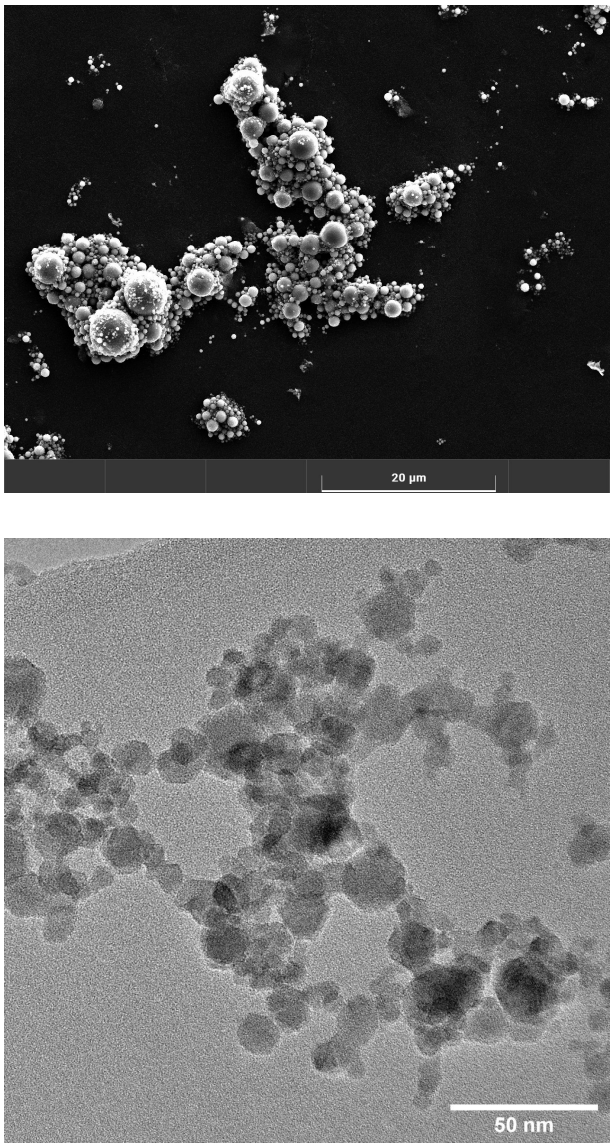


Abb. 3-13: Elektronenmikroskopische Aufnahmen eines der erzeugten Nanopulver; oben: REM; unten: TEM

Förderhinweis:

Das Forschungsprojekt wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.

Gefördert durch
DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft

SPP1980 SPRAYSYN
NANOPARTIKELSYNTHESE IN SPRAYFLAMMEN

Herstellung und Analyse von Membran-Elektroden-Anordnungen für PEM-Wasserelektrolyseure auf der Basis von lasererzeugten Iridiumoxid-Nanopartikeln als Elektrokatalysatoren für die Sauerstoff-Evolutionsreaktion

Elektrokatalysatoren spielen eine wichtige Rolle bei Energieumwandlungsprozessen, da sie die Effizienz, die Produktionsrate und die Selektivität der betreffenden Umwandlung erhöhen. Einer der vielversprechenden Wege zur grünen Wasserstofferzeugung ist die Polymeraustauschmembran-Wasserelektrolyse (PEMWE), die bis heute Edelmetall-Elektrokatalysatoren wie Ir/IrO_2 erfordert. Jedoch behindern die hohen Materialkosten und die Ressourcenknappheit deren Einsatz erheblich.

In diesem Projekt wurden mittels gepulster Laserablation hergestellte IrO_x-Nanopartikel als elektrokatalytisches Material und mit Bor dotierte Silizium-Nanostrukturen aus dem Heißwandreaktor als Trägermaterial für die IrO_x-Partikel eingesetzt. (Abb. 3-14) Die erzeugten IrO_x- und Ir-dekorierten Si:B-6-at.%-Nanopartikel wurden in einer Tinte auf Wasserbasis dispergiert und mit einem Ultraschallsprühkopf in einer Ar-Atmosphäre auf das Substrat gesprüht (schematische Darstellung Abb. 3-15a und Abb. 3-15b). So entstand eine homogene Beschichtung für den Aufbau einer Anodenkatalysatorschicht, die eine hohe katalytische Aktivität sowie vielversprechende kinetische Parameter aufweist. Zur Validierung der Ergebnisse sind In-situ-Analysen in einem selbstentwickelten PEMWE geplant.

Die physikalische Charakterisierung erfolgte mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) und Röntgendiffraktometrie (XRD). Die XRD-Messungen bestätigen eine erfolgreiche Si-Synthese und die Dekoration mit Nanopartikeln, ohne dass sich eine legierte Phase gebildet hat. Die REM-Aufnahmen (Abb. 3-15c) zeigen die Verteilung des Ir-Nanokatalysators auf dem Ti-PTL (Querschnittsansicht in Abb. 3-15d), was auf eine qualitativ hochwertige katalytische Schicht hindeutet. Die Tendenz zur

Bildung von Si:B-Agglomeraten wurde ebenfalls beobachtet. Es ist zwingend erforderlich, dass die Verbindung der Si-basierten Agglomerate einen elektrisch leitfähigen Pfad durch die Elektrode ermöglicht.

Die laufenden Forschungsarbeiten decken die Wertschöpfungskette zur Elektrodenherstellung für die PEM-Elektrolyse vollständig ab. Dies ist ein vielversprechender Ansatz, um Elektrokatalysatoren für eine umweltfreundliche und kostengünstige Energieumwandlung zu qualifizieren.

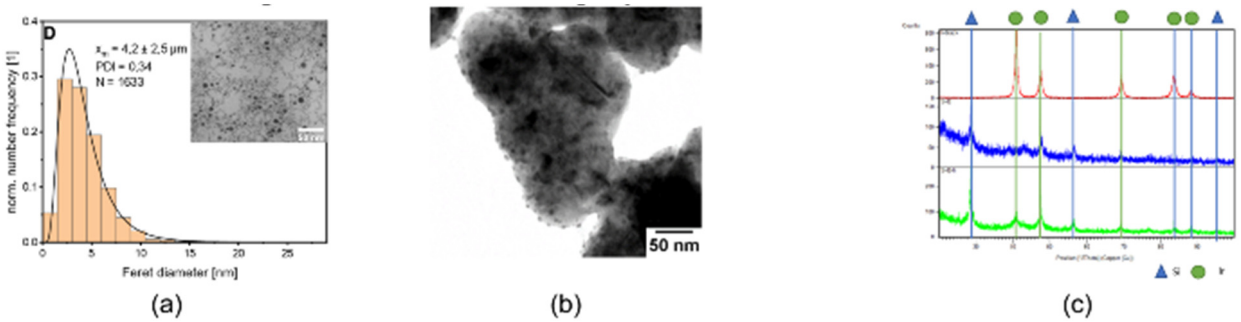


Abb. 3-14: Mikroskopische Aufnahmen der (a) lasererzeugten IrO_X-Nanopartikel, der (b) daraus synthetisierten Si:B-Ir-Elektrokatalysatoren und (c) XRD-Messungen der entwickelten Pulver im Vergleich zu einem reinen metallischen Ir-Referenzmaterial

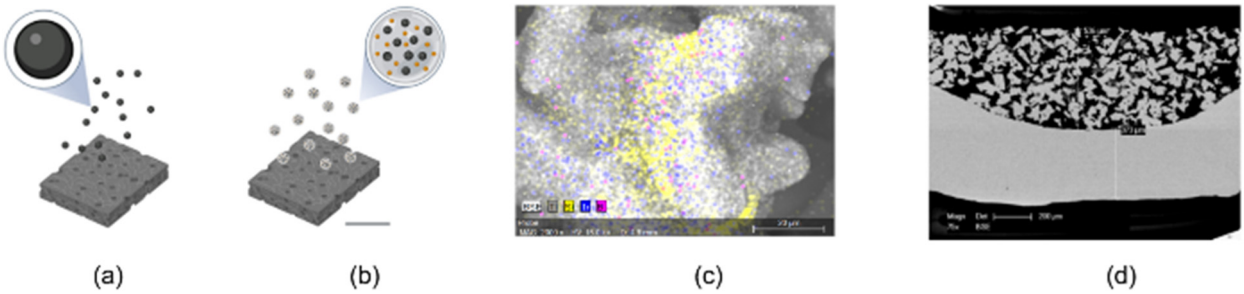


Abb. 3-15: Idealisierte Darstellung der Abscheidung von (a) IrO_x- und (b) Si:B-Ir-Nanopartikeln auf dem Substrat und der nanopartikelbeschichteten Ti-PTL in (c) Draufsicht und (d) Querschnittsansicht

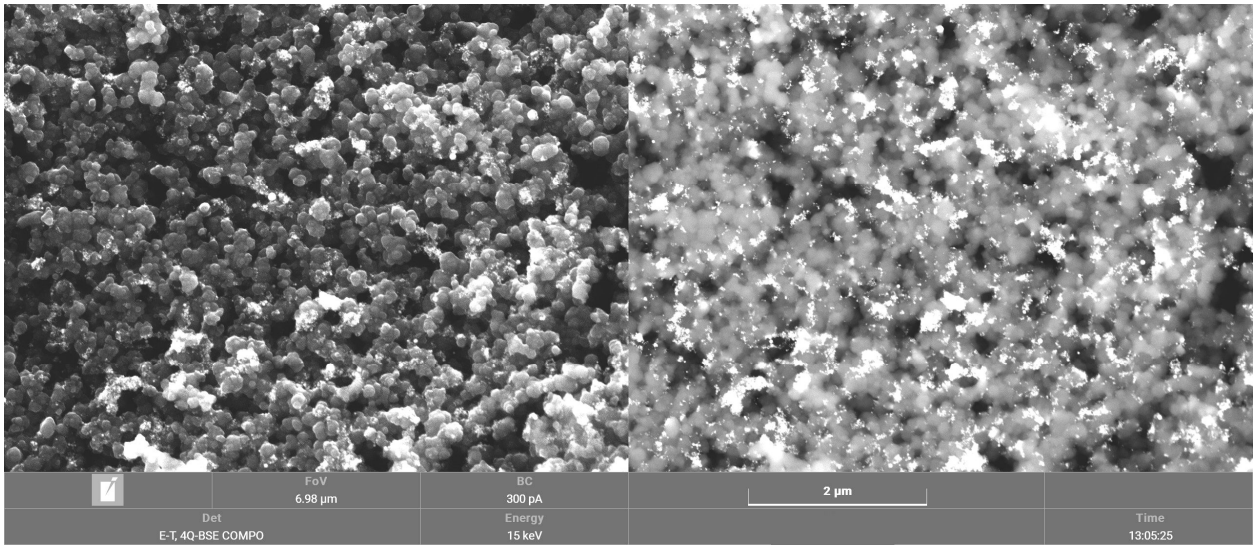


Abb. 3-16: Rasterelektronenmikroskopische (REM-)Aufnahmen der Anodenoberfläche; links: Bildgebung mittels Everhart-Thornley(ET-)Detektor; rechts: Bildgebung mittels Rückstreuelektronen(BSE-)Detektor

Förderhinweis:

Das Projekt „LIKELY“ wird im Rahmen des Förderprogramms „Leitmarkt NeueWerkstoffe.NRW“ durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE.NRW, Vertrag: EFRE-0801480) und die Landesregierung Nordrhein-Westfalen gefördert.

EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

Die Landesregierung
Nordrhein-Westfalen

EFRE.NRW
Investitionen in Wachstum
und Beschäftigung

Leitmarkt
Agentur.NRW

Zoz
Group

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN
Offen im Denken

ProPuls

Westfälische
Hochschule

3.4 Gasprozesstechnik & Energieverfahrenstechnik

Die Abteilung *Gasprozesstechnik & Energieverfahrenstechnik* befasst sich mit Gasreinigungsverfahren auf der Basis adsorptiver, absorptiver und katalytischer Prozesse und speziellen Prozessen der Energieverfahrenstechnik, insbesondere reaktiven Energie-Speichertechniken und -Umwandlungsmethoden sowie der Energieerzeugung aus Biomasse.

Zum Jahresende wurde das im Jahr 2019 begonnene Forschungsprojekt „Weiterentwicklung eines thermochemischen Wärmespeichers für Hochtemperaturanwendungen bis 550 °C“ abgeschlossen. Es hatte zum Ziel, die Eignung von Magnesiumeisenhydrid zur Hochtemperatur-Wärmespeicherung im Labormaßstab zu demonstrieren. Wärmespeicher sind für den Ausgleich fluktuierender Energiemengen notwendig und können auch bei der Rückverstromung von solarer Wärme oder industrieller Abwärme eingesetzt werden. Weiterhin können sie als Power-to-Heat-Speicher betrieben werden, die bei zukünftig weiter steigendem Anteil regenerativer Energie einen wesentlichen Beitrag zur Stabilisierung des Stromnetzes leisten können. Forschungsergebnisse dieses Projektes werden im Folgenden vorgestellt.

Im Kontext der Energiewende wird Wasserstoff als wichtiger Baustein bei der Speicherung regenerativ erzeugter Energien angesehen. Die Erdgasversorgungsnetze können dabei als Infrastruktur sowohl zur Lagerung als auch für den Transport genutzt werden, indem Wasserstoff dem Erdgas zugemischt wird. Die anschließende Separierung kann mittels dotierten Magnesiums erfolgen, das selektiv und reversibel H_2 unter Hydridbildung absorbiert. Diese Technik ist Gegenstand des ebenfalls weiter unten dargestellten Forschungsprojekts „Wasserstoffabtrennung aus Erdgas-/Wasserstoffgemischen durch Metallhydride“.

Das vom Land NRW und der EU geförderte und vom IUTA koordinierte Verbundprojekt „HyHeatStore“ wird seit 2019 in Kooperation mit dem Max-Planck-Institut für Kohlenforschung (MPI) in Mülheim an der Ruhr, der Westfälischen Hochschule Gelsenkirchen und dem Behälter- und Apparatebaubetrieb Martin Busch & Sohn GmbH in Schermbeck durchgeführt. In dem Projekt soll ein anwendungsnahes wasserstoffbasiertes Hochtemperatur-Wärmespeichersystem auf Metallhydridbasis entwickelt und im Demonstrationsbetrieb getestet werden. Die Arbeitsweise des thermochemischen Wärmespeichers basiert ebenfalls auf der reversiblen Zersetzung des Speichermaterials MgH_2 in die Elemente Magnesium und Wasserstoff. Der gebildete Wasserstoff wird in einem H_2-Druckgasspeicher zwischengespeichert. Zur Wärmefreisetzung wird er in das Mg zurückgeleitet und es bildet sich unter Wärmeabgabe wieder MgH_2. Die wichtigsten Betriebsparameter des Systems bilden dabei die auf 250 kWh ausgelegte Speicherkapazität und die mit 50 kW bemessene Wärmeleistung auf einem Temperaturniveau bis ca. 400 °C. Aufgrund der dort vorhandenen Wasserstoff-Infrastruktur erfolgen der Aufbau des Wärmespeichersystems und die Kopplung mit dem für den Betrieb erforderlichen Wasserstoffspeicher am Anwenderzentrum h2herten (Herten).

Nach Abschluss der Entwicklungsarbeiten des H_2-Speichermaterials durch das MPI und den federführend vom IUTA durchgeführten experimentellen Untersuchungen zur Reaktionskinetik und den erzielbaren Speicherdichten erfolgte die auf diesen Daten basierende Detailkonstruktion des Wärmespeichersystems. Im Berichtszeitraum wurden sowohl die Thermoölanlage als auch das komplexe Wärmespeichersystem fertiggestellt und an den Standort ausgeliefert. Nach Abschluss der Installationsarbeiten am Anwenderzentrum h2herten soll der experimentelle Anlagenbetrieb 2022 beginnen.

Die Steigerung der Anteile erneuerbarer Energien und die Notwendigkeit der sukzessiven Dekarbonisierung weiter Teile des Verkehrssektors und der Industrie erfordern neue Strategien zur flexiblen Energiewandlung sowie zu deren Transport und Speicherung. Einen Beitrag hierzu kann die Verflüssigung von Biogas zu sogenanntem Bio-LNG (Bio Liquefied Natural Gas) – auch als LBG (Liquefied Bio Gas) bezeichnet – leisten. Die Produktion von LBG eröffnet Biogasanlagen ohne die infrastrukturelle Voraussetzung eines Zugangs zum Erdgasnetz die Möglichkeit, die Biogas-Erzeugung vom Zeitpunkt und Ort der Verwertung zu entkoppeln und dadurch zu einer bedarfsorientierten Energieverwertung beizutragen. LBG lässt sich durch starke Komprimierung und/oder Abkühlung von zu Methan aufbereitetem Biogas auf bis zu ca. -162 °C (bei Atmosphärendruck) erzeugen. Ein Problem stellt dabei der Restanteil des im aufbereiteten Biomethan enthaltenen Kohlenstoffdioxids (CO_2) dar, da CO_2 bei Normaldruck bei -78,5 °C sublimiert und der ausfallende CO_2-Schnee sowie die Eisbildung zur Verblockung der Wärmeübertrager führt. In industriellen LNG-Verflüssigungsanlagen wird das Erdgas, das ca. 2 Vol.-% CO_2 enthält, vor der Verflüssigung mittels Feinreinigung bis auf eine CO_2-Konzentration unter 50 ppm aufbereitet. Dazu werden Aminwäschen oder Adsorptionsverfahren auf der Basis von Molekularsieben eingesetzt. Bei dem erstgenannten Verfahren wirken sich der hohe Energieeinsatz zur Regeneration des Waschmittels und die Notwendigkeit einer nachgeschalteten Trocknung des Produktgases negativ auf den energetischen Wirkungsgrad des Verfahrens aus. Insbesondere bei kleineren Anlagen werden daher oft Adsorptionsverfahren auf Basis von Molekularsieben eingesetzt, bei denen die Regeneration des Adsorptionsmittels durch Temperatur- und/oder Druckwechsel erfolgt. Da die Aufnahmekapazität für CO_2 nicht sehr hoch ist, erfolgt die Adsorption bei verhältnismäßig hohen Drücken von etwa 25 bis 30 bar. Dennoch wird eine große Menge Adsorbens für die CO_2-Feinreinigung benötigt, was zu groß dimensionierten Adsorptionskolonnen führt. Die Regeneration des Adsorbens erfolgt meist durch Spülen mit einem auf ca. 250 – 300 °C aufgeheizten Teilgasstrom des bereits gereinigten Produktgases. Durch die Aufnahme von CO_2 und Wasser wird dieser Teil des Produktgasstroms entwertet, was zu einem niedrigen Wirkungsgrad dieses Verfahrens führt.

Ziel eines 2021 neu begonnenen Forschungsprojekts ist die Entwicklung einer für kleinmaßstäbliche Anwendungen wie Biomethanverflüssigung geeigneten, energie- und kosteneffizienten Alternative zu den als Vorstufe der LNG/LBG-Verflüssigung üblicherweise eingesetzten CO_2-Feinreinigungsverfahren. Den Kern des neuen Verfahrens bilden aminfunktionalisierte Ionentauscherharze als Adsorbens, die eine hohe Selektivität für CO_2 gegenüber CH_4 zeigen. Zudem weisen sie die Besonderheit auf, auch bei Desorption in einer CO_2-haltigen Atmosphäre eine ausreichende CO_2-Arbeitskapazität zu erreichen, wodurch die Regenerierung auch mit CO_2-haltigen Prozess- oder Abgasströmen möglich sein sollte. Zur Charakterisierung des Ad- und Desorptionsverhaltens wurde im IUTA-Technikum zunächst ein Teststand aufgebaut, der im Wesentlichen aus einem Röhrenofen zur Aufnahme des zu untersuchenden Adsorptionsmittels, drei Mass Flow Controllern (MFC) zur Dosierung eines aus variierenden Anteilen CH_4, CO_2 und N_2 bestehenden Synthesegases und zwei FTIR-online-Gasanalysatoren besteht. An diesem Teststand wurde in weit über 100 Versuchseinstellungen die Datenbasis zur Auslegung einer mobilen Versuchsanlage generiert. Diese befindet sich zurzeit im Bau und soll nach Inbetriebnahme und Erprobung im Technikum des IUTA am Standort einer Biogasanlage mit kombinierter Biogasaufbereitung über einen längeren Versuchszeitraum unter Praxisbedingungen im Bypass zur Hauptanlage betrieben und optimiert werden.

Über die öffentlich geförderten Projekte hinaus trugen auch in diesem Jahr direkte Industrieaufträge wesentlich zur Auslastung der Abteilung bei. Ein Großauftrag eines Unternehmens der petrochemischen Industrie zur Erprobung einer von ihm neu entwickelten Technologie zur Abtrennung saurer Bestandteile aus kohlenwasserstoffhaltigen Brenngasen wurde im Berichtszeitraum fortgesetzt. Die mit diesem Auftrag verbundenen umfangreichen Um- und Ausbauarbeiten an der im Technikum des IUTA installierten Aminwäsche wurden durch die pandemiebedingt erheblich verlängerten Bearbeitungs- und Lieferzeiten fast aller Zulieferer verzögert, dennoch konnte die Anlagenerweiterung zum Jahresende in Betrieb genommen werden. Nachfolgend wird der Versuchsbetrieb zur Prüfung und Optimierung des neu entwickelten Prozesses durchgeführt. Ebenfalls weitergeführt wurde eine Kooperation mit dem Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW) e.V., die im Industrieauftrag an einer Müllverbrennungsanlage in Bonn erprobt hat, inwiefern ein ökonomischer Betrieb einer Carbon-Capture- und Utilization-Anlage (CCU-Anlage) möglich ist. Das IUTA stellte dafür eine Adsorptionsanlage mit aminfunktionalisierten Adsorbentien, die bereits mit Rauchgas aus einem Zementwerk getestet wurde, zur Verfügung und begleitete den Anlagenbetrieb vor Ort.

Die aktuelle Klimaproblematik macht sich in einer steigenden Zahl an Anfragen von Unternehmen bemerkbar, die energieintensive Produktionsprozesse durchführen und Beratung bzgl. möglicher Maßnahmen zur Senkung Ihres „CO_2-Fußabdrucks“ wünschen. Die Anfrage eines großen Herstellers von Sanitärkeramiken, bei dem die Glasuren in erdgasgefeuerten Tunnelöfen gebrannt werden, führte zu einem Auftrag über die wissenschaftliche Unterstützung bei der Planung einer Anlage zur CO_2-Abtrennung aus Rauchgasen, der im Berichtszeitraum begonnen wurde und im Folgejahr weitergeführt wird.

Weiterentwicklung eines thermochemischen Wärmespeichers für Hochtemperaturanwendungen bis 550 °C

Ziel des Projekts war die Weiterentwicklung eines thermochemischen Hochtemperatur-Wärmespeichers bis zum erfolgreichen Abschluss des Demonstrationsbetriebs, ausgehend von den positiven Ergebnissen des Vorläuferprojekts. In diesem wurden die Entwicklung eines thermochemischen Hochtemperatur-Wärmespeichers, eines Versuchsstands für dessen Betrieb sowie die Weiterentwicklung und Charakterisierung des wärmespeichernden Materials (Mg_2FeH_6) vorgenommen.

Die chemische Wärmespeicherung erfolgt gemäß dem Prozess:

$$Mg_2FeH_6 + 584\ Wh/kg_{Mg2FeH6} \rightleftharpoons 2\ Mg + Fe + 3\ H_2$$

Der in dem Prozess freigesetzte Wasserstoff wird in einem Reservoir zwischengespeichert und später für die Umkehrung des Prozesses, der Wärmeentnahme aus dem Speicher, wieder eingesetzt.

Der Wärmeeintrag in den und der Wärmeaustrag aus dem Speicherbehälter wird über einen Salzschmelzkreislauf realisiert. Ein Salzschmelzvorratsbehälter, eine Salzschmelzpumpe und mehrere Wärmeübertrager mit Wärmequellen und Wärmesenken sowie die notwendige Mess- und Regeltechnik bilden die Kernkomponenten des Kreislaufs.

Bei dem Versuchsstand traten im Vorläuferprojekt verschiedene Probleme an dem Salzschmelzkreislaufsystem auf, die inzwischen behoben wurden. Es wurde für die Salzschmelze eine Membranpumpe installiert, da sich die ursprünglich verwendete Kolbenpumpe als nicht geeignet erwies. Weiterhin wurde ein größerer Vorratsbehälter für die Salzschmelze eingebaut, da der bisher genutzte Behälter keine vollständige Entleerung der Salzschmelze aus der Anlage ermöglichte, was sich bei Reparatur- und Servicearbeiten als großes Problem erwies.

Im weiteren Projektverlauf wurde u. a. die Kühlstrecke, die der Wärmeabfuhr bei der Entladung des Wärmespeichers dient, neu konstruiert, da sie keine gleichmäßige, konstante Abkühlung der Salzschmelze ermöglichte. In die Umbauarbeiten eingebunden war eine Verbesserung der Wärmedämmung, die sich als unzureichend erwiesen hatte.

Die Anlage (Abb. 3-17) wurde nach diesen Arbeiten in Betrieb genommen und die prinzipielle Funktionalität des Systems aufgezeigt.

Abb. 3-17: HT-Wärmespeicher-Versuchsanlage

Dennoch waren viele Reparaturmaßnahmen an der Anlage notwendig. Es zeigte sich, dass ein Salzschmelzkreislauf zur Wärmeübertragung für eine Wärmespeicheranlage im Labormaßstab ungeeignet ist: Durch die kleinen Bauteile, vielen Leitungen mit kleinen Leitungsquerschnitten und einer entsprechend großen Anzahl an Verschraubungen, ergeben sich hohe Anforderungen an die Begleithei-

zung des gesamten Kreislaufs. In allen salzschmelzführenden Komponenten müssen permanent Temperaturen über dem Schmelzpunkt des Salzes (142 °C) gewährleistet werden, was durch Heizwicklungen realisiert wird, über die eine Isolierung angebracht werden muss. Durch die engen Wickelradien der Heizbänder kommt es leicht zu Heizungsdefekten. Undichtigkeiten mit Salzschmelzaustritt, hervorgerufen durch die hohen thermischen Belastungen, sind von außen nicht erkennbar und führen sofort zu Heizungsdefekten durch Kurzschlüsse und dadurch zu Anlagenstillständen. Bei größeren Anlagen treten diese Probleme nicht auf, sodass Salzschmelzkreisläufe nach dem Stand der Technik eingesetzt werden.

Ziel des Projekts war es deshalb, weitere Konstruktionsdetails einer metallhydridbasierten Wärmespeicheranlage für eine zukünftige Anwendung im größeren Maßstab zu untersuchen. Hierbei stand die Verteilung des Wasserstoffs innerhalb der Metallhydrid-Schüttung im Fokus. Für die Zufuhr des Wasserstoffs in die bzw. die Abfuhr aus der Schüttung muss eine wasserstoffdurchlässige Trennung zwischen der Schüttung und der reinen Gasseite vorgenommen werden. Hierzu wird eine Sintermetall-Struktur eingesetzt. In der Laboranlage erfolgt die Wärmespeicherung in den Rohren eines Rohrbündelreaktors. Die Rohre sind mit dem Metall/Metallhydrid befüllt, der Eintrag und Austrag des Wasserstoffs erfolgen an einem Rohrende über eine Sintermetallscheibe. Aus fertigungstechnischen Gründen war eine Wasserstoffverteilung über ein in dem Rohr eingebrachtes Sintermetall-Rohr, das einen gleichmäßigen Wasserstoffein- und -austrag über die gesamte Rohrlänge sicherstellen könnte, nicht realisierbar. Sowohl der einseitige Wasserstoffzugang über eine Sintermetall-Scheibe, als auch der Wasserstoffzugang über ein in der Schüttung liegendes Sintermetall-Rohr werden in der Literatur für Metallhydridsysteme beschrieben. Es gibt jedoch bisher keine Untersuchungen zu den Unterschieden zwischen beiden im Hydrier- und Dehydrier-Betrieb.

In dem Projekt wurden dazu erstmalig experimentelle Untersuchungen vorgenommen. Es wurde ein Reaktor konstruiert und gefertigt, in dem die Hydrier- und Dehydrier-Reaktion in einer $Mg/Fe/Mg_2FeH_6$-Schüttung über gleichmäßig in der Schüttung eingebrachte Thermoelemente indirekt über die Temperaturen verfolgt werden konnte (Abb. 3-18).

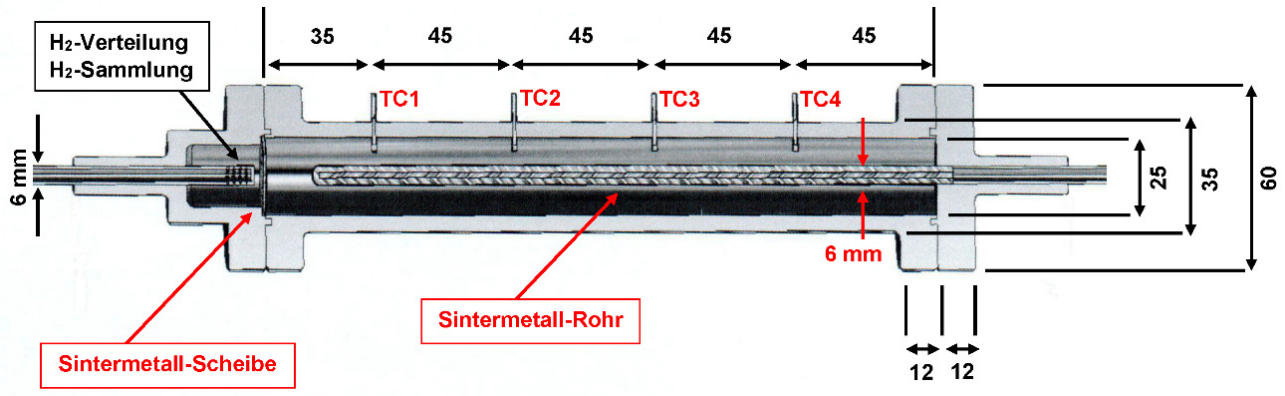


Abb. 3-18: Reaktor zur Untersuchung der Verteilung von Wasserstoff in einer Metallhydrid-Schüttung über eine Sintermetall-Scheibe und ein Sintermetall-Rohr

Die Hydrierungen und Dehydrierungen konnten optional über eine Sintermetall-Scheibe oder ein Sintermetall-Rohr durchgeführt werden. Abb. 3-19 zeigt beispielhaft die Temperaturverläufe innerhalb des Reaktors bei einer Hydrierung und einer anschließenden Dehydrierung über die Sintermetall-Scheibe.

Die Wärmefreisetzung durch die Hydrierung erfolgt schnell und führt zu einer Temperaturerhöhung von fast 60 K. Im weiteren Verlauf verlangsamt sich die Reaktion und damit die Wärmefreisetzung. An der Seite des Wasserstoffeintritts wird die vollständige Hydrierung als erstes erreicht und die Temperatur TC1 sinkt als erstes ab, während die Temperaturen TC2 – TC4 über einen weiten Bereich auf einem konstanten Niveau verbleiben und gegen Ende der Hydrierung kontinuierlich fallen.

Bei der endothermen Dehydrierung erfolgt ein Temperaturabfall. Die Temperatur an der Stelle der Wasserstoffabfuhr aus dem Reaktor, in der Nähe von TC1, sinkt nicht soweit ab wie die restlichen Temperaturen. Aus dem mittleren und hinteren Reaktorbereich abströmender Wasserstoff führt hier zu einer teilweisen Kompensation der Abkühlung.

Bei den entsprechenden Untersuchungen zur Hydrierung und Dehydrierung über das Sintermetall-Rohr gab es keine relevanten Unterschiede zu den in Abb. 3-19 dargestellten Messungen.

Dies zeigt, dass die in der Wärmespeicher-Versuchsanlage gewählte Konstruktion des Wasserstoff-Ein- und -Austrags über Sintermetallscheiben effizient ist. Daher kann auch bei zukünftigen Konstruktionen dieses Wärmespeichertyps bei nicht zu langen Wegen des Wasserstoffs durch die Metallhydrid-Schüttungen auf den Einsatz der teuren und wesentlich aufwändiger zu integrierenden Sintermetallrohre verzichtet werden.

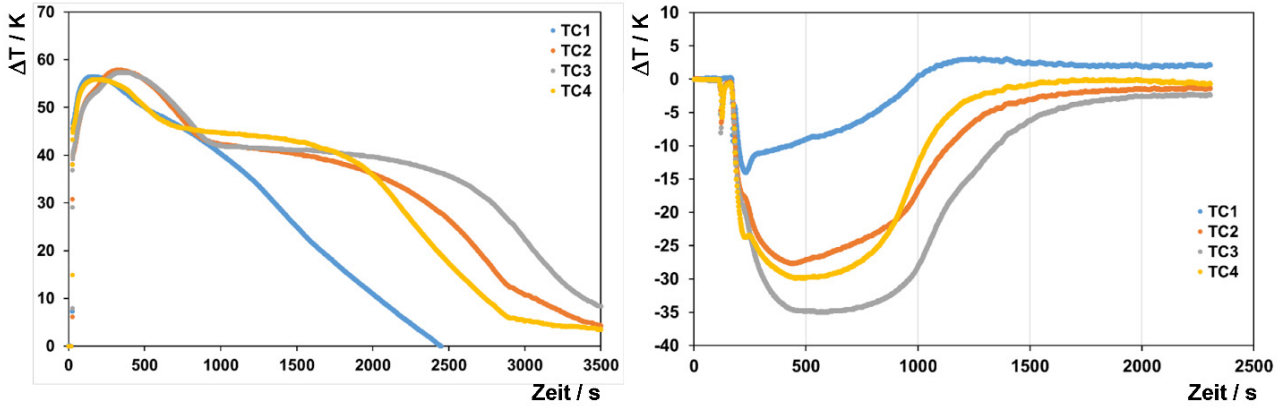


Abb. 3-19: Hydrierung (links) und Dehydrierung (rechts) über die Sintermetallscheibe: Änderungen der Temperaturen an den Messstellen TC1 bis TC4 (siehe Abb. 3-18) in Abhängigkeit von der Versuchsdauer; Bezugspunkte sind die Temperaturen bei dem jeweiligen Versuchsbeginn.

Anzumerken ist, dass von den Projektpartnern inzwischen in einem weiteren Projekt, gefördert vom Land NRW mit Kofinanzierung durch die EU, ein größerer metallhydridbasierter Hochtemperatur-Wärmespeicher im Technikumsmaßstab entwickelt wurde. Dort wird die Temperatur auf 420 °C begrenzt, sodass als wärmeübertragendes Medium ein Thermoöl eingesetzt werden kann. An Stelle eines Rohrbündel-Reaktors wird ein Reaktor auf Basis eines Thermoblech-Wärmeübertragers genutzt. Diese Anlage wird im Jahr 2022 in Betrieb genommen.

Förderhinweis:

Das IGF-Vorhaben 19695 N der Forschungsvereinigung „Energie- und Umwelttechnik“ wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages gefördert.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

Forschungsnetzwerk Mittelstand

Wasserstoffabtrennung aus Erdgas/Wasserstoffgemischen durch Metallhydride

Geeignete Metalle bzw. Metallmischungen reagieren reversibel mit Wasserstoff in einer exothermen Reaktion unter Bildung von Metallhydriden. Die Reaktion eignet sich für verschiedene Anwendungen in der Energietechnik (Abb. 3-20) und kann durch Wahl der Ausgangsmaterialien an geforderte Parameter angepasst werden. Da Wasserstoff im Laufe der Energiewende eine große Bedeutung als Energieträger zukommen wird, besitzen diese Techniken ein sehr großes Anwendungspotenzial in der zukünftigen Energiewirtschaft.

In dem vorliegenden Projekt steht die Wasserstoffabtrennung aus Erdgas/Wasserstoffgemischen im Fokus:

Aufgrund der zeitlichen Unstetigkeiten in der Verfügbarkeit regenerativer Energien und eines Verteilungsgefälles innerhalb Deutschlands (Photovoltaik: Süd-Nord-Gefälle, Windkraft: Nord-Süd-Gefälle) ergibt sich die Notwendigkeit der Speicherung und des Transports regenerativer Energie.

Dafür soll Wasserstoff, erzeugt durch Elektrolyse mit regenerativem Strom, als sekundärer Energieträger eingesetzt werden. Für seine Speicherung und seinen Transport steht u. a. das Erdgasnetz zur Verfügung, in das er dem Erdgas zugemischt werden kann.

Prinzipiell stellt Wasserstoff in Erdgasleitungen kein technisches Problem dar, allerdings gibt es Gründe, den Wasserstoff nach dessen Transport durch die Leitung wieder aus dem Erdgas abzutrennen:

Zum einen sind nicht alle Erdgasanwendungen mit Wasserstoff kompatibel, da Wasserstoff bzgl. der Verbrennung andere physikalische Eigenschaften als Erdgas besitzt, zum

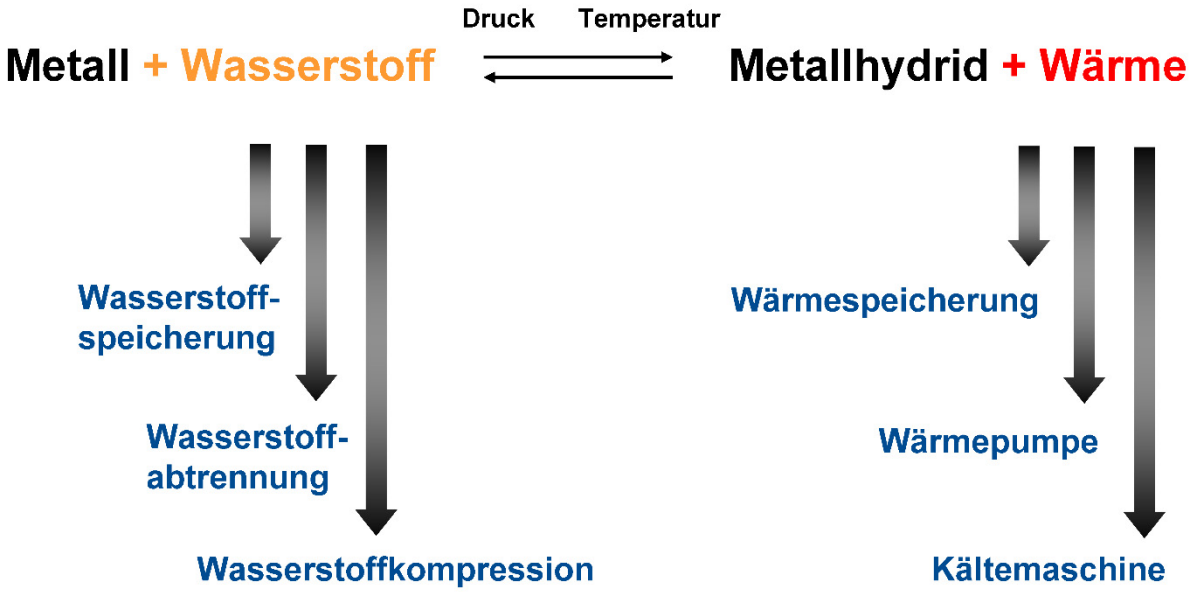


Abb. 3-20: Anwendungen der Metallhydrid-Reaktion in der Energietechnik

anderen gibt es Anwendungen, die reinen Wasserstoff benötigen (z. B. PEM-Brennstoffzellen).

In dem Projekt wird daher der Ansatz verfolgt, die Abtrennung von Wasserstoff mittels geeigneter Metalle vorzunehmen, die selektiv Wasserstoff zu Metallhydriden absorbieren und diesen dann in reiner Form wieder zu dehydrieren. Da sogenannte Niedertemperatur-Metallhydrid bildende Metalle empfindlich gegenüber methanbegleitenden Bestandteilen im Erdgas sind und dadurch degradieren, wurde Magnesium als Hochtemperatur-Metallhydrid bildendes Material ausgewählt, das mit weiteren Metallen als Katalysatoren zur Verbesserung der Eigenschaften dotiert wird.

Abb. 3-21 zeigt die Temperatur/Druck-Bereiche, die zur H_2-Aufnahme unter Bildung von MgH_2 (oberhalb der Kurve) bzw. zur H_2-Freisetzung unter Bildung von Mg führen (unterhalb der Kurve).

Für experimentelle Untersuchungen zur H_2-Abtrennung aus H_2/CH_4- (bzw. H_2/Erdgas-) Gemischen wurde ein Versuchsstand aufgebaut, der als Kernkomponente einen mit Mg/MgH_2 befüllten Durchfluss-Druckreaktor enthält. An diesem Versuchsstand wurde die Abtrennung von H_2 in Abhängigkeit von Reaktortemperatur, H_2-Partialdruck und Strömungsgeschwindigkeit untersucht.

Damit konnte die prinzipielle Funktionsfähigkeit eines Durchflussreaktors zur H_2-Abtrennung nachgewiesen werden. Abb. 3-22 zeigt Ergebnisse der Untersuchungen bei systematischer Variation der Reaktortemperatur zwischen 150 °C und 380 °C. Aufgetragen ist der Anteil des Wasserstoffs, der aus dem Gasgemisch absorbiert wurde in Abhängigkeit von der Dauer des jeweiligen Durchströmversuchs.

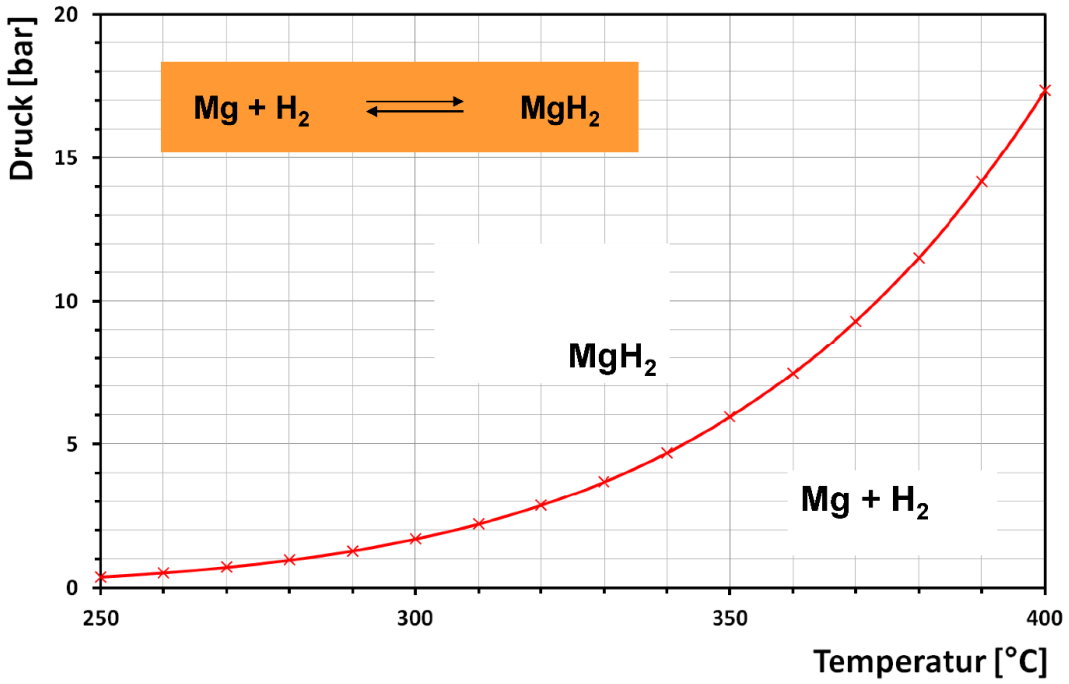


Abb. 3-21: Temperatur/Druck-Gleichgewichtskurve für das System Mg/MgH_2

Tabelle 3-4: Wichtige Kenndaten zu den experimentellen Untersuchungen

Herstellung des Absorptionsmaterials	Mischen	Einfaches Verrühren von 23,75 g Mg-Pulver (< 45 µm) und 1,25 g Ni-Pulver (als Katalysator)
	Aktivierung	In einem Autoklav durch mehrfache Hydrierung/Dehydrierung unter festgelegten Druck/Temperatur/Zeit-Bedingungen H_2-Kapazität in der hydrierten Form: 6 Gew.-% gemessen 7,3 Gew.-% (maximaler theoretischer Wert)
Befüllung des Reaktors		Einfüllen des Absorptionsmaterials in hydrierter Form unter Inertgas 25,6 g aktiviertes Absorptionsmaterial (mit 1,54 Gew.-% H_2 / 17 l_N H_2) Innendurchmesser Reaktor 21 mm Schütthöhe im Reaktor ca. 90 mm
Versuchsbetrieb	Absorption	H_2/CH_4 20 Vol.-% H_2 H_2/Erdgas 11,45 / 14 Vol.-% H_2 110-100 bar im Reaktor 70 – 180 l_N/h Volumenstrom Gasmischung 150 - 380°C Reaktortemperatur
	Desorption	Reaktor am Ende offen gegen Atmosphärendruck bzw. gegenVakuum 400°C Reaktortemperatur

Zu erkennen ist, dass bei niedrigen und hohen Temperaturen die Wasserstoffabsorption von Anfang an unvollständig ist. Dagegen erfolgt bei einer Reaktortemperatur von 250 °C nach Start des Versuchs über einen Zeitraum von ca. 10 Minuten eine vollständige Absorption des Wasserstoffs. Anschließend kommt es zum Durchbruch mit kontinuierlich steigendem Anteil von Wasserstoff hinter dem Reaktor.

In weiteren Versuchen wurde die Abhängigkeit der H_2-Absorptionsleistung von der Durchströmungsgeschwindigkeit des Gasgemischs untersucht. Bei niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten bleibt die Absorptionsleistung praktisch konstant, nimmt aber bei höheren Geschwindigkeiten wie erwartet ab.

Eine Erniedrigung des H_2-Partialdrucks führt zu einer Verminderung der H_2-Aufnahmekapazität des Mg und einer Abnahme der Absorptionskinetik. Entsprechend verlangsamt sich der Absorptionsprozess und die Strömungsgeschwindigkeiten müssen reduziert werden.

Im Anschluss an die Versuche mit H_2/CH_4-Gasmischungen wurden erste Untersuchungen an H_2/Erdgas-Mischungen durchgeführt. Dabei zeigten sich keine grundlegenden Unterschiede zu den Versuchen mit Methan.

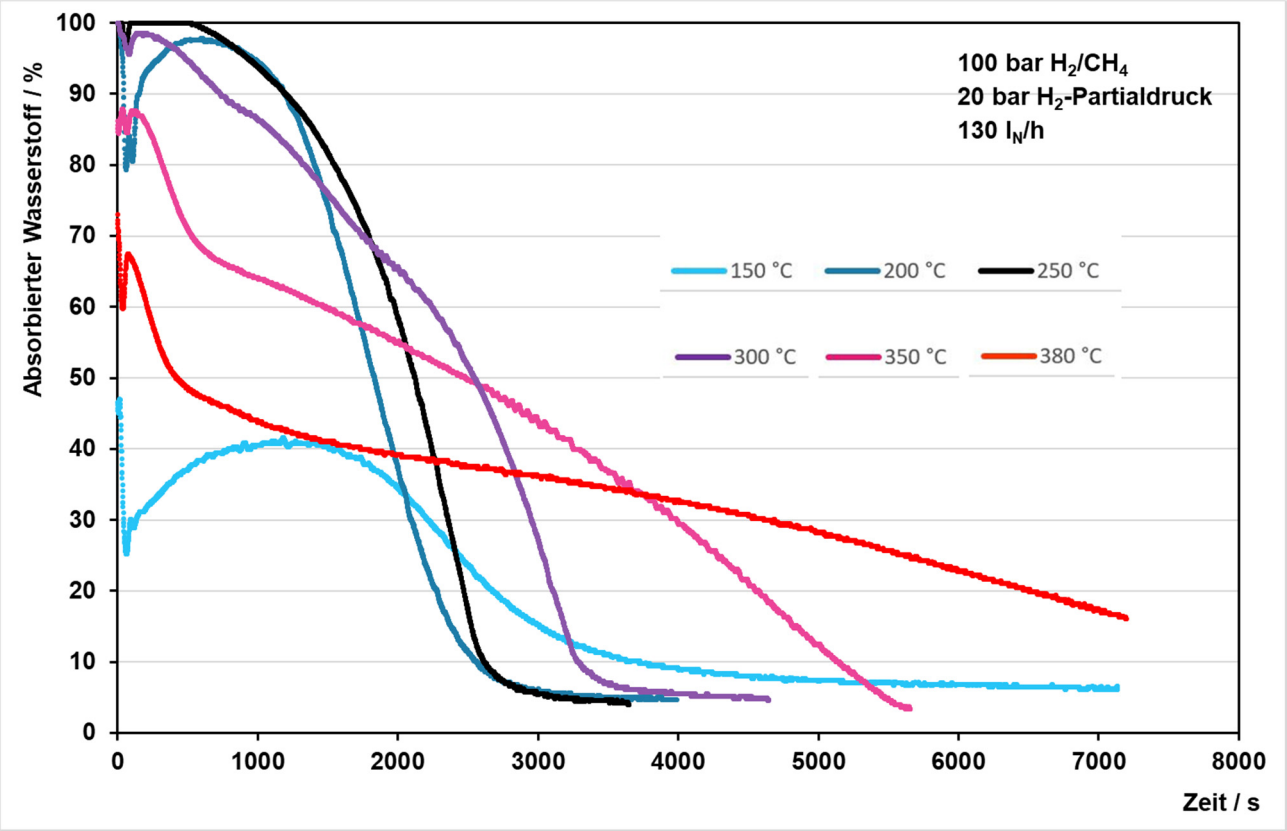


Abb. 3-22: Anteil des absorbierten Wasserstoffs in Abhängigkeit von der Versuchsdauer bei systematischer Variation der Reaktortemperatur

Die Ergebnisse dienten als Basis für die Auslegung und Konstruktion einer größeren Versuchsanlage, die aus zwei Durchströmreaktoren aufgebaut ist, und mit der der Betrieb – analog zu einer Pressure-Swing-Adsorption-Anlage (PSA) – als quasikontinuierlicher Abtrennungsprozess eingehender untersucht und demonstriert wird.

Förderhinweis:

Das IGF-Vorhaben 20761 N der Forschungsvereinigung „Energie- und Umwelttechnik“ wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages gefördert.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

Forschungsnetzwerk Mittelstand

3.5 Ressourcen & Recyclingtechnik / Wasseraufbereitung & Membrantechnik

Die Abteilungen *„Ressourcen & Recyclingtechnik“* und *„Wasseraufbereitung & Membrantechnik“* vereinigen unter dem Aspekt der Kreislaufführung und Ressourcenschonung die zwei wesentlichen Anwendungsschwerpunkte Recycling von Massengütern wie z. B. Elektro- und Elektronikgeräten und die Aufbereitung industrieller Prozess- und Abwässer.

Entsorgungszentrum

Seit circa 30 Jahren betreibt das IUTA ein zertifiziertes Entsorgungszentrum, welches als Erstbehandlungsanlage der Stiftung EAR gelistet ist. Durch das Alleinstellungsmerkmal eines eigenen Entsorgungsfachbetriebs hat das IUTA eine besondere Praxisnähe zur Entsorgung von Elektro- und Elektronikaltgeräten und kann Problemstellungen aus der Entsorgungsbranche aus erster Hand beurteilen und industrienahe, betriebsorientierte Lösungen finden.

Das IUTA ist sich neben den fachlichen Aufgaben auch seiner sozialen Verantwortung bewusst und setzt diese in Form von Ausbildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen im Entsorgungsfachbetrieb um. Seit Mitte der 90er Jahre wurden in diesem Zusammenhang zahlreiche Projekte mit unterschiedlichen Schwerpunkten durchgeführt. Diese bieten Möglichkeiten der Qualifizierung und Ausbildung im Rahmen der Gemeinwohlarbeit. Die Maßnahme ist insbesondere auf körperlich beeinträchtigte Personen ausgerichtet und geht gezielt auf ihre Bedürfnisse ein.

Analyse von Prozessen hinsichtlich Schad- und Gefahrstoffen sowie Gefährdungspotenzialen

Zahlreiche Stoffe in Produkten der Vergangenheit sind mittlerweile als gesundheits- oder umweltschädlich erkannt worden und müssen dem Wirtschaftskreislauf möglichst umweltschonend entzogen werden.

Exemplarisch sind die Schadstoffe FCKW, PCB, Quecksilber und Cadmium zu nennen. Zudem entstehen Gefährdungspotenziale durch nicht korrekt entfernte Bauteile wie z. B. Batterien. Auf der Basis der durchgeführten Untersuchungen erarbeitete das IUTA für verschiedene Unternehmen Schutzmaßnahmen für Mensch und Umwelt, Handlungsempfehlungen und/oder detaillierte Arbeitsanweisungen (Abb. 3-23).

Abb. 3-23: Materialsichtung in Hinblick auf Schad- und Wertstoffgehalte in Elektronikaltgeräten

Kühlgeräteentsorgung

Seit über 25 Jahren befasst sich die Abteilung auch mit den Themen FCKW-Freisetzung und -Rückgewinnung sowie der FCKW-Analytik bei der Entsorgung von Kühlgeräten. Durch die intensive Auseinandersetzung mit der Problematik sowie der langjährigen Erfahrung ist das IUTA Ansprechpartner sowohl für Technologieentwicklungen und Technikberatung als auch insbesondere für die Prüfung und Auditierung für diese Verwertungsbranche.

2021 wurden insgesamt 20 Überprüfungen gemäß TA Luft Ziffer 5.4.8.10.3/5.4.8.11.3 sowie 24 technische Anlagenbegutachtungen durchgeführt. Darüber hinaus konnte die Zulassung als zertifizierter WEEELABEX Auditor für EAR und als zertifizierter WEEELABEX Special Auditor für TEE erneuert werden.

Digitalisierung von Stoffströmen und Prozessen

Im BMBF-geförderten Projekt *DiKueRec* sollen Kühlgeräterecyclinganlagen auf ihre Energieeffizienz und ein besseres Stoffstrommonitoring hin optimiert werden.

Auch mehr als 30 Jahre nach dem Verbot von halogenierten Kohlenwasserstoffen sind nach wie vor Altgeräte mit diesen Inhaltsstoffen im Entsorgungsstrom anzutreffen. Diese vermischen sich mit modernen Geräten, welche Kohlenwasserstoffe enthalten, die leicht entzündlich sind.

Diese Heterogenität erhöht den Arbeitsaufwand sowohl für das Stoffstrommonitoring als auch die effiziente Steuerung der Behandlungsanlagen. Ohne einen erheblichen personellen Mehraufwand sind die hohen Qualitätsansprüche der Entsorger nicht mehr zu erreichen. Um die Heterogenität des Stoffstroms trotzdem zu beherrschen, bedarf es robuster automatisierter Methoden der Datenerhebung auf Einzelgerätebasis. Dafür sollen Alt-Kühlgeräte sensorisch erfasst und ihre Eigenschaften in Form von digitalen Zwillingen gespeichert werden.

Für die Einschätzung des Zustandes der Geräte entwickelt das IUTA zusammen mit weiteren Forschungs- und Industriepartnern eine kamerabasierte und automatisierte Lösung. Dazu wird eine umfangreiche Datenbasis geschaffen. Auf Grundlage dieser Basis werden Auswertealgorithmen wie z. B. neuronale Netze trainiert. Diese so ermittelten Beschreibungen des Altgerätezustandes (z. B. Tür/keine Tür) werden dann genutzt, um über weitere Regressionsmodelle die Menge der im Altgerät enthaltenen Stoffe abzuschätzen und so die Anlagen effizient steuern zu können.

Förderhinweis:

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert das Verbundprojekt „DiKueRec“ zur Fördermaßnahme „Digital GreenTech – Umwelttechnik trifft Digitalisierung“ innerhalb des Aktionsplans „Natürlich.Digital.Nachhaltig“. Der Aktionsplan steht im Kontext der Strategie „Forschung für Nachhaltigkeit (FONA)“ des BMBF.

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium für Bildung und Forschung

FONA Forschung für Nachhaltigkeit

Digital GreenTech

On-Board-Kontrolle der Ballastwasserreinigung durch Messsonden auf Basis der Photoakustikspektroskopie

Zum Schutz vor Krängung ist die Aufnahme von Ballastwasser für Überseeschiffe notwendig. Dazu erfolgt abhängig von der Be- und Entladung in den Häfen eine Anpassung der Ballastwassermenge. Bei diesem Vorgang kann es zur Freisetzung von invasiven Arten kommen, wenn mit dem Ballastwasser aufgenommene Mikroorganismen in einem fremden Ökosystem mit dem Ballastwasser abgelassen werden. Um das Ballastwasser von solchen Organismen zu reinigen, werden Schiffe mit Ballastwasserbehandlungssystemen ausgestattet. Für diese Systeme hat die International Maritim Organisation (IMO) Kriterien für die zulässige Anzahl lebender Organismen im Ballastwasser definiert, um eine Freisetzung von Neobionten zu vermeiden. Zur Prüfung dieser Kriterien ist eine Kontrolle des Ballastwassers erforderlich. Zurzeit erfolgt diese Kontrolle über Probenahmen mit anschließender Kultivierung

auf Nährböden und einer Auszählung im Labor. Dieser Vorgang ist zeitaufwendig und wegen der damit verbundenen Stillstandszeiten der Schiffe für die Reedereien mit wirtschaftlichen Einbußen verbunden.

Abb. 3-24: Filtertestand zur Untersuchung der Filtergewebe, Strömungs- und Betriebsbedingungen

Vor diesem Hintergrund soll im Rahmen dieses Projekts eine On-Board-Kontrolle der Ballastwasserbehandlung entwickelt werden. Dazu wird in dem Verbundprojekt zusammen mit den Projektpartnern Boll & Kirch Filterbau GmbH, Digitronic GmbH sowie der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf (HHU) ein Messsystem auf Basis der Photoakustikspektroskopie entwickelt. In diesem Rahmen wurde vom IUTA ein Filtertestand (Abb. 3-24) konstruiert und aufgebaut, mit dem die Fraktionierung der Organismen entsprechend vorgegebener Größenklassen erfolgen kann. Mit diesem Teststand werden Untersuchungen mit unterschiedlichen Filtergeweben, Strömungs- und Betriebsbedingungen durchgeführt. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden dazu genutzt, das Messsystem aus Filtereinheit, isokinetischer Probenahmevorrichtung und Messzelle zu assemblieren.

Förderhinweis:

Das Vorhaben „BallaTon“ wird vom Land Nordrhein-Westfalen unter Einsatz von Mitteln aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) 2014 – 2020 „Investitionen in Wachstum und Beschäftigung“ gefördert.

Aktenzeichen (LeitmarktAgentur.NRW):
EU-2-2-016A

EFRE-Förderkennzeichen:
EFRE-08001502

Leitmarkt Agentur.NRW

Die Landesregierung Nordrhein-Westfalen

EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

2014 2020 EFRE.NRW
Investitionen in Wachstum und Beschäftigung

Membranfiltration

Seit 2012 bildet die Membranfiltration mittels Umkehrosmose (UO), Ultrafiltration (UF) und Mikrofiltration (MF) einen Schwerpunkt bei Industrieaufträgen und Projekten. Das IUTA ist dabei Ansprechpartner für Fragestellungen der Membranauswahl für spezifische Abwässer, Pilotierungen und Optimierungen. Weiterhin unterstützt das IUTA Anlagenbauunternehmen, Ingenieurbüros oder Anlagenbetreiber bei der Untersuchung von Schadensfällen an Membranelementen. Durch Verblockung oder

Schädigung der Membranen können Anlagenausfälle und hohe Kosten durch Austausch der Membranmodule entstehen. Mit Hilfe von sogenannten Membranuntersuchungen, die zerstörungsfreie und zerstörende Methoden anwenden, können Beschädigungen beurteilt und Ursachenforschung betrieben werden. Dabei werden die Module von außen und von innen begutachtet, Beläge beprobt sowie weiterführende Untersuchungen zur Aufklärung der Membran- und Belagsstruktur durchgeführt.

In diesem Kontext werden Forschungsprojekte durchgeführt, die z. B. der Entwicklung von Methoden zur Differenzierung silikathaltiger Beläge oder der Entwicklung spezifischer Beschichtungen für Umkehrosmosemodule dienen.

In-situ-Antifouling-Beschichtungen für Umkehrosmose-Membranen in spezifischen Anwendungen

Das IGF-Projekt „Entwicklung von in situ Antifouling-Beschichtungen von Umkehrosmosemembran-Modulen für spezifische Anwendungen“ hat zum Ziel, die Trennleistung und -effizienz durch die Verminderung von Belagbildung in spezifischen Anwendungen zur Wasserreinigung bzw. Wasseraufbereitung zu verbessern. Einen wesentlichen Vorteil einer in situ Beschichtung stellt die mögliche Spezialisierung von „Allround-Modulen“ auf konkrete Fragestellungen dar. Es können kostengünstig erhältliche Module genutzt und durch eine individuelle Funktionalisierung für vorher ermittelte Foulingpotenziale behandelt werden. Dazu werden in Zusammenarbeit mit der Universität Duisburg-Essen polymerbasierte Materialien und Methoden zu deren Verarbeitung entwickelt, um Beschichtungen von Membranen in Umkehrosmosemembran-Modulen zu erzeugen. Im IUTA werden die Übertragung der Beschichtung von Flachmembranen auf Membranmodule sowie die Bewertung der Leistungsfähigkeit und der Funktionalität der Beschichtungen durchgeführt (Abb. 3-25). Darüber hinaus wird eine Stresstestapparatur konzipiert und aufgebaut, um die Stabilität und die Antifouling-Funktionalität der Beschichtung auf einem Membranmodul zu untersuchen und anhand typischer Leistungskenndaten (z. B. Permeatfluss, Druckverlust, Ausbeute, Salzrückhalt) mit Referenzmodulen zu vergleichen.

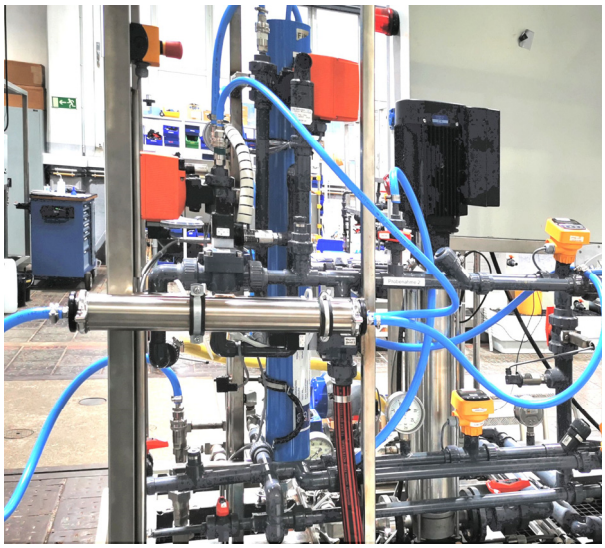


Abb. 3-25: RO-Membrananlage zur Beschichtung von Membran-Modulen und zur Untersuchung ihrer Leistungsfähigkeit

Förderhinweis:

Das IGF-Vorhaben 21323 N der Forschungsvereinigung „Energie- und Umwelttechnik“ wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages gefördert.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

Forschungsnetzwerk Mittelstand

Entwicklung einer Untersuchungsmethode für die Ursachenermittlung von Silikatbelägen auf Umkehrosmosemembranen mittels REM-EDX

Das Ziel dieses Projektes war die Entwicklung einer Analysemethode, mit der die Unterscheidung von silikathaltigen Belägen auf Umkehrosmosemembranen möglich ist. Dafür wurden erweiterte Kenntnisse über einzelne Bildungsmechanismen und deren Einflussfaktoren erarbeitet. Mit der Erzeugung von Belägen mit definierten Versuchswässern und unter kontrollierten Prozessbedingungen konnten unterschiedliche Bildungsmechanismen dargestellt und die jeweils relevanten Einflussparameter identifiziert werden. Mit der entwickelten Analysemethode auf Basis von REM-EDX gekoppelt mit neu entwickelten Probenpräparationsmethoden wurden geeignete Charakterisierungsmerkmale ausgewählt und beschrieben. Die Anwendbarkeit der Methoden auf unbekannte Membranproben wurde bei laufenden Membranuntersuchungen überprüft und nachgewiesen. Abb. 3-26 zeigt REM-Bilder von Praxisbeispielen mit unterschiedlichen Foulingmorphologien, die mit den entwickelten Methoden aufgenommen wurden.

Auf den Projektergebnissen aufbauend können durch und mit Industrieunternehmen Belagvermeidungs- und -minderungsstrategien oder geeignete Reinigungsprozeduren entwickelt werden, um die Effizienz von Membranprozessen zu erhöhen.

Förderhinweis:

Das Projekt wurde vom vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert.

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

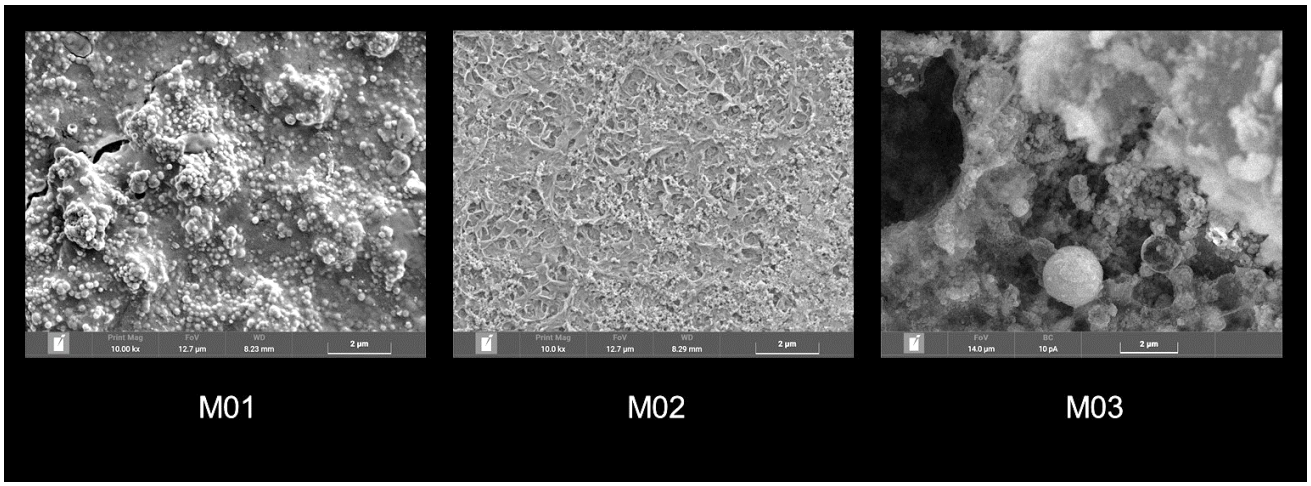


Abb. 3-26: REM-Aufnahmen von siliziumhaltigen Belägen

Ausstattung des IUTA-Entsorgungszentrums

- 25 Arbeitsplätze für gewerblich orientierte Elektronikschrottdemontage oder phänomenologische Untersuchungen an Massengütern
- davon 10 Arbeitsplätze für die Feinzerlegung von Elektronikschrott oder Detailuntersuchungen an Massengütern
- Sicherheitswerkbank mit Quecksilberrückhaltung, URT GmbH
- Hg-Monitor 3000, Seefelder Messtechnik
- ARP Zweiwellen-Shredder
- 2 Erdwich Einwellen-Shredder
- 1 Fritsch Schneidmühle, grob
- 2 Retsch Schneidmühlen, fein
- 1 Retsch Backenbrecher
- Metallabscheider
- Zick-Zack Windsichter
- Siebmaschinen
- 3-Zonen-Drehrohrofen bis 1.200 Grad, 950 mm (200/550/200mm)
- Drei-Zonen-Kunststoffextruder/Haake
- Elektrodialyse, Fumatech
  - Betrieb als bipolare Elektrodialyse oder als monopolare Elektrodialyse mit Polumkehr
- Messgeräte für die Dichtigkeitsprüfungen R11 oder Cyclopentan, empfohlen nach Vollzugshilfe TA Luft:
  - ppm Messtechnik MAC 2040 R11
  - ppm Messtechnik MAC 2240 R11
  - ppm Messtechnik MAC 2040 Cyclopentan
  - Lecksuchgeräte für die Dichtigkeitsprüfungen FCKW oder KW
- Refco Startek-C Propan, Iso-Butan, Methan
- Refco Startek R11, R12, R22, R134a
- Testo 316-4 (FCKW, HFKW, FKW)
- Inficon D-TEK Select mit Infrarotabsorptions-Sensorzelle (FCKW, HFKW, FKW)
- div. Testo 416 Flügelradanemometer und Hitzdrahtanemometer Temperatur/Feuchtigkeitsfühler für die Überprüfung der Luftströme
- Staubmessgerät, kontinuierlich
- GC-FID Thermo Finigan (Analyse von FCKW in PUR)
- GC-MS Shimadzu (Treibmittelanalyse etc.)
- Gasmonitor INNOVA 1412, Lumasense Technologies
- Wärmebildkamera
- Endoskop Laserline Videoflex
- FTIR Shimadzu (ATR, Gasmesszelle, Flüssigküvette)
- EDX-7000 Shimadzu
- VANEOX PR-25t Presse Fluxana
- Veraschungsofen LVT Nabertherm
- KERN ABS 520-4N Laborwaage

Ausstattung des IUTA-Wassertechnikums

- Hochdruck-Umkehrosmoseanlage bis zu einem max. Betriebsdruck von 80 bar:
  - zwei Druckrohre für je drei 8''-Spiralwickelelemente
  - Energierückgewinnung mit Druckwechsler
- Niederdruck-Umkehrosmoseanlage bis zu einem Betriebsdruck von 20 bar:
  - zwei Druckrohre für je ein 4''-Wickelelement
- Mitteldruck- Umkehrosmoseanlage bis zu einem Betriebsdruck von 40 bar:
  - zwei Druckrohre für je ein 4''-Wickelelement
- Nanofiltration:
  - zwei Druckrohre für je ein 4''-Wickelelement
- Mehr-Effekt-Verdampferanlage (MED):
  - vier Effekte
  - maximale Destillatproduktion: 1,25 t/h
- Vakuumdestillation:
  - Druckbereich: 0,6 – 0,8 bar
  - Verdampfungstemperatur: 65 – 75 °C
- Cross-Flow-Membrantestzelle für Flachmembranen
  - Druckbereich: bis 80 bar
  - Volumenströme: 20 bis 90 l/h
- Hochgeschwindigkeitskamera
- Kontaktwinkelmessgerät Krüss
- Mikroskop Zeiss Stemi 305
- Agilent UV/VIS-Spektrometer
- diverse Filter- und Vorbehandlungsmodule
- diverse Messgeräte zur Bestimmung physikalischer Kenngrößen (z. B. pH-Wert, Leitfähigkeit, Redoxpotenzial, Trübung)

Membranuntersuchungen

- Membranuntersuchungen an Wickelmodulen (Umkehrosmose und Nanofiltration)
  - Visuelle Inspektion mit ausführlicher Fotodokumentation
  - Integritätstests an Membranelementen
  - Leistungstests an Membranelementen
  - Färbetests an Membranelementen
  - Autopsie von Membranelementen
  - Oberflächenuntersuchungen
  - REM/EDX-Untersuchung zur Charakterisierung von Belägen
  - FTIR-ATR-Untersuchungen
  - Chemisch-physikalische Belaganalyse mittels RFA
  - Coupontests
  - Reinigungsversuche

- Membranuntersuchungen an Ultrafiltrationsmodulen
  - Visuelle Inspektion mit ausführlicher Fotodokumentation
  - Integritätstests an Membranelementen
  - Färbetests an Membranelementen
  - Autopsie der Membranelemente
  - Chemisch-physikalische Belaganalyse
  - REM/EDX-Aufnahmen von Faserquerschnitten

- Membranuntersuchungen an Membranbioreaktor-Membranen
  - Permeabilitätstests an Membrancoupons
  - Reinigungsversuche an Membrancoupons
  - Oberflächenuntersuchungen
  - REM/EDX-Aufnahmen von Faserquerschnitten

- Membranscreenings

3.6 Umwelthygiene & Pharmazeutika

Viele in der Human- bzw. Veterinärmedizin eingesetzte Arzneimittel haben bereits in sehr geringen Konzentrationen ein erhebliches toxisches und ökotoxisches Potenzial. Daher sind bei Produktion, Lagerung, Transport, Zubereitung, Anwendung und Entsorgung dieser Stoffe sowie damit kontaminierter Materialien besondere Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten und der Umwelt erforderlich.

Die Abteilung *Umwelthygiene & Pharmazeutika* trägt mit wissenschaftlichen Untersuchungen und technischen Entwicklungen zur Verbesserung des Arbeits- und Umweltschutzes beim Umgang mit toxischen Arzneimitteln bei. Dies betrifft insbesondere Zytostatika und Antibiotika sowie persistente Spurenstoffe in diversen Umweltmatrizes. Zu deren Minderung stehen oxidative und adsorptive Behandlungsverfahren im Fokus. Darüber hinaus werden Dienstleistungen zur Arzneimittelanalytik und zum Screening mittels Massenspektrometrie angeboten. Prozessbewertungen und die Aufklärung unbekannter Substanzen werden mittels effektdirigierter Analytik (EDA) durchgeführt.

Erweiterte Abwasserbehandlung

Arzneimittelwirkstoffe, Haushaltschemikalien und Industriechemikalien werden ubiquitär in der Umwelt nachgewiesen. Konventionelle Kläranlagen können diese, als organische Mikroschadstoffe bezeichneten Substanzen, nur unzureichend eliminieren, sodass Kläranlagenabläufe einen bedeutenden Eintragsweg in den Wasserkreislauf darstellen. Weitere Einträge erfolgen durch Mischwasserentlastungen, industrielle Punktquellen oder diffuse Quellen, wie beispielsweise die Landwirtschaft, undichte Kanäle oder belastete Standorte (Deponien). Um dem entgegen zu wirken und die Vielfalt der Stoffe sowie die unterschiedlichen Eintragspfade zu berücksichtigen, bedarf es Maßnahmen auf verschiedenen Ebenen, wobei diese vorrangig direkt an der Quelle umzusetzen sind. Hierzu gehören neben der Entwicklung von Ersatzstoffen betriebliche Minderungsmaßnahmen sowie die sachgerechte Entsorgung von Alt-Arzneimitteln über den Hausmüll oder die Apotheke. Während der Eintrag von Industriechemikalien und Pflanzenschutzmitteln in Oberflächengewässer über Emissionsgrenzwerte oder Vorgaben zum Stand der Technik reduziert werden kann, ist dies für das häusliche Umfeld nur bedingt möglich. Diese Stoffe gelangen zumeist nach ihrem bestimmungsgemäßen Gebrauch über das Abwasser in die kommunalen Kläranlagen. Der Ausbau von Kläranlagen stellt daher neben Maßnahmen zur Vermeidung und Vor-Ort-Behandlung bei Indirekteinleitern eine Möglichkeit zur Reduzierung des Eintrags von Spurenstoffen in die Gewässer dar.

In verschiedenen Projekten mit Beteiligung des IUTA haben sich für die Spurenstoffelimination auf Kläranlagen Behandlungsverfahren mit Ozon oder Aktivkohle als geeignet erwiesen. Die technische Realisierbarkeit und ein stabiler Dauerbetrieb dieser Verfahren wurden an mehreren Standorten im großtechnischen Maßstab nachgewiesen.

Während in der Schweiz die Spurenstoffelimination auf ausgewählten Kläranlagen eingeführt wird, wird das Thema in Deutschland kontrovers diskutiert. In Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen wurden aber bereits einige Kläranlagen unterschiedlicher Größenordnung um eine Stufe zur Spurenstoffelimination erweitert.

Neue Verfahren zur erweiterten Abwasserbehandlung werden vom Labormaßstab über erste Pilotierungen bis zur großtechnischen Anwendung begleitet. Die Charakterisierung von kommunalen und industriellen Abwässern

gehört ebenso zu unserem Dienstleistungsangebot wie die Durchführung von Machbarkeitsstudien.

Screening-Verfahren

Neben der quantitativen Analytik sollen Screening-Verfahren schnell eine qualitative Aussage über die Anwesenheit von Substanzen in einer Umweltprobe geben. Durch massenspektrometrische Detektoren ist eine Identifikation von Stoffen in einer Probe möglich, ohne gezielt nach bekannten Stoffen zu suchen. Bei der Gaschromatografie können sehr gut etablierte Datenbanken (z. B. NIST14, FFNSC 3) zum Abgleich verwendet werden. In der Flüssigkeitschromatografie gibt es erste Ansätze, Datenbanken im Umweltbereich zu etablieren (z. B. ForIdent).

Neben der Bearbeitung direkter analytischer Fragestellungen befasst sich das Team intensiv mit Fragestellungen der Datenauswertung (Chemometrie), um Datensätze aus einem sogenannten Non-Target-Screening mittels hochauflösender Massenspektrometrie (HRMS) zielgerichtet auswerten und unbekannte Stoffen identifizieren zu können. Aufgrund der Menge an Informationen, welche durch ein Screening mittels HRMS erhalten werden, ist es notwendig, Filteralgorithmen zu entwickeln und softwarebasierte Lösungen zu etablieren. Ziel ist es, diese Algorithmen in Zusammenarbeit mit IT-Firmen in ein bedienerfreundliches Softwaretool, das flexibel auch für andere Fragestellungen eingesetzt werden kann, zu überführen. Diese Arbeiten sind wesentlicher Bestandteil des Projektes FutureLab.NRW.

Die Methoden wurden z. B. bei der erweiterten Abwasserbehandlung eingesetzt, um unbekannte Oxidationsprodukte, die durch eine Ozonung entstehen, erfassen zu können.

Auch im Bereich der Mikroplastikanalytik werden Screening-Verfahren mittels Pyrolyse-GC-MS eingesetzt, um die Anwesenheit von verschiedenen Kunststofftypen zu bestätigen. Hervorzuheben ist dabei der Einsatz eines TED-GC-MS-Systems (Thermoextraktions-Desorptions-Gaschromatografie-Massenspektrometrie), das neben der Bestimmung der Kunststoffart sogar eine Quantifizierung erlaubt. Im Rahmen aktueller Forschungsprojekte wird hier die Analytik auf Plastik in den verschiedenen Umweltkompartimenten Wasser und Boden etabliert. Zusätzlich wird in Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt aktuell ein Fokus auf luftgetragene Plastikpartikel gelegt. In diesem Zusammenhang wird untersucht, in wieweit sich Moose als Passivsammler für Mikroplastik eignen.

Entwicklung von textilen Adsorbern zur Adsorption von Spurenstoffen aus kommunalen Abwässern nach biologischer Reinigung (texSorb)

Aufgrund der zunehmenden Verwendung von Arzneimitteln, Industrie- und Haushaltschemikalien, Bioziden, Pestiziden etc. im Alltag gelangen diese in hohem Maße über das kommunale Abwasser in Kläranlagen. Konventionelle kommunale Kläranlagen sind jedoch auf eine Reduzierung von Nährstoffen und der organischen Fracht des Abwassers ausgelegt. Somit stellt die Entfernung organischer Spurenstoffe aus dem Wasserkreislauf eine der größten wasserwirtschaftlichen Herausforderungen der nächsten Jahre dar. Obwohl die Abwasserreinigung in Deutschland ein sehr hohes Niveau erreicht hat, verfehlen bislang über 80 % der Oberflächengewässer die Umweltziele nach Artikel 4 der europäischen Wasserrahmenrichtlinie. Zur Lösung dieser Problematik gibt es verschiedene Ansätze, die sich in zwei Gruppen, oxidative und adsorptive Verfahren, einteilen lassen.

Im Rahmen des Projekts „Entwicklung von textilen Adsorbern zur Adsorption von Spurenstoffen aus kommunalen Abwässern nach biologischer Reinigung (texSorb)“ werden neue innovative textile Adsorptionsmaterialien zur Eliminierung von Mikroschadstoffen auf der Basis von polyelektrolytmodifizierten Filtervliesen entwickelt. Der Vorteil dieser Adsorber ist, dass im Gegensatz zu den oxidativen Verfahren keine nachgeschaltete biologische Reinigung des Abwassers, oder wie im Fall der Adsorption an Aktivkohle, keine Abtrennung der Adsorbentien erfolgen muss.

Zunächst wurde in Laboruntersuchungen die Eliminationsleistung der verschiedenen beschichteten Textilien analysiert. Als Gesamtfiltersystem hat sich die Kombination verschiedener beschichteter Vliese als zielführendste Lösung herausgestellt. Erste vergleichende vielversprechende Ergebnisse der Filterkombination in Reinstwasser und Realabwasser (Ablauf einer kommunalen Kläranlage) sind in Abb. 3-28 als Vergleich dargestellt.

Das Filtermodul wurde als Tauchmodul entwickelt. Ein erster Prototyp des Filtermoduls mit zylindrischem Trägerkopf ist in Abb. 3-27 dargestellt.

Abb. 3-27: Prototyp eines textilen Filtermoduls

Mit diesem Prototyp werden erste Praxisuntersuchungen im Ablauf einer kommunalen Kläranlage durchgeführt. Der Einsatz in Retentionsbodenfiltern zur Behandlung ist ein weiteres Anwendungsfeld, welches im Verlaufe des Forschungsprojekts noch evaluiert wird.

Förderhinweis:

Das Projekt „texSorb“ (Förderkennzeichen: EFRE-0801485, AZ-Leitmarktagentur: NW-2-2-012a) wird durch die Europäische Union und das Land Nordrhein-Westfalen gefördert. Es wird durch das Projektkonsortium Deutsches Textilforschungszentrum Nord-West gGmbH, Cornelsen Umwelttechnologie GmbH und Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA) unter der Leitung des IUTA bearbeitet.

EFRE.NRW
Investitionen in Wachstum und Beschäftigung

EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

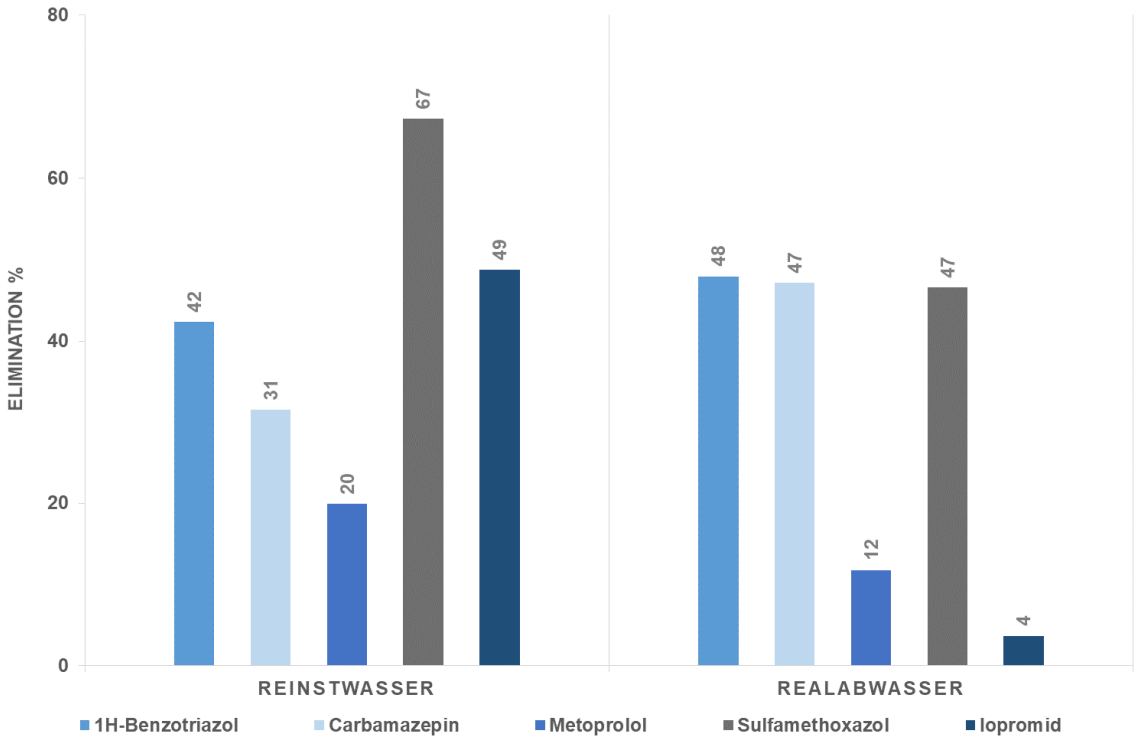


Abb. 3-28: Vergleich der Eliminationsleistungen der Filterkombination in Reinstwasser und realem Abwasser

Workflow-Designer für Non-Target-Screening (ntsIUTA)

Die Bewertung und Überwachung von Spurenstoffen in der Umwelt erfolgt am IUTA bereits seit einigen Jahrzehnten. Erweiterte Abwasserbehandlungsverfahren wie die Ozonung, Photokatalyse, Adsorptions- und biologische Nachbehandlungsverfahren zur Reduzierung von Spurenstoffen und Transformationsprodukten stellen zentrale Forschungsthemen dar. In Labor- und Pilotstudien sowie Monitoringkampagnen werden neue Verfahren evaluiert. Das IUTA unterstützt Kläranlagenbetreiber, Industriepartner sowie Kooperationspartner aus anderen Forschungseinrichtungen bei der Aufklärung von Transformationsprozessen und der Bewertung von neuen Abwasserbehandlungsverfahren. Hierzu wird die hochauflösende Massenspektrometrie (HRMS) zum Nachweis bekannter (suspects) und unbekannter Spurenstoffe eingesetzt. Die erzeugten Daten sind jedoch sehr komplex. Die hohe Massengenauigkeit der HRMS führt zu großen Datensätzen mit vielen Detailinformationen, die mittels proprietärer Software der Gerätehersteller nur begrenzt und unflexibel auswertbar sind. Hierdurch ist die Nutzbarkeit solcher Datensätze im Hinblick auf den analytischen Zweck oder die eigentliche Forschungsfragestellung erschwert. Daher wurde im Rahmen des IGF-Forschungsprojekts Nitr-O-zon das R-Paket ntsIUTA (Programmiersprache: „R“) entwickelt, um einen umfassenden und flexiblen Datenverarbeitungs-Workflow für den Umgang mit HRMS-Datensätzen in der Umweltanalytik am Beispiel der Bewertung von chemischen und biologischen Abwasserbehandlungsprozessen zu ermöglichen. Das allgemeine modulare Konzept von ntsIUTA ist in Abb. 3-29 dargestellt. Ziel von ntsIUTA ist es, die routinemäßige Anwendung von NTS in Verbindung mit HRMS zu erleichtern, wobei der Schwerpunkt auf der Automatisierung und der Einbeziehung von Metadaten (d. h. Versuchsdaten, Wetterbedingungen, Standort usw.)

liegt, um den analytischen Output und die Aussagekraft der Ergebnisse zu erhöhen.

Das Backend des ntsIUTA-R-Pakets nutzt verschiedene Open-Source-Softwaretools und öffentliche Datenbanken (z. B. patRoon, xcms, mzR, SIRIUS, MetFrag, ForIdent, PubChem, etc.) sowie selbst geschriebene Skripte. Ein Überblick über die Schritte des Basis-Workflows zum Laden und Dekonvolutieren von Rohdaten ist in Abb. 3-30 links dargestellt. Die Haupteingabe und der Schwerpunkt von ntsIUTA sind massenspektrometrische (MS) Daten mit entsprechenden Metadaten. MS-Daten der wichtigsten Hersteller können durch Vorkonvertierung in das mzML-Format in ntsIUTA geladen werden. Der Basis-Workflow besteht aus folgenden Schritten: (1) Peak-Picking, Alignment und Gruppierung über Probenreplikatgruppen hinweg, (2) Annotation von Isotopen und Addukten, falls zutreffend, (3) Kontrolle von Peaks/Features mit Kontrollproben und/oder dotierten internen Standards, (4) Clustering von Peaks/Features über Projekte hinweg unter Verwendung von MS1- und MS2-Informationen und (5) optionale Bewertung der Qualität jedes Features und jedes Peaks sowie Filtern von Daten auf der Grundlage von Blindsubtraktion oder anderen Kriterien. Für Schritt 1 stehen mit patRoon mehrere Algorithmen zur Verfügung, die auf den Datentyp abgestimmt sind (z. B. nominale MS- und hochauflösende MS-Daten). Aus dem Basis-Workflow wird ein Objekt der Klasse S4 mit der Bezeichnung ntsData erstellt, das projektspezifische Informationen (z. B. Datum, Ordner, für die Datenerfassung verwendete Methodik, Probenliste, zugehörige Probenreplikatgruppen und Blindwerte, Ionisierung usw.), Metadaten für jede Probenreplikatgruppe, Algorithmen und Einstellungen für die Datenentfaltung sowie die Liste von Features oder vereinigten Features (d. h. geclusterte isotopische Peaks) für die weitere Datenverarbeitung enthält.

Die ntsData-Objekte werden dann als Input für anwendungsspezifische Workflows verwendet (Abb. 3-30 rechts). Für die projektübergreifende Analyse werden die vorhandenen ntsData-Objekte zu Beginn des Workflows zu einem einzigen zusammengeführt. Die Funktionalitäten (d. h. Funktionen, die für die Priorisierung von Daten oder die Identifizierung von Substanzen verwendet werden) sind umfassend in Kategorien unterteilt, um die Zusammenstellung von Workflows zu erleichtern. Jede Funktionalität ergibt ein S4-Klassenobjekt mit kategorieabhängigen Eigenschaften (z. B. ntsSuspects aus der Identifizierung von Stoffen und ntsPriority aus der Priorisierung von Daten). Die wohldefinierten Eigenschaften der Objekte ermöglichen eine modulare Zusammenstellung von Funktionalitäten beim Aufbau eines Workflows. Obwohl ntsIUTA immer noch codebasiert ist, sind mehrere Berichts- und Visualisierungsfunktionen zur Unterstützung der explorativen Analyse und Datenauswertung bereits enthalten.

ntsIUTA wird kontinuierlich weiterentwickelt und ist als Open-Source-Software auf GitHub unter folgender URL verfügbar:
https://github.com/ricardobachertdacunha/ntsIUTA

Förderhinweis:

Das IGF-Forschungsprojekt Nr. 20478 N der Forschungsvereinigung Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA) wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

Forschungsnetzwerk Mittelstand

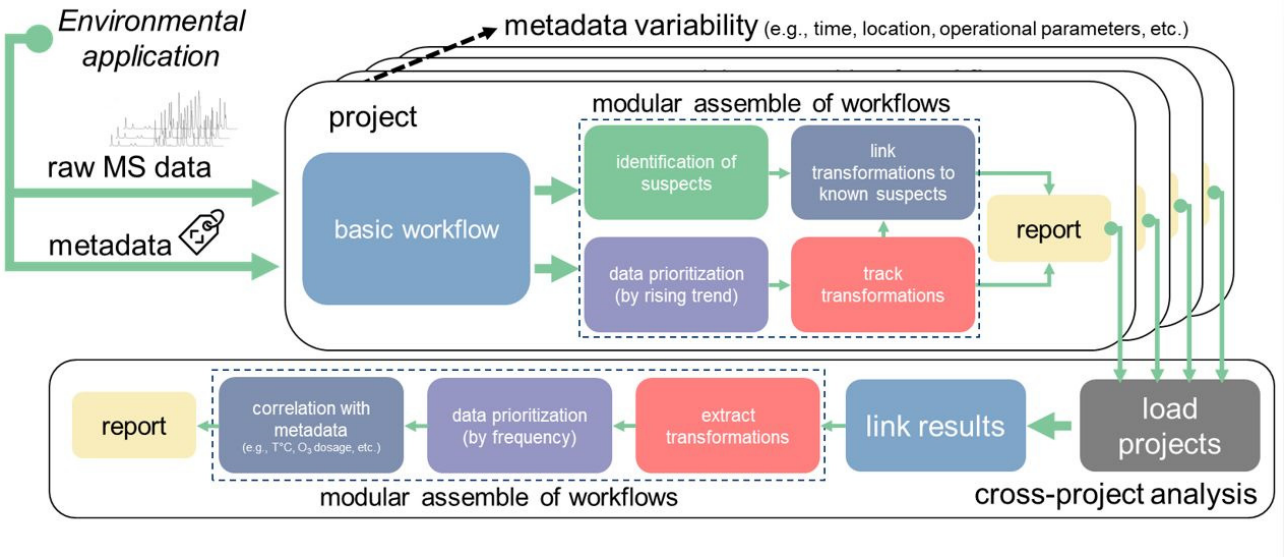


Abb. 3-29: Konzept des ntsIUTA-R-Pakets. Massenspektrometrische (MS) Daten und Metadaten sind die wichtigsten Informationsquellen

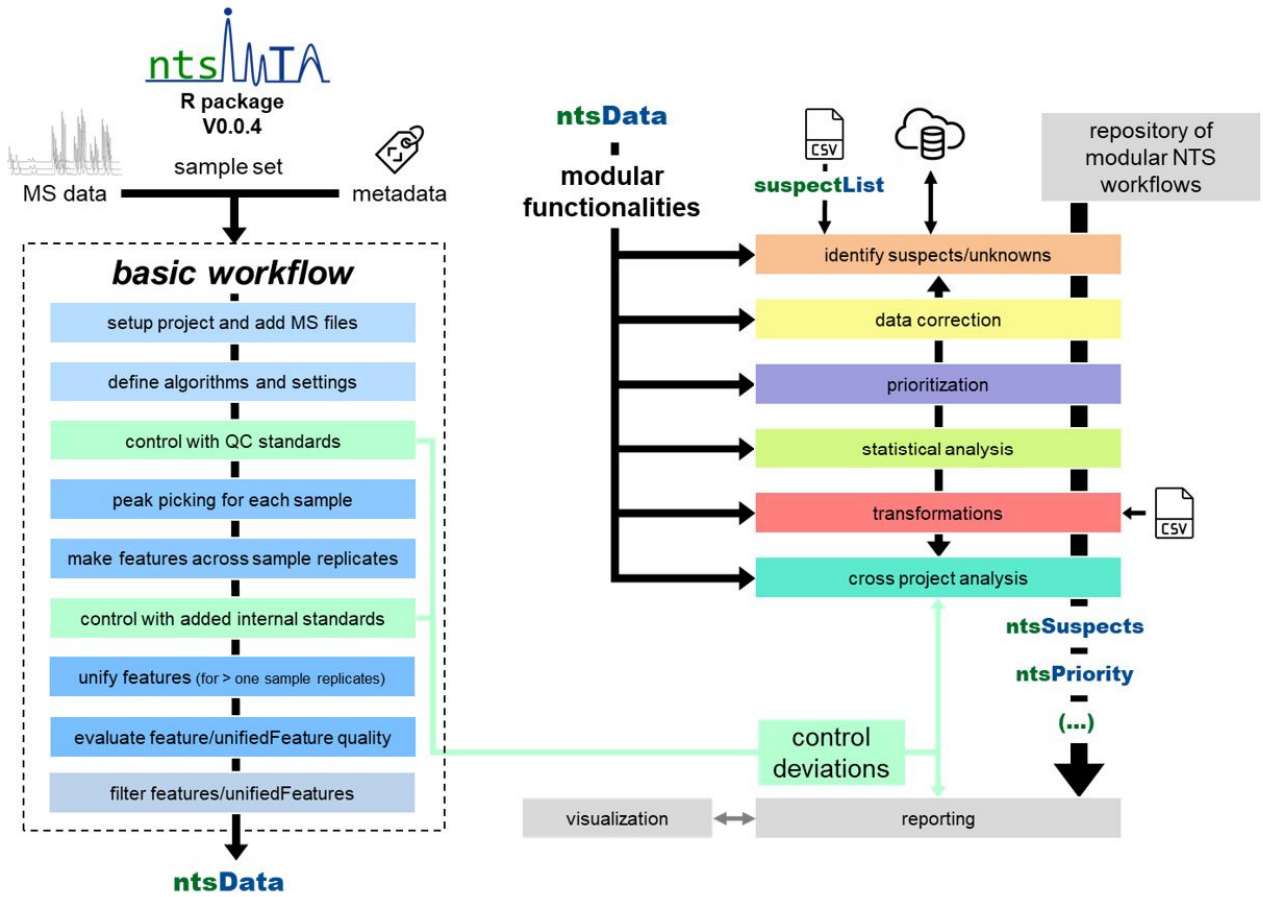


Abb. 3-30: Überblick über die Basisschritte der Datenverarbeitung und Kategorisierung der modularen Funktionalitäten für den Aufbau von anwendungsspezifischen Workflows

PharmaMonitor und weitere Dienstleistungen

Seit 2006 fasst das IUTA unter der Marke *PharmaMonitor* (www.pharma-monitor.de) Aktivitäten zum Nachweis von Zytostatika-Kontaminationen im Gesundheitsbereich und der Pharmaindustrie zusammen.

Ein Fokus liegt auf der Kontrolle von Prozessen und der Reduzierung von Kontaminationen von Oberflächen mittels Wischproben (Abb. 3-31). Marketing und Vertrieb der Wischprobensets erfolgen durch den Kooperationspartner Berner International GmbH (www.berner-international.de), während Analytik und Beratung zu Arbeitsschutz und Minderung von Kontaminationen in Apotheken, Ambulanzen, Kliniken, Herstellbetrieben und Pharmaindustrie beim IUTA liegen.

Abb. 3-31: PharmaMonitor Wischproben-Set zur Kontrolle der Arbeitsumgebung

Ein im Rahmen des InnoKOM-Projektes iWisch gemeinsam mit der Abteilung *Forschungsanalytik & Miniaturisierung* entwickeltes Wischprobenahme-Kit zur Bestimmung von monoklonalen Antikörpern wird 2022 in ersten Praxisuntersuchungen evaluiert.

Ein weiterer Schwerpunkt im PharmaMonitor liegt auf produktionsbegleitenden Arbeitsplatzmessungen. Neben der direkten Untersuchung hochwirksamer Substanzen werden Prozesskontrollen mit Ersatzstoffen (Laktose, Mannitol, Paracetamol, etc.) z. B. im Rahmen von Anlagenqualifizierungen durchgeführt. Dies erfolgt nach Vorgaben des APCPPE-Guides („Assessing the Particulate Containment Performance of Pharmaceutical Equipment – A Guide“; ehemals SMEPAC) im Bereich der OEB-Klassifizierung 3 bis 6 (OEB = Occupational Exposure Band).

Bei der Bewertung von Arbeitsplätzen sowie technischen, organisatorischen und persönlichen Arbeitsschutzmaßnahmen unterstützt das IUTA Kundeninnen und Kunden aus Behörden, dem Gesundheitswesen sowie der pharmazeutischen Industrie. Neben dem bestehenden Angebot beim Wischproben- und Expositions-Monitoring wird das Portfolio kontinuierlich weiter ausgebaut. In Abstimmung mit den Auftraggebern werden neue Analysemethoden entwickelt und für Probenahme, Lagerung, Versand und Analytik validiert.

Zusätzlich zum Umgebungsmonitoring bietet das IUTA Analysen zur Qualitätskontrolle an. Ein Beispiel hierfür ist die Qualitätskontrolle patientenindividueller Zubereitungen. Diese kann zur Prozessvalidierung, für parallele Untersuchungen zu behördlichen Messungen oder als Eigenkontrolle bei nicht applizierten Rückläufern erfolgen. Neben den klassischen kleinen Molekülen sind auch monoklonale Antikörper (Identifizierung und Quantifizierung) im Dienstleistungsangebot enthalten.

Im Rahmen von Studien bietet das IUTA ergänzend zur Prüfung und Zertifizierung von persönlicher Schutzausrüstung (Handschuhe, Kittel usw.) bei benannten Stellen (sogenannter Notified Body) Permeationsuntersuchungen im Rahmen der Eigenkontrolle an. Diese können der Produktüberprüfung und -weiterentwicklung, Qualitätssicherung, Erweiterung der Prüfung auf hochwirksame Substanzen (z. B. Zytostatika) und Neuentwicklung von Produkten entsprechend DIN EN 374-3 und DIN EN ISO 6529:2011-07 („Permeationszelle“) sowie EN ISO 6530:2005-05 („Dachrinnentest“) dienen. Daneben werden Adsorptions- und Materialverträglichkeitsuntersuchungen sowie Tests

von geschlossenen Systemen für die Zubereitung von Zytostatika (Closed System Drug-Transfer Device, CSTD) und automatisierten Zubereitungssystemen angeboten.

Qualitätsmanagement und Akkreditierung

Hausübergreifend betreibt das IUTA ein gemeinsames Qualitätsmanagementsystem, in dem die drei analytischen Abteilungen *Umweltanalytik & Toxikologie*, *Forschungsanalytik & Miniaturisierung* sowie *Umwelthygiene & Pharmazeutika* gemeinsam durch die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert sind. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage D-PL-19759-01-00 aufgeführten Umfang.

Die Akkreditierung umfasst folgende Prüfbereiche:

- Instrumentelle und wirkungsbezogene Analytik von Abwässern und Fließgewässern
- Untersuchung von Wischproben auf pharmazeutische Rohstoffe
- Untersuchung von Filterproben aus Luftmessungen (Expositionsmessungen und Anlagenqualifizierung nach APCPPE, ehemals SMEPAC)
- Untersuchung von flüssigen Arzneiformen und Arzneimittelzubereitungen

Die Erweiterung der Akkreditierung für die Prüfbereiche „Untersuchung von Filtern und Raumluftreinigern“ und „TA Luft“ ist in Zusammenarbeit mit den den Abteilungen *Filtration & Aerosolforschung und Ressourcen & Recyclingtechnik* in Vorbereitung.

Ausstattung der Abteilung Umwelthygiene & Pharmazeutika

Messsysteme

- Shimadzu Prominence LC-20 mit AB Sciex Q TRAP 3200
- Eksigent Express LC-ultra/Agilent 1260 HPLC mit AB Sciex Q TRAP 6500
- AB Sciex M5 µLC/Agilent 1200 HPLC mit AB Sciex Q TRAP 6500^{+}
- Shimadzu Nexera LC-40 mit TQ 8060 LC-MS/MS
- Agilent 1260 Bio-Inert HPLC mit Agilent IMS-QTOF 6560 HRMS
- Thermo ISQ GC-MS und Agilent 6890N GC-MS
- Gerstel TED-GC-MS
- Shimadzu QP 2020 GC-MS und TQ 8040 GC-MS/MS

Oxidative Versuche in Labor- und Pilotmaßstab

- Anseros COM-AD-01 Ozongenerator (Labormaßstab)
- Wedeco Ozongenerator (Pilotmaßstab)
- Hg-LP UV-Anlage TNN 15/32, Heraeus (Labormaßstab)
- Hg-LP UV-Anlage XLR 10/IQ, Wedeco (Pilotmaßstab)
- Hg-MP UV-Strahler IBL-UV-2KW, IBL Umwelt- und Biotechnik GmbH (Pilotmaßstab)
- UV-Durchflussanlage IBL uviblox® WTP 2 × 4
- mobiler Container zur Behandlung von Abwässern mit Ozon und/oder UV im halbtechnischen Maßstab

Moving-Bed-Biofilm-Reaktoren im Pilotmaßstab (u. a. zur biologischen Nachbehandlung von oxidierten Abwässern)

Hydrothermale Karbonisierung

- HTC-Reaktor (Büchi Glas)

S1-Labor

- Labor zur Durchführung wirkungsbezogener Analytik mit den Schwerpunkten hormonelle Effekte und Neurotoxizität
- Camag ATS4, AMD 2 und Scanner 3 für HPTLC

Permeationsprüfstände und Untersuchungen von Medizinprodukten

- Permeationszelle
- Dachrinnentest, Falltest
- Materialverträglichkeits- und Adsorptionsstudien
- Überprüfung von geschlossenen Systemen für die Zytostatikaherstellung

3.7 Umweltanalytik & Toxikologie

Ziel der Umweltanalytik ist der verlässliche Nachweis belastender Stoffe in verschiedenen wässrigen, festen und gasförmigen Matrizes. Dabei ist der Nachweis von Schadstoffen im niedrigsten Konzentrationsbereich ebenso wichtig wie der jeweilige chemische Zustand der Schadstoffe. So ist es möglich, Ausbreitungsmechanismen zu erkennen und interdisziplinär umwelttechnologische Prozesse zu bewerten. Des Weiteren können durch den Einsatz umweltanalytischer Untersuchungen Prozesse überwacht, Stoffströme verfolgt, Reaktionsmechanismen aufgeklärt, aber auch Lebensmittel und Bedarfsgegenstände überprüft werden. Im Rahmen von Forschungsprojekten, bei denen die erweiterte Abwasserbehandlung (Abteilung *Umwelthygiene und Pharmazeutika*) im Fokus steht, werden Arzneimittelwirkstoffe, aber auch Industrie- und Haushaltschemikalien nachgewiesen.

In enger Anlehnung an die analytischen Arbeiten werden parallel Fragestellungen der angewandten technischen Chemie bearbeitet. Großes Augenmerk wird dabei auf die Rückgewinnung strategisch wichtiger Metalle aus industriellen Reststoffströmen gelegt. Dabei werden praxistaugliche Verfahren erarbeitet, mit denen Wertstoffe wieder in den Wirtschaftskreislauf rückführbar sind.

Grundlage der Aktivitäten und Projekte der Abteilung sind die drei Kernthemen

- Instrumentelle Analytik,
- Wirkungsbezogene Analytik sowie
- Technische Chemie.

Instrumentelle Analytik

Beim Kernthema Instrumentelle Analytik steht der qualitative und quantitative Nachweis von Spurenstoffen (Pharmazeutika, Pestizide, Flammschutzmittel) vor allem in Gewässern im Vordergrund. Dazu stehen verschiedene moderne HPLC-Systeme zur Flüssigchromatografie sowie Triple-Quadrupol Massenspektrometer und UV-Detektoren zur Verfügung.

Die Abteilung verfügt zudem über sensitive GC-Systeme mit unterschiedlichen Detektionsmöglichkeiten (GC/FID, GC/MS-Systeme). Der analytische Nachweis von Ölen aus Druckluftmessungen gemäß ISO/CD 8573 und eine parallele Untersuchung der gasförmigen Ölanteile gemäß ISO/CD 8573 und IUTA-Hausmethode ergänzt das angebotene Analysenspektrum.

Massenspektrometrische wie auch spektroskopische Verfahren sind auch die wichtigsten Messprinzipien der Element- und Speziesanalytik. Die Kopplung der Massenspektrometrie mit einem induktiv gekoppelten Plasma erlaubt den Nachweis von Elementen aus wässrigen Proben im Ultraspurenbereich. Nachweisgrenzen von < 0,1 ng/L sind dabei realistisch. Die Speziesanalytik ist eine Teildisziplin der Elementanalytik, bei der nicht nur der Gesamtgehalt eines Elementes eine Rolle spielt, sondern auch die Oxidationsstufen und Bindungsformen, die in Summe letztendlich das Molekül ausbilden, berücksichtigt werden. Ein wichtiges Werkzeug am IUTA ist die flüssigchromatografische Kopplung mit einem massenspektrometrischen System, bei dem die Ionisierung der Moleküle mit einem heißen, induktiv gekoppelten Plasma angeregt wird (LC-ICP-MS). An diesem System erfolgt der äußerst sensitive Nachweis von Pt-haltigen Zytostatika. Ergänzt wird das Portfolio durch Verfahren zum Nachweis verschiedener Ionen.

Wirkungsbezogene Analytik

Der Großteil der Untersuchungen von Gewässern erfolgt aktuell mittels instrumenteller Analytik, wobei spezifisch die Konzentrationen einzelner bekannter Substanzen bestimmt werden. Mit diesen Verfahren können zum Beispiel

die Einleitungen von genau bekannten Substanzen in Gewässer überwacht werden. Die Gesamtheit einer Probe kann so allerdings nicht erfasst werden. Diese Lücke schließt die wirkungsbezogene Analytik (WBA). In der wirkungsbezogenen Analytik werden modifizierte Zellsysteme oder Biosensoren genutzt, um biologische Wirkungen und Effekte einer Probe zu beschreiben. Zusammen mit der instrumentellen Analytik können so aussagekräftige Informationen über Probenahmegebiete, Reinigungsstufen auf Kläranlagen o. ä. gewonnen werden. Beide analytischen Verfahren stehen in der Abteilung *Umweltanalytik & Toxikologie* zur Verfügung und ermöglichen z. B. eine optimale Bewertung der Wirkung der Reinigungsstufen von Kläranlagen. Außerdem ist die WBA ein fester Bestandteil, aber auch selbst Gegenstand in FuE-Projekten.

Die Arbeiten am IUTA konzentrieren sich zurzeit auf die Bestimmung der hormonellen Wirkungen sowie endokrin wirksamer Substanzen. Dabei kommen transgene hefebasierte Zellassays zum Einsatz, die verschiedene hormonelle Endpunkte abdecken. Dazu gehören agonistische und antagonistische estrogene und androgene Wirkungen, die teilweise auch als akkreditierte Analytik angeboten werden. Weitere Endpunkte wie gestagene und glucocordicoide Wirkungen werden zurzeit etabliert. Anthropogene Substanzen, wie Flammschutzmittel oder Weichmacher haben Einfluss auf das Nervensystem von Mensch und Tier. Daher wird auch ein Enzymassay zur Bestimmung der Hemmung eines essentiellen Enzyms bei der Weiterleitung von Signalen im Nervensystem, die Acetylcholinesterase, eingesetzt.

Im Rahmen von Forschungsarbeiten wird bereichsübergreifend an der Verknüpfung von Hochleistungsdünnschichtchromatografie, WBA und nachfolgender instrumenteller Analytik zur Aufklärung von Wirkungsverursachern gearbeitet. Dabei steht neben dem Einsatz der hochauflösenden Massenspektrometrie vor allem die Automatisierung wesentlicher Arbeitsschritte im Vordergrund.

Technisch-chemische Prozesse

Der Fokus liegt auf der Entwicklung chemisch-physikalischer Verfahren, die sich an den Erfordernissen und Möglichkeiten der klein- und mittelständischen Industrie orientieren. Hierbei werden ökonomisch tragfähige und zugleich nachhaltige Lösungen angestrebt. Diese bestehen in der Kopplung und Vernetzung klassisch-chemischer Werkzeuge mit innovativen Ideen und Methoden. Neben öffentlich geförderten Projekten können Aufträge aus der Industrie als beauftragte Dienstleistung bearbeitet werden. Mögliche Lösungsansätze stellen von Beginn an die praktische Umsetzung von Labor- und Technikumsmaßstab in die KMU-Betriebspraxis in den Mittelpunkt.

Erschließung des Nutzungspotenzials phosphorhaltiger Biomoleküle für nachhaltige Anwendungen (NPBioPhos) – Gewinnung und Nutzung von Phytaten aus Reststoffen der Getreideverarbeitung

In deutschen Getreidemühlen fallen jährlich ca. 1,7 Mio. Tonnen Kleie und Mehlstaub an. Diese Beiprodukte weisen eine hohe Anreicherung des in Pflanzen enthaltenen Phosphors auf, da sich hiervon über 50 % in der Aleuronschicht der Getreideschale als Phytate konzentrieren. Die Phytate liegen als Kalium-, Magnesium-, Calcium-, Mangan-, Barium- und Eisen(II)-Salze vor.

Phytinsäure (s. Abb. 3-32) und Phytate zeigen vielfältige Komplexierungseigenschaften insbesondere gegenüber zweiwertigen Metallkationen, ferner lässt der hohe molekulare Phosphoranteil gute Nutzungseigenschaften als Flammschutzmittel erwarten.

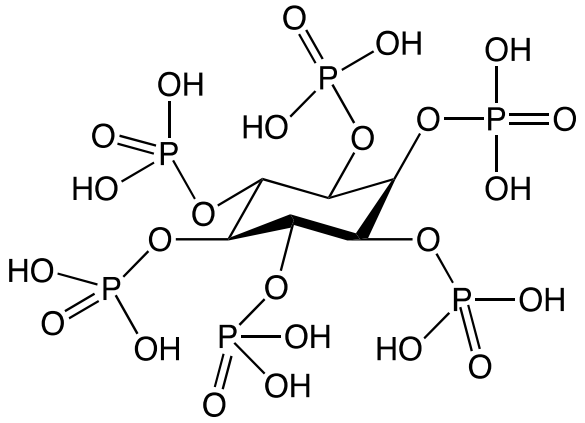


Abb. 3-32: Strukturformel von Phytinsäure $C_6H_{18}O_{24}P_6$

Bislang erfolgt keine großtechnische Isolierung der Phytate aus den Nebenprodukten der Getreideverarbeitung, obwohl sich zum einen das jährliche Mengenpotenzial mehrerer zehntausend Tonnen Phytat für Deutschland ergibt und sich zum anderen vielfältige und hochwertige Nutzungsoptionen abzeichnen.

Eine erfolgreiche Markteinführung der biobasierten Spezialchemikalie „Phytinsäure/Phytat“ und die damit einhergehende Substitution herkömmlicher synthetischer Komplexbildner und halogenhaltiger Flammschutzmittel bringt neben der effizienten Nutzung bisher nicht hochwertig verwendeter Reststoffe auch ökologische Vorteile (Wegfall umweltproblematischer Herstellungsverfahren und nutzungsbedingte Stoffeinträge schwer abbaubarer Substanzen in die Ökosphäre) mit sich.

Dieser Zielsetzung entsprechend wurde vom 01.01.2019 bis zum 30.09.2021 ein Forschungsprojekt im Rahmen der BMBF-Förderrichtlinie „Technologie-Initiative Bioraffinerien“ durchgeführt. Neben dem IUTA bestand der Forschungsverbund aus dem Innovations- und Bildungszentrum Hohen Luckow e.V. (IBZ), Hohen Luckow, dem Institut für Getreideverarbeitung GmbH (IGV), Nuthetal, und dem Deutschen Textilforschungsinstitut Nord-West gGmbH (DTNW), Krefeld.

Die Arbeiten des IUTA erstreckten sich auf die Themenfelder:

(1) Optimierung der Phytinsäureextraktion:

Hier konnte ein dreistufiger Reaktionsweg entwickelt werden, der mit 80%iger Ausbeute zu einer konzentrierten Natriumphytatlösung führt und an Weizenkleie als Ausgangsstoff demonstriert wurde.

(2) Analytik von Zwischen-, Neben- und Endprodukten:

Mit einer eigens entwickelten HPLC-Messmethode, die auf der Nach-Säulen-Derivatisierung von Phytat beruht, konnten die gestellten Messanforderungen valide erfüllt werden.

(3) Applikationen zur Komplexbildung:

Es zeigte sich, dass die Metallkomplexierung durch Phytate höchst sensitiv bezüglich des bestehenden Reaktionsmilieus abläuft. Daher fanden diese Forschungsarbeiten strikt anwendungsbezogen statt, ohne vorher ein eingehendes allgemeines Monitoring (Bestimmung der Komplexbildungskonstanten unter Variation des pH-Wertes und der Kationenarten in Modelllösungen) vorzunehmen.

Besonders hervorzuheben sind Applikationen im Bereich der Wasserbehandlung, bei denen durch Komplexierung des Härtebildners Calcium eine Enthärtung herbeigeführt werden kann und sich zusätzlich störende Sulfatkonzentrationen über die Herausnahme von Natriumionen eliminieren lassen. Einfach visualisierbar ist die enthärtende Wirkung auf Leitungswasser, wie in Abb. 3-33 dargestellt. Hierzu wurde Leitungswasser ohne Zusatz (ganz links) mit sukzessiv ansteigenden Mengen phytatbasiertem Additiv versetzt und die jeweils gleiche Menge an Oxalat zugegeben, um eine Fällung von Calciumoxalat herbeizuführen. Deutlich erkennbar ist, dass eine teilweise bis vollständige Enthärtung erfolgt ist,

d. h. dass die härtebildenden Calciumionen teilweise oder ganz den Reaktionsgleichgewichten entzogen werden konnten, ohne dass eine Ausfällung des Calciums oder Ionenaustausch bzw. Membranfiltration vorgenommen werden mussten.

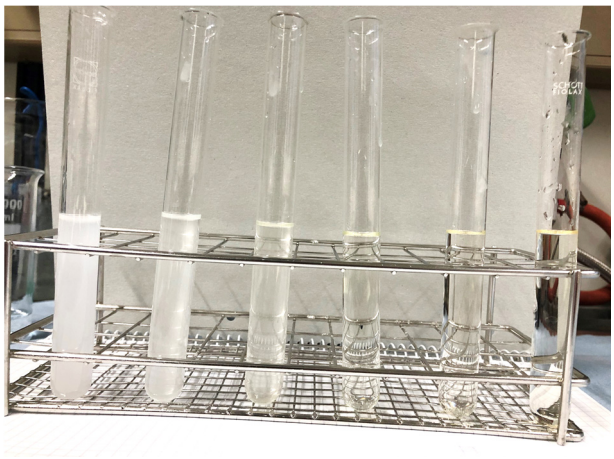


Abb. 3-33: Enthärtung von Leitungswasser

Kochtests von Leitungswasser mit und ohne Phytatadditiv zeigten bei dem gering modifizierten Wasser keinerlei Bildung von Kesselstein.

Neben den Anwendungen zur Teil- und Vollenthärtung von Wässern, die dadurch gekennzeichnet sind, dass sich gelöste, stabile Calcium-Phytat-Komplexe ausbilden, wurden auch Möglichkeiten gefunden, um Phytate an Trägersubstanzen zu binden. Hierbei verbleiben noch Restvalenzen des Phytates, sodass Filtermaterialien entstanden sind, die zur Immobilisierung vormals gelöster Ionen führen. Für vertiefende Untersuchungen dieser Thematik u. a. zur Abwasserbehandlung wird derzeit ein Folgeprojekt angestrebt.

Förderhinweis:

Das Forschungsprojekt NPBioPhos wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) in der Außenluft in einer von holzbetriebenen Heizungen stark belasteten Region Deutschlands

Die Anzahl der Kleinfeuerungsanlagen wie Kamine oder Kachelöfen ist in den letzten Jahren ständig gestiegen. Etwa 8 % der erfassten Partikelemissionen (PM_{10}) stammen inzwischen aus Kleinfeuerungsanlagen. Neben den Partikeln werden allerdings auch bedeutende Mengen an Schadstoffen als Nebenprodukte während der Verbrennung gebildet und dementsprechend emittiert. Menge und Zusammensetzung der dabei emittierten Substanzgruppen hängen unter anderem von der Kombination aus Verbrennungsbedingungen und Brennstoffart ab und variieren von Kleinfeuerungsanlage zu Kleinfeuerungsanlage. Es gelang bisher nicht, ein für die Holzverbrennung typisches PCDD/F-Profil zu erfassen oder aus durchgeführten Messungen mit Hilfe statistischer Auswertemethoden abzuleiten. In einem vom Umweltbundesamt geförderten Forschungsprojekt (FKZ: 3717 52 2530) wurden aus diesem Grund Immissionsmessungen in einer stark von Holzverbrennung geprägten Region (Thalheim/Erzgebirge) im Winter und an den Wochenenden durchgeführt. Neben den PCDD/F wurden außerdem PM_{10}[1], PAK[2] sowie weitere verschiedene holzspezifische Verbrennungsparameter (Anhydrozucker, Black Carbon, EC/OC[3]) ermittelt, um mit

[1] Partikelmasse aus Teilchen mit maximal 10 µm Größe
[2] Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
[3] Elementarer Kohlenstoff / organischer Kohlenstoff

dem Datensatz unter Einsatz statistischer Auswertemethoden ein Holzfeuerungs-Mischprofil für PCDD/F ableiten zu können.

Die gemessenen Konzentrationen vom PM_{10}, EC/OC, BC und der Anhydrozucker liegen im typischen Bereich für städtische und ländliche Regionen in Deutschland. Trotz der regional erheblich größeren Zahl an Holzfeuerungsanlagen im Messgebiet konnten für die Holzverbrennungstracer keine Konzentrationsspitzen, d. h. das erwartet hohe Niveau ermittelt werden. Eine Ausnahme stellen nur die Messwerte dar, die zur Zeit eines sogenannten Hexenfeuers (eine offene Verbrennung u. a. von Holz im Probenahmezeitraum) ermittelt wurden.

Der Nachweis der Holzverbrennungstracer in jeder untersuchten Probe belegt prinzipiell den Einfluss von Holzverbrennung in der Außenluft im Untersuchungsgebiet.

Die Mittelwerte der PCDD/F-Konzentrationen in der Außenluft schwankten zwischen ca. 2 und 71 fg WHO_{2005}-TEQ/m³. Die Werte liegen deutlich unter dem Zielwert für die langfristige Luftreinhaltung von 150 fg WHO-TEQ/m³ für die Summe der PCDD/F und coplanaren PCB.

Die mittleren daraus resultierenden Kongeneren- und Homologengruppensummenprofile zeigen eine auffällige Ähnlichkeit zu typischen Profilen des zeitgleich an den UBA-Messstationen Waldhof und Schmücke gemessenen Hintergrundes.

Im Rahmen einer Clusteranalyse konnte aus den Untersuchungsdaten eine Gruppe von Proben identifiziert werden, die durch erhöhte Gehalte der Holzverbrennungstracer gekennzeichnet waren. Das mittlere PCDD/F-Profil dieses Clusters unterscheidet sich von dem mittleren PCDD/F-Profil der restlichen Proben durch einen hohen Octachlordibenzodioxin-Anteil.

Mit der PMF[4] konnten aus den Daten zwei Faktoren (Faktor 1, Faktor 2; Abb. 3-34) extrahiert werden, deren PCDD/F-Profile sich insbesondere in den Anteilen an 2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran und Octachlordibenzodioxin voneinander unterschieden.

Eine multivariate Regressionsanalyse zeigte, dass der Faktor 1 primär mit Benzo[a]pyren und Faktor 2 mit dem Holzverbrennungstracer Levoglucosan sowie mit Benzo[a]pyren korrelieren. Die Anteile der Faktoren an den in den Einzelproben ermittelten PCDD/F-Gehalten zeigte für die Probengruppe mit erhöhten Gehalten an den Holzverbrennungstracern eine Dominanz von Faktor 2 (65 bis 73 %) und bei allen anderen Proben eine Dominanz von Faktor 1 (60 bis 64 %).

Das PCDD/F-Gesamtprofil von Thalheim/Erzgebirge (d. h. das Mischprofil resultierend aus vielen Quellen inkl. der Holzfeuerung) ist statistisch sehr ähnlich zu den zeitgleich an den UBA-Hintergrundmessstellen Waldhof und Schmücke gemessenen PCDD/F-Profilen.

Ein Vergleich der beiden Faktorprofile mit Emissionsprofilen, die an Kaminöfen oder anderen Holzfeuerungsanlagen gemessen wurden, zeigte keine Ähnlichkeiten. Ähnlichkeiten konnten auch für Faktor 2 nur mit den Hintergrundprofilen der UBA-Messstationen Waldhof und Schmücke hergestellt werden.

Ebenfalls ähnliche Profile konnten Quass et al.[5] aus der Modellierung von Immissionsdaten hessischer ländlicher Standorte (ländlicher Raum, Hünfelden und Riedstadt, Messungen bis 2006) extrahieren. Diese modellierten Profile wiesen auch einen erhöhten Octachlordibenzodioxin-Anteil im Winter auf und zeigen damit auffällige Ähnlichkeiten zum Faktorprofil 2 in Thalheim/Erzgebirge.

[4] Positiv Matrix Faktorisierung, Faktorenanalyse mit den EPA PMF 5.0 Tool; https://www.epa.gov/air-research/positive-matrix-factorization-model-environmental-data-analyses

[5] Quass, U., et al. (2016): Zuordnung und Quantifizierung der Dioxineinträge auf dem Luftpfad mittels Betrachtung der emissionsseitigen und immissionsseitigen Kongenerenmuster, Umweltbundesamt [Hrsg.]: Texte 23/2016, 1. Dessau-Roßlau, S. 1-377

Ein Vergleich der mittleren PCDD/F-Winterprofile der Hintergrundmessstationen Waldhof und Schmücke mit dem mittleren PCDD/F-Gesamtprofil aus Thalheim/Erzgeb. zeigt eine statistisch sehr hohe Ähnlichkeit. Diese Ähnlichkeit könnte bedeuten, dass die Holzverbrennung entweder keinen Einfluss auf das PCDD/F-Muster hat oder dass die Holzverbrennung so umfassend auf den überregionalen Hintergrund einwirkt, dass das PCDD/F-Muster des Hintergrundes durch die Holzverbrennung beeinflusst wird.

Die beiden für Thalheim/Erzgeb. mit der PMF bestimmten Faktoren könnten dann ggf. beide für verschiedene Arten der Holzverbrennung stehen. Das PCDD/F-Profil des Faktors 2 ist u. a. in den Proben dominant, die zurzeit des sogenannten Hexenfeuers genommen wurden, d. h. das PCDD/F-Profil des Faktors 2 könnte z. B. mit offenen Feuern (wie das Hexenfeuer, Gartenbrand, Waldbrand) in Zusammenhang stehen.

Das PCDD/F-Profil des Faktors 1 der PMF-Analyse könnte dann ebenfalls holzverbrennungsbeeinflusst sein.

Zusammenfassend muss festgestellt werden, dass die sichere Identifizierung eines typischen Profils für Holzverbrennung aus Kleinfeuerungsanlagen trotz Einsatz verschiedener statistischer Methoden unklar blieb.

Dieses Vorhaben wurde von Aneco, Institut für Umweltschutz GmbH & Co (Immissionsmessungen, PCDD/F- und PAK-Analysen, Projektverantwortlich) gemeinsam mit IUTA (Holzverbrennungstracer) und QuoData Quality Statistics GmbH (Statistik) durchgeführt. Die Ergebnisse sind in UBA-Texte 123-2021 veröffentlicht worden.

Förderhinweis:

Das Forschungsprojekt wurde mit Mitteln des Umweltbundesamtes gefördert.

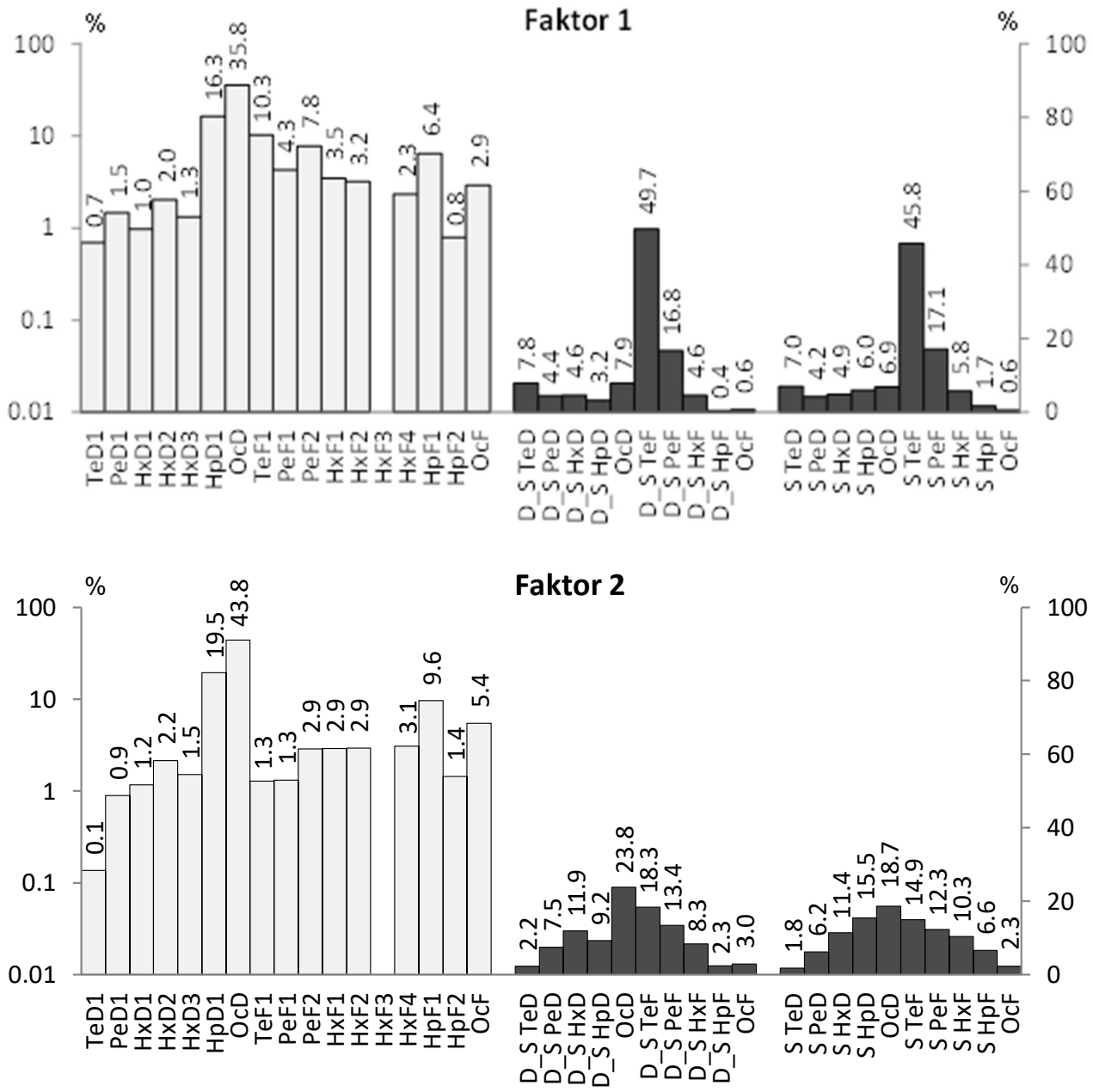


Abb. 3-34[6]: PCDD/F-Kongeneren- und Delta-Homologengruppensummenprofile und Homologengruppensummenprofile der über PMF extrahierten Faktoren 1 (a) und 2 (b)

[6] Die logarithmischen Ordinaten (links) gelten für die Kongenerenprofile, die rechten Ordinaten gelten für die Delta-Homologengruppensummenprofile und die Homologengruppensummenprofile; Quelle der Abbildungen: QuoData GmbH

3.8 Forschungsanalytik & Miniaturisierung

Miniaturisierung ist das Ziel vieler Entwicklungen in Wissenschaft und Technik. Mit der Verkleinerung von Strukturen sind Leistungs- und Geschwindigkeitssteigerungen sowie eine Verringerung des Ressourcen- und Energieverbrauchs verbunden. Im Bereich der Elektronik konnte dies in der Vergangenheit über die Miniaturisierung von Transistoren und den modularisierten Aufbau integrierter Schaltungen in Mikrochips realisiert werden. Eine stringente Umsetzung und Implementierung der Miniaturisierung wie in der Mikrosystemtechnik blieb aber bisher im Bereich der instrumentellen Analytik und chemisch-pharmazeutischen Industrie u. a aufgrund sehr komplexer Fertigungsschritte und nicht standardisierter mikrofluidischer Layouts aus. Die Miniaturisierung der Messtechnik sowie die Entwicklung neuer Verfahren zur Herstellung mikrofluidischer Chip-Strukturen stehen im Mittelpunkt der Aktivitäten und Projekte der Abteilung, der die drei Kernthemen

- Kopplungstechniken,
- Automation & Digitalisierung sowie
- Bioanalytik

umfasst.

Entwicklung innovativer Kopplungstechniken

Die Abteilung *Forschungsanalytik & Miniaturisierung* beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit der Entwicklung von innovativen Kopplungs- und Detektionsverfahren. Das Ziel besteht darin, das Grundlagenwissen zu schaffen, mit dem eine Probe möglichst umfassend charakterisiert werden kann. Im Fokus der aktuellen Untersuchungen stehen u. a. mehrdimensionale Trenn- und Detektionssysteme auf Basis der zweidimensionalen Flüssigkeitschromatografie (HPLC, High Performance Liquid Chromatography), der Ionenmobilitätsspektrometrie (IMS, Ion Mobility Spectrometry) und der (hochauflösenden) Massenspektrometrie (HRMS, High Resolution Mass Spectrometry). Aktuelle Forschungsprojekte betreffen die Weiterentwicklung und Miniaturisierung der Analysentechnik.

Darüber hinaus werden spektroskopische Verfahren mit der Flüssigkeitschromatografie unter Nutzung einer alternativen Detektorzelle, einem sog. Flüssigkernlichtwellenleiter, gekoppelt. Auf diese Weise gelingt nicht nur die erstmalige Einbindung der Raman-Spektroskopie als Online-Detektor für die HPLC, sondern auch eine signifikante Empfindlichkeitssteigerung für andere Emissionsmessverfahren wie der Fluoreszenz-Spektroskopie. Die Raman-Spektroskopie kann anhand von Rotations- und Schwingungszuständen komplementär zur IR-Spektroskopie Strukturinformationen generieren. Ein Vorteil liegt darin, dass Wasser im relevanten Spektralbereich nur eine einzelne, schwach ausgeprägte Schwingungsbande aufweist.

Automation & Digitalisierung

Neben den Kopplungstechniken spielt die Digitalisierung und Automation eine zentrale Rolle in den Forschungsaktivitäten der Abteilung. Dies betrifft sowohl die Frage der Schnittstellen zwischen komplexen Analysensystemen und unterschiedlichen Software- und Datenbanksystemen als auch die Entwicklung flexibler Automationskonzepte. Einzelne Softwarepakete, die keine Inklusion wichtiger Metadaten zulassen, stellen vor dem Hintergrund immer komplexerer Arbeitsabläufe im Labor nur Inselösungen dar. Demgegenüber stehen Entwicklungen, die eine Vernetzung mit weiteren Datenbanken erlauben. Diese Konzepte sind technologisch noch nicht ausgereift. Der automatisierte Datentransfer in zentrale Datenbanken und die Anbindung „intelligenter und funktionalisierter Labormöbel“ oder Labornutzungsgegenstände, wie z. B. Waagen, Pipetten und Sensoren zur Überwachung des Raumklimas ist noch nicht Stand der Technik.

Neben der Frage nach übergeordneten Standards für Softwareschnittstellen wie z. B. OPC-UA (Open Platform Communications Unified Architecture oder SiLA (Standardization in Lab Automation) wird die kollaborative und mobile Robotik eine zentrale Rolle einnehmen (s. Abschnitt „FutureLab.NRW: Digitalisiertes Modelllabor für die miniaturisierte instrumentelle und wirkungsbezogene Analytik der Zukunft“).

Bioanalytik

Das IUTA kooperiert seit Jahren mit Apotheken und Krankenhäusern, insbesondere im Bereich der Qualitätskontrolle von Zytostatikaformulierungen und dem Umgebungsmonitoring (siehe PharmaMonitor in der Abteilung *Umwelthygiene & Pharmazeutika*). Jedoch werden heutzutage immer mehr Krebserkrankungen primär mit sogenannten Immuntherapeutika behandelt. Hierbei handelt es sich vorwiegend um monoklonale Antikörper. Als sehr komplexe, große Moleküle stellen diese Biotherapeutika völlig andere Ansprüche an die Analytik. Das IUTA möchte die damit einhergehenden analytischen Fragestellungen unter Verwendung modernster Analyseverfahren und innovativer Geräteentwicklungen lösen. Das Spektrum der Analyten umfasst neben den monoklonalen Antikörpern inzwischen weitere Biologika, wie z. B. virenähnliche Partikel.

Des Weiteren befasst sich die Arbeitsgruppe mit der Miniaturisierung und Automation im Bereich der Herstellung von Biologika. Vor allem bei der Prozessentwicklung (Klonscreening, Medienoptimierung) rund um monoklonale Antikörper wird durch eine konsequente Miniaturisierung der Offline-Analytik ein Mehrwert erwartet. Es soll durch ein verringertes Probenvolumen und kurze Analysezeiten möglich werden, eine vollständige Charakterisierung des Wachstumsmediums durchzuführen.

Verfahrensentwicklung zur Bestimmung der Proteinkonformation auf Basis der oberflächenverstärkten Ramanspektroskopie am Beispiel monoklonaler Antikörper (SERS-PC; Surface Enhanced Raman Spectroscopy of Protein Conformation)

Monoklonale Antikörper sind immunologisch aktive Proteine, die häufig Einsatz in der Krebstherapie finden. Wie viele Proteine sind sie fragile Spezies, welche empfindlich gegenüber Umgebungsbedingungen wie der Art des Lösungsmittels, dem pH-Wert oder der Temperatur sind. Unter Stressbedingungen können sie ihre Sekundär-/Tertiär-Struktur verändern und dabei aggregieren. Proteine mit defekter Struktur und insbesondere lösliche Aggregate stellen ein gesundheitliches Risiko dar, weshalb die Charakterisierung der Proteinstruktur ein wichtiger Aspekt für die Qualitätskontrolle von Biopharmazeutika ist. Für die Untersuchung der Proteinstruktur in wässriger Lösung ist die Raman-Spektroskopie eine verbreitete Methode. Die Anwendung der konventionellen Raman-Spektroskopie für die Detektion von Antikörpern in Formulierungen ist eingeschränkt, da hier ein großer Teil des Protein-Spektrums durch Formulierungshilfsstoffe überlagert wird. Bei der Analyse verdünnter Lösungen ergeben sich Probleme aufgrund des dominierenden Wasseruntergrunds sowie der Sensitivität des Verfahrens. Bei der oberflächenverstärkten Raman-Spektroskopie (*Surface Enhanced Raman Spectroscopy, SERS*) kann durch Anregung von Oberflächenplasmonen in einer metallischen Nanostruktur das Raman-Signal oberflächengebundener Analyten drastisch verstärkt werden. Zudem sind mit SERS Möglichkeiten gegeben, Proteine in einem Assay selektiv nachzuweisen.

Im Rahmen des IGF-Forschungsprojektes SERS-PC wird in Kooperation mit der AMO GmbH eine Methode zur Detektion von Antikörperaggregaten in Biopharmazeutika mit Hilfe der oberflächenverstärkten Raman-Spektroskopie entwickelt. Der Fokus des Projektpartners AMO liegt dabei auf der Simulation und

Herstellung von Goldnanostrukturen (SERS-Substrate) für die SERS-Spektroskopie mit Hilfe der Laserinterferenzlithographie. Das IUTA befasst sich schwerpunktmäßig mit der Funktionalisierung der SERS-Substrate, der Anwendung sowie der chemometrischen Datenanalyse.

Dabei werden zwei Ansätze zur Detektion von Antikörpern bzw. von Antikörper-Aggregaten auf ihre Praktikabilität hin untersucht. Hierfür wird ein Raman-Spektrometer mit einer Wellenlänge von 785 nm eingesetzt. Bei dem direkten Ansatz soll das Protein nach Anbindung an das Substrat ein SERS-Spektrum liefern, welches Informationen über seine Struktur enthält. Bei der indirekten Methode hingegen kann das Protein selektiv durch einen Liganden gebunden und über ein sog. Reportermolekül indirekt nachgewiesen werden.

Der im Projekt gewählte indirekte Ansatz nutzt 4-Mercaptobenzoesäure als oberflächen-gebundenes Reportermolekül, an welches über ein zweistufiges Konjugationsverfahren das antikörperbindende Protein A/G kovalent immobilisiert wird. Das Reportermolekül zeigt nach Bindung an das Goldsubstrat ein intensives SERS-Spektrum. Unter der Bindung der Antikörper/Antikörper-Aggregate weist der Sensor geringfügige Änderungen von Peakpositionen und -breiten bestimmter Schwingungsbanden auf, über die der indirekte Nachweis möglich wird. In der letzten Phase des Projektes wird untersucht, inwiefern sich der Sensor zum selektiven Nachweis von Aggregaten in Antikörperlösungen eignet und welche Umgebungseffekte das SERS-Spektrum beeinflussen.

Ein wesentlicher Bestandteil des Forschungsprojektes ist die bioanalytische Methodenentwicklung, welche die Herstellung, Isolierung und Quantifizierung von Proteinaggregaten betrifft. Für die effiziente Aggregation von Antikörpern in ihrer nativen Formulierung wurde ein schonendes Stressprotokoll entwickelt. Hierbei bilden sich bei Bestrahlung mit einer 280-nm-UV-LED vornehmlich lösliche Aggregate. Die Charakterisierung der gestressten Proteinlösungen konnte mit Hilfe der Größenausschlusschromatografie und UV-Detektion vorgenommen werden, ebenso die für die SERS-Experimente notwendige Isolierung von monomeren Antikörpern und Aggregaten.

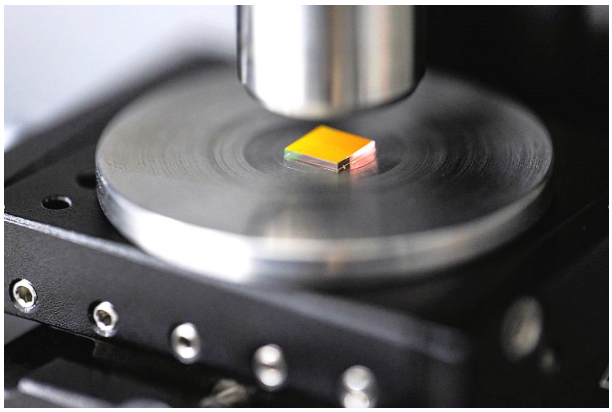


Abb. 3-35: Foto eines SERS-Substrats unter dem Objektiv des Raman-Spektrometers

Förderhinweis:

Das IGF-Projekt 20781 N der Forschungsvereinigung Umwelttechnik wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

Forschungsnetzwerk Mittelstand

Entwicklung einer generischen Säulenschaltung für die konventionelle und miniaturisierte Flüssigkeitschromatografie zur Anreicherung, Trennung und sensitiven Detektion organischer Spurenstoffe in Wasser

Organische Spurenstoffe in Oberflächengewässern stellen eine der größten Herausforderungen der Wasserwirtschaft in den kommenden Jahren dar. Vor diesem Hintergrund wurde in diesem Kooperationsprojekt ein Verfahren entwickelt, um sowohl polare als auch unpolare Analyten aus wässrigen Matrices direkt anzureichern und anschließend zu trennen. Anstelle einer zeit- und kostenintensiven Offline-Anreicherung wird die Probe direkt auf der analytischen Trennsäule mittels großvolumiger Direktinjektion (LVI, Large Volume Injection) angereichert. Für die Entwicklung eines generischen Verfahrens musste eine Säulenschaltung entwickelt werden, die eine Anreicherung bzw. Fokussierung der in der wässrigen Matrix gelösten Verbindungen in Abhängigkeit von ihrer Polarität erlaubt. Das analytische Verfahren sieht vor, dass nach der Probeninjektion die Anreicherung und Trennung der unpolaren Analyten auf einer Umkehrphasenchromatografie-Säule (RP, Reversed Phase) erfolgt. Die polaren Analyten, die keine oder nur geringe Wechselwirkungen mit der RP-Phase aufweisen, werden auf einer kohlenstoffhaltigen Phase (PGC, Porous Graphitic Carbon) angereichert und auf einer Hydrophilen Interaktionschromatografie-Säule (HILIC, Hydrophilic Interaction Liquid Chromatography) mittels Gradientenelution getrennt.

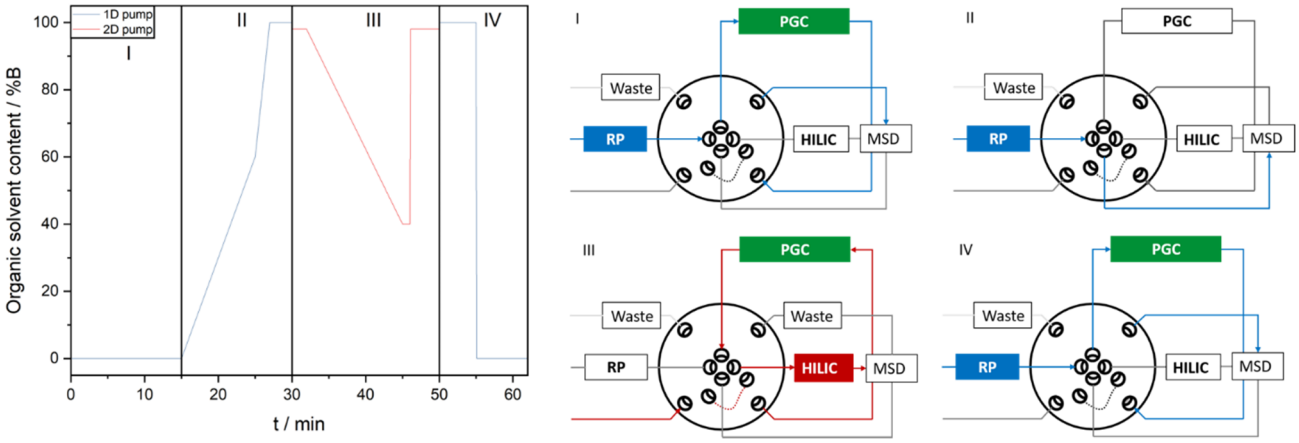


Abb. 3-36: Gradientenprogramm mit den entsprechenden Ventilstellungen und Flusswegen

Die Schaltzeitpunkte und die Flusswege der Säulenschaltung sind in Abb. 3-36 dargestellt, wobei in Position I die Anreicherung, in Position II die Trennung der unpolaren Substanzen, in Position III die Trennung der polaren Substanzen und Äquilibrierung der HILIC-Säule und in Position IV die Äquilibrierung der RP- und PGC-Säule stattfindet.

Nach Entwicklung der Säulenschaltung wurde ein Non-Target Screening (NTS) durchgeführt. Beim NTS werden alle Peaks bzw. Features einer Probe, nach Anwendung passender Filteralgorithmen, betrachtet. In Abb. 3-37 wurde die Anzahl detektierter Features zwischen einer eindimensionalen RP-Methode mit einem Injektionsvolumen von 10 µL und der entwickelten Säulenschaltung mit einem Injektionsvolumen von 900 µL verglichen.

Durch Anwendung der Säulenschaltung konnten 34 % zusätzlicher Features im Vergleich zur 1D-Referenzmethode detektiert werden. Von den zusätzlichen 539 Features entfielen allein 35% auf die Analyten in der HILIC-Trennung, die mittels 1D-RP Messung gar nicht zu erfassen sind. Dieses Ergebnis belegt somit das im Antrag definierte übergeordnete Ziel, die Anreicherung und Trennung polarer und unpolarer Verbindungen mittels großvolumiger Direktinjektion aus der wässrigen Phase.

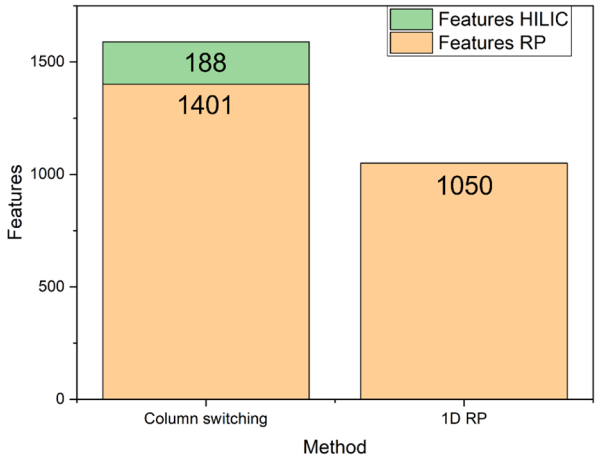


Abb. 3-37: Anzahl detektierter Features einer Gewässerprobe aus den Flüssen Boye und Berkel; Filtration der Probe vor der Messung

Förderhinweis:

Das Forschungsprojekt wurde im Rahmen des Programms „Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) – Fördermodul Kooperationsprojekte – vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

3.9 Forschungskoordination – IGF-Projekte der Forschungsvereinigung IUTA e.V.

Aufgaben und Zweck

Das IUTA vertritt als Forschungsvereinigung innerhalb der AiF den Bereich *Energie- und Umwelttechnik*. Ziel ist es, gemeinsam mit Partnern aus Forschung und Industrie, insbesondere KMU, mithilfe von öffentlich geförderten IGF-Projekten die Grundlagen zu schaffen, um wissenschaftliche Erkenntnisse in neue oder verbesserte Verfahren oder Produkte zu überführen.

Diese vorwettbewerbliche Forschung sichert den Unternehmen aufgrund der diskriminierungsfreien Veröffentlichungspflicht der FuE-Ergebnisse viele Freiheiten bei der Entwicklung eigenständiger Produkte, ohne dass diese durch IP-Rechte Dritter blockiert werden.

Gerade die im Querschnittsbereich *Energie- und Umwelttechnik* angesiedelten FuE-Vorhaben erfordern die Verzahnung bzw. Vernetzung unterschiedlicher wissenschaftlicher Disziplinen, von den Naturwissenschaften über die Ingenieurwissenschaften bis hin zu den Wirtschaftswissenschaften. Sie erfordern zugleich eine konsequente interindustrielle Kooperation. Beide Aspekte werden durch die Organisation von Verbundprojekten gefördert, die entsprechend spezifisches Know-how zusammenführen.

Die am Ende des Kapitels 3.9 abgedruckte Liste zeigt die Vernetzung der Industriellen Gemeinschaftsforschung des IUTA mit anderen Verbänden, Stiftungen sowie weiteren Multiplikatoren.

Arbeitsweise der Abteilung und Aufgaben der Forschungsvereinigung

In einem mehrstufigen Verfahren wird die qualitativ hochwertige Betreuung der Forschungsprojekte sichergestellt.

Evaluation von Forschungsanträgen – Forschungsbeirat

Ein wichtiges Bindeglied zwischen der AiF-Forschungsvereinigung IUTA, der mit Energietechnik und technischem Umweltschutz befassten gewerblichen Wirtschaft, der AiF und der Energie- und Umweltforschung ist der Forschungsbeirat als Organ des IUTA e.V. Die 53 Mitglieder (darunter 3 ständige Gäste) des Forschungsbeirats setzen sich paritätisch aus Vertretern der gewerblichen Unternehmen und der Wissenschaft zusammen.

Dem Forschungsbeirat des IUTA obliegt die Evaluation bzw. die Begutachtung der dem IUTA zur Förderung durch das BMWK vorgelegten IGF-Vorhaben im Hinblick auf den möglichen wirtschaftlichen Nutzen für die Unternehmen der Branche und des Technologiefeldes. Für jeden eingereichten Antrag werden zunächst fünf bis sechs schriftliche Gutachten eingeholt. Die Evaluation erfolgt anhand des zwischen dem BMWK und der AiF abgestimmten Kriterienkatalogs, der in erweiterter Form bei den Gutachtern des IUTA zur Anwendung kommt. Nächster Schritt im Begutachtungsprozess ist ein mündlicher Vortrag und eine offene Diskussion des Vorhabens im Rahmen der Sitzungen des Forschungsbeirats. Im Jahr 2021 hat der Forschungsbeirat am 23. Februar 9 Vorhaben und am 7. September 12 Vorhaben begutachtet. Darüber hinaus wurden im Umlaufverfahren weitere 16 Vorhaben evaluiert.

Im Falle einer grundsätzlichen Empfehlung des Forschungsbeirats werden jedem Antragsteller Hinweise zur Ergänzung und Überarbeitung des vorgelegten Antrags gegeben. Zur Begleitung der Überarbeitung übernehmen Mitglieder des Beirats, i. d. R. Unternehmensvertreter, eine aktive Rolle als Paten.

Die durchschnittliche Erfolgsquote der Forschungsvereinigung „Energie- und Umwelttechnik“ bezüglich des Ergebnisses zwischen vorgelegten und geförderten Anträgen liegt zwischen 40 und 60 %. Dieses Ergebnis ist überdurchschnittlich und spricht für das intensive und kritische Begutachtungsverfahren des Forschungsbeirats.

Projektbegleitung – Projektbegleitende Ausschüsse

Jedes Projekt wird von einem Projektbegleitenden Ausschuss (PA) begleitet, der während der Projektlaufzeit i. d. R. ein- bis zweimal pro Jahr tagt. Den Mitgliedern der Projektbegleitenden Ausschüsse obliegt nicht nur eine inhaltliche Begleitung der einzelnen Forschungsprojekte, sondern auch eine Steuerungsfunktion hinsichtlich der Praxisrelevanz der angestrebten FuE-Ergebnisse. In den Projektbegleitenden Ausschüssen wirken zwischen 6 und bis zu 30 Vertreter aus vorwiegend kleinen und mittelständischen Unternehmen mit. Der Durchschnitt beträgt rd. 12 Unternehmen, die aus allen deutschen Bundesländern stammen.

Bis Ende 2021 hat der IUTA e.V. als Mitgliedsvereinigung der AiF über 275 IGF-Forschungsprojekte erfolgreich abgeschlossen.

Ergebnistransfer

Das IUTA garantiert, dass die Ergebnisse der IGF als „öffentliches Gut“ allen Interessierten frei zugänglich sind und stellt jeden Abschlussbericht unmittelbar nach Fertigstellung und Freigabe als freien Download auf der Homepage des IUTA ins Internet (Rubrik *„Vernetzung“, „IGF-Forschungsprojekte“*). Darüber hinaus stellt das IUTA der TIB Hannover alle Abschlussberichte der IGF-Projekte zur Einstellung in ihre frei zugängliche Bibliothek zur Verfügung.

Das IUTA organisiert über die Projektbegleitenden Ausschüsse hinaus Workshops und Anwenderseminare, die für das interessierte Fachpublikum offen stehen. Auch in 2021 mussten aufgrund der Corona-Pandemie ein Großteil der im jährlichen Rhythmus stattfindenden Veranstaltungen abgesagt werden. Nur der 12. IUTA-FiltrationsTag konnte im Rahmen eines Online-Seminars am 9ten November mit dem Schwerpunkt „Filtration und COVID-19“ durchgeführt werden. Mit 200 Teilnehmer:innen war die Resonanz auf diese Veranstaltung ausgesprochen hoch.

Darüber hinaus engagiert sich das IUTA auch in mehreren AiF-Fachausschüssen wie der

- AiF-Forschungs- und Transferallianz Energiewende,
- AiF-Forschungs- und Transferallianz Wasserstoff (FTAW)
- AiF-Brennstoffzellenallianz
- und der AiF-Forschungs- und Transferallianz Wasser und Nachhaltigkeit (AiF-FWN).

Zusätzlich unterstützt das IUTA Unternehmen im Rahmen von Best-Practice-Seminaren, um über die Forschungsförderung der AiF von der vorwettbewerblichen FuE-Förderung im Rahmen der Industriellen Gemeinschaftsforschung bis hin zur bilateralen Förderung von Kooperationsprojekten im Rahmen des „Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand“ (ZIM) zu informieren.

Auszeichnung

Ein Forschungsprojekt, das gemeinsam von den AiF-Forschungsvereinigungen IUTA und der Papiertechnischen Stiftung Heidenau (PTS) begleitet wurde, hat in 2021 den mit 10.000 Euro dotierten 25. Otto-von-Guericke-Preis gewonnen. Dieser Preis wird an Wissenschaftler:innen für besondere Innovationsleis-

tungen auf dem Gebiet der vorwettbewerblichen Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vergeben.

Die Forscher:innen von den beteiligten Forschungseinrichtungen der Papiertechnischen Stiftung (PTS) in Heidenau, des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM) in Dresden und des Zentrums für BrennstoffzellenTechnik (ZBT) in Duisburg haben die Jury mit ihrer Entwicklung eines innovativen papierbasierten Materials überzeugt, mit dem es möglich ist, funktionale Stromverteiler, die in PEM-Elektrolysezellen zur Wasserstofferzeugung benötigt werden, zukünftig auf hochproduktiven Papiermaschinen zu erzeugen.

Forschungsnetzwerk Mittelstand

Netzwerk des IUTA

Abfallentsorgungs- und Altlastenaufbereitungsverband NRW (AAV)
120 Unternehmen (100 KMU)
www.aav-nrw.de

Allotrope Foundation
http://www.allotrope.org/

Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. (bvse)
650 vorrangig mittelständische Unternehmen
www.bvse.de

Bundesvereinigung deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e.V. (BDSV)
600 vorrangig mittelständische Unternehmen
www.bdsv.de

Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)
www.dbu.de

Deutsche Gesellschaft für Abfallwirtschaft e.V. (DGAW)
314 mittelständische Unternehmen
www.dgaw.de

Deutsche Gesellschaft für Membrantechnik (DGMT)
mit 50 überwiegend mittelständischen Unternehmen
www.dgmt.org

Förderverein des Instituts für Energie- und Umwelttechnik e.V. (FVEU)
Förderverein des IUTA e.V.
13 Unternehmen (8 KMU)
www.fveu.de

Landesinitiative Zukunftsenergien NRW
Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff NRW
ca. 250 Unternehmen und Forschungseinrichtungen aus allen Bundesländern und dem europäischen Ausland
www.brennstoffzelle.nrw.de

NanoMikroWerkstoffePhotonik NRW e.V.
www.nmwp.nrw.de/nmwp-ev/nmwp-ev0/

Netzwerk ZENIT e.V. – Zentrum für Innovation und Technik in NRW
Netzwerk Zenit
über 200 überwiegend mittelständische Unternehmen
www.netzwerk.zenit.de

smartLab Innovationsnetzwerk
www.smartlab-netzwerk.de

Verband der Großkraftwerksbetreiber (VGB PowerTech e.V.)
www.vbg.org

Verband für Sorptionskälte e.V.
Green Chiller
9 Unternehmen
www.greenchiller.de

Verband der industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V. (VIK)
350 Unternehmen, überwiegend mittelständische Unternehmen
www.vik.de

Verein zur Förderung des Zentrums für BrennstoffzellenTechnik (ZBT) e.V.
Förderverein des ZBT
26 Unternehmen
www.zbt-duisburg.de

Verein zur Förderung der Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik e.V.
Förderverein des UMSICHT
12 Unternehmen (10 KMU)
www.umsicht-foerderverein.de

Darüber hinaus ist IUTA Mitglied in folgenden Kooperationsnetzwerken aus Forschungseinrichtungen und mittelständischen Unternehmen, die über das ZIM-Programm des BMWK gefördert werden:

ZIM-KOOPERATIONSNETZWERK
FOresIght
Netzwerk Automobilinterieur für die Zukunft
http://foresight-automotive.com/

ZIM-KOOPERATIONSNETZWERK
INNO-Wash
Innovative Technologien zur Steigerung der Energie- & Ressourceneffizienz in industriellen Wäschereien

ZIM-KOOPERATIONSNETZWERK
smartLAB
www.smartlab-netzwerk.de

4 Anhang

4.1 Vorträge 2021

Asbach, C.
Air filtration solutions to minimize infection risks
WFI conference (online), 07.12.2021

Asbach, C.
Behavior and spreading of aerosol particles containing viruses
Air Filtration Seminar der Palas GmbH, Frankfurt am Main, Germany, 29.09.2021

Asbach, C.
Fundamentals of aerosol science in the context of contamination control in cleanrooms
Semiconductor Roadmap Group of IEEE (online), 20.04.2021

Asbach, C., Kaminski, H.
Ultrafeine Partikel in Mülheim-Styrum
Messtechnisches Kolloquium der Landesumweltämter (online), 05.05.2021

Asbach, C., Schumacher, S.
Covid-19 and aerosols
Kickoff Meeting of ViProNet (online), 16.02.2021

Asbach, C.
Behaviour and detection of corona-aerosols
ACHEMA Pulse (online), 16.06.2021

Asbach, C.
Low cost sensors for particulate matter
ACHEMA Pulse (online), 16.06.2021

Asbach, C.
Möglichkeiten und Grenzen kostengünstiger Feinstaubsensoren
Kolloquium an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster (online), 12.01.2021

Asbach, C.
Possibilities and limitations of low cost PM sensors
Congrès Français sur les Aérosols (online), 27.01.2021

Asbach, C.
Was sind Aerosole und wie verhalten sie sich?
Symposium Saubere Luft in Ihrem Unternehmen – zum Wohle aller!, Veranstalter: OWL Maschinenbau e.V. (online), 23.03.2021

Bittig, M.
Untersuchungen zur Quecksilberabscheidung in Krematorien – Ergebnisse des UBA-Forschungsprojekts
DBU-Tagung „Krematorium – Stand der Technik und Entwicklungstendenzen“, Osnabrück, 13. – 14.09.2021

Blauth, F., Hübner, F., Weirich, M.
Datenverknüpfung für die sensorbasierte Prozessüberwachung von Umkehrosmoseanlagen
DWA IndustrieTage Wassertechnik, 3.11.2021

Blauth, F., Koenen, K., Bui, T.V.
Fouling analyses for membrane modules – cause identification and solutions
Vortrag im Rahmen der internen Kolloquiumsreihe des IOM, Leipzig, 11.11.2021

Blauth, F.
Sensorische Prozessüberwachung in Umkehrosmoseanlagen
Präsentation im Rahmen der Early Birds Vortragsreihe des Konzeptzentrums Digitale Wasserwirtschaft (online), 26.08.2021

Börgers, A., Türk, J.
Ozoneintragssysteme und Verfahrenskombinationen zur Spurenstoffelimination in Kläranlagen
Ruhr-Rhein-Main talks, Essen, 21.09.2021

Cunha, J. R., Brüßler, M., Tuerk, J.
Non-target screening workflow to assess the fate of nitrosamine precursors and formation of transformations during wastewater ozonation (Nitr-O-Zon)
International Conference on Non-Target Screening (ICNTS 21), online, 04. – 07.10.2021

Dreyer, A., Kube, C., Frost, K., Uhlig, S.
Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) in der Außenluft und Deposition in einer von holzbetriebenen Heizungen stark belasteten Region von Deutschland
Fachgespräch zum UBA-Forschungsvorhaben PCDD/F in einer durch Holzheizungen geprägten Region sowie PCDD/F und PCB an UBA-Hintergrundstationen, 25.02.2021

Haep, S., Asbach, C., Opiolka, S., Schunke, B., Schmalz, E.
Über die Rolle von FFP-2-Masken bei der Eindämmung der Corona-Pandemie
TWE inhouse Seminar, 17. und 24.02.2021

Haep, S., Kasper, D., Däuber, E., Engelke; T.
Influence of local outdoor air quality and recommended particulate filters on supply air quality during real-world operation for HVAC System
Air Filtration Seminar, Frankfurt, 28. – 30.09.2021

Haep, S., Opiolka, S., Schunke, B., Schmalz, E.
Entwicklung und Prüfung filtrierender Halbmasken auf Basis innovativer Vliesstoff-Kombinationen
Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppen Gasreinigung und Partikelmesstechnik (online), 18. – 19.02.2021

Hermuth-Kleinschmidt, K., Teutenberg, T.
Kann Forschung nachhaltig sein?
Media-Update smartLAB connects (online), 07.07.2021

Hübner, F.
DiKueRec – Nutzung digitaler Abbilder zur effizienten Steuerung von Aufbereitungsprozessen der Kreislaufwirtschaft am Beispiel von Kühlgeräterecyclinganlagen
Projektvorstellung zum Kick-Off der Begleitmaßnahme NetDGT; Berlin; 14.10.2021

Huelser, T., Reichenberger, S., Beverungen, J., Kazamere, N., Underberg, M., Wirkert, F.J., Roth, J., Rost, U., Brodmann, M., Barcikowski, S.
Laser-generated iridium nanoparticles deposited on nanoscaled boron-doped silicon as cost-effecient electrocatalyst for PEM Water electrolysis
2021 MRS Fall Meeting, A Hybrid Event Boston, 29.11.2021 – 8.12.2021

Itzel, F., Tuerk, J.
Ultrasensitive determination of hormones according to the requirements of the EU Water Framework Directive using LC-MS/MS or GC-MS/MS
Virtual Symposium – Mass Spectrometry in Environmental Science, 23.04.2021

Jochums, M., Teutenberg, T., Reinders, L.M.H., Türk, J.
The flexible digitization of workflows – demonstrated on a quality control use case
smartLab connects 2021 – Analytik Tag 2021 (online), 07.09.2021

Kämpfer, A., Busch, M., Büttner, V., Bredeck, G., Stahlmecke, B., Hellack, B., Sofranko, A., Albrecht, C., Schins, R.P.F.
Intestinal effects of engineered nanomaterials – advanced in vitro models vs. in vivo feeding studies
10th International Conference on Nanotoxicology, Edinburgh (online meeting), 20. – 22.04.2021

Kerner, M., Schmidt, K., Schumacher, S., Asbach, C., Antonyuk, S.
Electret filter media – from the experimental investigation of discharging methods to numerical optimization potential
AFS FiltCon 2021, online, 19. – 21.04.2021

Kerner, M., Schmidt, K., Schumacher, S., Asbach, C., Antonyuk, S.
Elektret Filter: Vom Einfluss der Entlademethoden bis zum Optimierungspotential
Jahrestreffen der ProcessNet Fachgruppe Gasreinigung (online), 18.02.2021

Klaßen, M.D.
Alternative Verfahren zur Charakterisierung nativer und assoziierter Proteine
Moderne Trenn- und Detektionsmethoden für Antikörper und Proteine: Herausforderungen und Lösungsansätze in der BioLC (online), 05.10.2021

Klein, M.
Use of effect-directed analysis for the evaluation of surface and waste waters
IAC-Doktorandenseminar (online), 17.05.2021

Klein, M.
Evaluation of anthropogenic micropollutants in surface waters via effect-directed analysis
Junges Umweltchemieforum (JUF) 2021 (online), 06.09.2021

Kochale, K., Cunha, R., Teutenberg, T., Schmidt, T.C.
Column switching for automated online enrichment and separation of polar and non-polar analytes from aqueous matrices
International Conference on Non-Target Screening, Erding, 04. – 07.10.2021

Kochale, K., Teutenberg, T., Schmidt, T.C.
Column swtiching for automated online enrichment and separation of polar and non-polar analytes from aqueous matrices
1st European Sample Preparation e-Conference (online), 11. – 12.03.2021

Kochale, K., Teutenberg, T., Schmidt, T.C.
Flexible automation of thin-layer chromatography using the example of effect-directed analysis
ELRIG Forum 2021 (online), 19.08.2021

Kochale, K., Teutenberg, T., Türk, J., Schmidt, T.C.
Flexible Laborautomation mittels kollaborativer Robotik am Beispiel eines Dünnschichtchromatografie-Assays
smartLAB connects 2021 – Analytik Tag 2021 (online), 07.09.2021

Kochale, K., Teutenberg, T., Türk, J., Schmidt, T.C.
Flexible Laborautomation mittels kollaborativer Robotik am Beispiel eines Dünnschichtchromatografie-Assays
Chromatographie-Stammtisch – Arbeitskreis Separation Science der GdCh (online), 30.09.2021

Kochale, K.
Automatisierte Kopplung der instrumentellen Analytik mit der wirkungsbezogenen Analytik
IAC-Seminar (online), 03.05.2021

Mauer, V., Bläker, C., Pasel, C., Luckas, M., Bathen, D.
Energetic characterization of zeolites using a sensor gas calorimeter
ECCE/ECAB 2021 (online), 21.09.2021

Peil, S.
Entwicklung und Demonstrationsbetrieb eines anwendungsnahen, wasserstoffbasierten Hochtemperatur-Wärmespeichersystems – HyHeatStore
h2-netzwerk-ruhr
Online-Mitgliederabend 23.2.2021

Reichenberger, S., Beverungen, J., Kazamer, N., Rost, U., Underberg, M., Zoz, T., Wirkert, F.J., Roth, J., Brodmann, M., Barcikowski, S., Hülser, T.
Less is more: A new strategy towards cost-efficient iridium-based PEM electrolysis catalysts
NRW Nanokonferenz Münster (online meeting), 21. – 23.04.2021

Reinders, L.M.H., Klaßen, M.D., Costantinidis, P., Thissen, J., Teutenberg, T
Characterisation and quantification of biomolecules
Wiley Analytical Science Conference (online), 22.04.2021

Reinders, L.M.H., Klaßen, M.D., Teutenberg, T.
Mehrdimensionale Flüssigkeitschromatographie in der Bioanalytik – Grundlagen, Routine, Forschung
HPLC-Praxistag (online), 18.03.2021

Reinders, L.M.H., Kochale, K., Jochums, M., Tuerk, J., Teutenberg, T.
Digitization of workflows and method developments in a pharmaceutical testing laboratory
PharmaLab 2021 (online), 22.11. – 26.11.2021

Reinders, L.M.H.
Massenspektrometrische Analyse von monoklonalen Antikörpern – Ein- und Zweidimensionale Ansätze
Moderne Trenn- und Detektionsmethoden für Antikörper und Proteine: Herausforderungen und Lösungsansätze in der BioLC (online), 05.10.2021

Schumacher, S., Banda Sanchez, A., Caspari, A., Schmid, H.J., Asbach, C.
Efficacy of air cleaners in reducing the risk of COVID-19 infections
European Aerosol Conference 2021 (online), 30.08. – 03.09.2021

Schumacher, S., Banda-Sanchez, A., Caspari, A., Schneiderwind, U., Schmid, H.J., Asbach, C.
Untersuchung der Effizienz von Raumluftreinigern im Partikelgrößenbereich von Viren und potenziell virenbeladenen Tröpfchen
Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppe Gasreinigung (online), 18.02.2021

Schumacher, S.
Mythen, Fakten, Studien: SARS-CoV-2 in Innenräumen
Philips PR-Stammtisch (online), 10.02.2021

Schumacher, S.
Standardisierte und neuartige Prüfverfahren zur Abscheidung von Partikeln durch Raumluftreiniger
Virtuelles Expertengespräch, Veranstalter Fraunhofer-Institut für Bauphysik (online), 09.07.2021

Schumacher, S.
Standardisierte und neuartige Prüfverfahren zur Wirksamkeit von Luftreinigern
Webinar Luftreinhalteprodukte, Veranstalter TÜV Rheinland (online), 20.10.2021

Schumacher, S.
Was sind Aerosole und wie verhalten sie sich?
BioRegio STERN Online-Seminar, 09.06.2021

Schumacher, S.
Wie können Luftreiniger zum Infektionsschutz beitragen?
Webinar Infektionsschutz in Schulen, Veranstalter: Stadtrat Lingen (online), 13.07.2021

Schumacher, S.
Wie können Luftreiniger zum Infektionsschutz beitragen?
Runder Tisch Luftreiniger, Veranstalter: Stadtverwaltung Langenfeld (online), 14.07.2021

Stahlmecke, B., Todea, A.M., Schmidt, N., Wohlleben, W.
Measuring emissions at 3D printing facilities
1st Stakeholderworkshop InnoMat.Life (online meeting), 15.06.2021

Steinhaus, J., Pasel, C., Bläker, C., Bathen, D.
Adsorption of mercury on activated carbons
ACHEMA Pulse 2021 (online), 15.06.2021

Steinhaus, J., Pasel, C., Bläker, C., Bathen, D.
Adsorption of mercury on activated carbons,
ECCE/ECAB 2021 (online), 22.09.2021

Steinhaus, J., Pasel, C., Bläker, C., Bathen, D.
Adsorption von Quecksilber auf Aktivkohlen, Jahrestagung der ProcessNet-Fachgruppe
Adsorption, Frankfurt/M., 08.09.2021

Teutenberg, T., Kochale, K., Jochums, M., Tuerk, J.
FutureLab.NRW: Considering how equipment miniaturisation is transforming the laboratory
Future Labs Live 2021 (online), 21. – 22.06.2021

Teutenberg, T., Türk, J.
Vorstellung FutureLab.NRW
smartLAB connects 2021 – Analytik Tag 2021 (online), 07.09.2021

Teutenberg, T.
Digitalisierung und Automation im Future Lab NRW: ein Anwendungsbeispiel
Fach-PK der LABVOLUTION (online), 04.05.2021

Teutenberg, T.
General Introduction of the IUTA FutureLab.NRW
Drittes Netzwerktreffen ZIM-Netzwerk Proteomics4Future (online), 19.03.2021

Todea, A.M., Sim, H.L., Asbach, C.
Bestimmung der Zähleffizienz von Kondensationspartikelzählern für Partikel > 1 µm
Jahrestreffen der ProcessNet Fachgruppe Partikelmesstechnik (online), 18.02.2021

Tuerk, J., Cunha, R., Jochums, M., Kochale, K., Teutenberg, T.
Non-target screening at the Future Lab
International Conference on Non-Target Screening (ICNTS 21), Erding, 04. – 07.10.2021

Türk, J., Reinders, L.
Reinigungsvalidierung
NZW Sommer, Hamburg, 30. – 31.10.2021

Türk, J., Teutenberg, T.
Digitalisierung und Automation am Beispiel des FutureLab.NRW
14. Langenauer Wasserforum, Langenau, 15.11. – 16.11.2021

Türk, T., Jochums, M., Teutenberg, T., Kochale, K.
FutureLab.NRW: Digitized model laboratory fot instrumental and effect-based analytics
LIMS Forum 2021 (online), 05.10.2021

Weirich, M., Blauth, F., Antonyuk, S.
Evaluation of the fouling potential of reverse osmosis feed water by machine learning methods and spectroscopic measurements
EuroPACT, 17.11.2021

Welp, L., Hugo, A., Haep, S.
Experience with aerosol sampling from evaporative cooling systems – physical aspects
European Aerosol Conference EAC (online), 30.08.2021 – 03.09.2021

Wenzel, M.
Determination of microplastics in soils and mosses
IAC-Doktorandenseminar (online), 26.04.2021

Wenzel, M.
Oxidative Aufschlüsse zur Probenvorbereitung bei der Mikroplastikanalytik
Ruhr-Rhein-Main talks, Essen, 21.09.2021

Wenzel, M.
Oxidative digestion for sample preparation in microplastic analytics
Universität Duisburg-Essen, 21.09.2021

Wenzel, M. Funck, M., Itzel, F., Fischer, B., Hennecke, D., Weinfurtner, K., Yildirim, A., Schmidt, T.C., Türk, J., Wolf, C.
Moss monitoring – Method developement, sample preparation and first investigation on microplastics
GDCh-AK Umweltmonitoring – Sitzung zum Vegetationsmonitoring (online), 09.06.2021

Werres, T., Thoben, C., Henning, Schmidt, T.C., Zimmermann, S., Teutenberg, T.
Development of a portable measuring device for the detection of pollutants in water on the basis of nano-liquid chromatography and ion mobility spectrometry.
37th International Symposium on Microscale Separations and Bioanalysis (online), 12. – 15.06.2021

Wittmar, M., Tsarkova, L., Bahners, T., Gebert, B., Asbach, C., Gutmann, J.S.
Reducing pressure drop of coalescence filter media by patterned modification of its wettability
Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference, Stuttgart, 09. – 10.11.2021

Welp, L., Hugo, A., Haep, S., Heining, L., Seidel, M.
Bioaerosolprobenahme an Verdunstungskühlanlagen mittels Zyklonabscheider
B2-Seminar, Forum Biostoffe, Institut für Arbeitsschutz (IFA), Sankt Augustin, 08. – 09.12.2021

4.2 Veröffentlichungen 2021

Ambrosy, J., Steinhaus, J., Pasel, C., Bläker, C., Bittig, M., Bathen, D.
Simulative investigation of the application of nonimpregnated activated carbon in a multilayer adsorber for the separation of Hg0 from discontinuous waste gas streams
Ind. & Eng. Chem. Res. 60 (2021) 10, 4097-4109

Asbach, C., Scheuch, G.
Infection risks by aerosol transmission during sporting activities
German Journal of Sports Medicine, 75: 1-2, 2021

Asbach, C.
Positionspapier der Gesellschaft für Aerosolforschung zum SARS-CoV-2-Infektionsgeschehen
Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 81, 01-02, 60, 2021

Baetz, N., Rothe, L., Wirzberger, V., Sures, B., Schmidt, T.C., Tuerk, J.
High-performance thin-layer chromatography in combination with a yeast-based multi-effect bioassay to determine endocrine effects in environmental samples
Anal Bioanal Chem 413, 1321–1335 (2021). https://doi.org/10.1007/s00216-020-03095-5

Bätz, N., Itzel, F., Klein, M., Schmidt, T.C., Türk, J.
Hormonelle Belastung im Fließgewässer während eines Regenereignisses
Heft 3/2021, GDCh, Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie, ISSN 1618-3258

Bätz, N., Itzel, F., Klein, M., Türk, J.
Der Blick aufs Ganze – Mit der wirkungsbezogenen Analytik anthropogene Einträge in Oberflächengewässer bewerten
Mitteilungsblatt 3/2021, GDCh, Fachgruppe Analytische Chemie, ISSN 0939–0065

Betancourt, C., Küppers, C., Piansawan, T., Sager, U., Hoyer, A.B., Kaminski, H., Rapp, G., John, A.C., Küpper, M., Quass, U., Kuhlbusch, T., Rudolph, J., Kiendler-Scharr, A., Gensch, I.
Firewood residential heating – local versus remote influence on the aerosol burden
Atmos. Chem. Phys., 21, 5953–5964, 2021

Bittig, M.
Untersuchungen zur Quecksilberabscheidung in Krematorien – Ergebnisse des UBA-Forschungsprojekts
In „Krematorium – Stand der Technik und Entwicklungstendenzen“, Verlag des Deutschen Bestattungsgewerbes, Düsseldorf, 2021, ISBN 978-3-936057-66-9

Bredeck, G., Kämpfer, A.A.M., Sofranko, A., Wahle, T., Lison, D., Ambroise, J., Stahlmecke, B., Albrecht, C., Schins, R.P.F.
Effects of dietary exposure to the engineered nanomaterials CeO_2, SiO_2, Ag, and TiO_2 on the murine gut microbiome
Nanotoxicology 2021, DOI: 10.1080/17435390.2021.1940339

Buivydiene, D., Todea, A.M., Asbach, C., Krugly, E., Martuzevicius, D., Kliucininkas, L.
Composite micro/nano fibrous filter by simultaneous melt and solution electrospinning
Journal of Aerosol Science 154: 105754 2021

Dopp, E., Pannekens, H., Gottschlich, A., Schertzinger, G., Gehrmann, L., Kasper-Sonnenberg, M., Richard, J., Joswig, M., Grummt, T., Schmidt, T.C., Wilhelm, M., Tuerk, J.
Effect-based evaluation of ozone treatment for removal of micropollutants and their transformation products in waste water
J Toxicol Environ Health A. 2021, 84(10):418-439. doi:10.1080/15287394.2021.1881854

Dreyer, A., Kube, C., Frost, K.
Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) in der Außenluft und Deposition in einer von holzbetriebenen Heizungen stark belasteten Region von Deutschland
UBA-Texte 123/2021, FZK 3717 52 253 0, ISSN 1862-4804

Funck, M., Al-Azzawi, M.M.S., Yildirim, A., Knoop, O., Schmidt, T.C., Drewes, J.E., Tuerk, J.
Release of microplastic particles to the aquatic environment via wastewater treatment plants: The impact of sand filters as tertiary treatment
Chemical Engineering Journal, 2021, 426, 130933.
https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.130933

Funck, M., Al-Azzawi, M.S.M., Kinaschk, M., Yildirim, A., Knoop, O., Drewes, J.E., Schmidt, T.C., Türk, J.
Mikroplastikanalytik von Kläranlagenabläufen durch eine Kombination einer Kaskaden-Filtration mit TED-GC-MS und FT-IR
gfw Wasser|Abwasser, 162, 48-51, 03/2021

Jochums, M., Teutenberg, T., Kochale, K., Türk, J., Bergstedt, U.
Vorteile von Open-Source-Ansätzen bei der Etablierung einer automatisierten wirkungsbezogenen Analytik
Chem. Ing. Tech. 93, 10, 1-7 (2021)
https://doi.org/10.1002/cite.202100103

Knoop, O., Al-Azzawi, M.S.M., Kinaschk, M., Schwaferts, C., Funck, M., Tuerk, J., Meier, F., Elsner, M., Ivleva, N.P., Drewes, J.E.
Analytik von Mikro- und Submikro-Plastikpartikeln aus Wasserproben: Status Quo und Ausblick
KW Korrespondenz Wasserwirtschaft (03/2021)

Kämpfer, A.A.M., Busch, M., Büttner, V., Bredeck, G., Stahlmecke, B., Hellack, B., Masson, I., Sofranko, A., Albrecht, C., Schins, R.P.F.
Model complexity as determining factor for in vitro nanosafety studies: effects of silver and titanium dioxide nanomaterials in intestinal models
Small 2021, 17, 2004223,
DOI: 10.1002/smll.202004223

Kerner, M., Schmidt, K., Schumacher, S., Asbach, C., Antonyuk, S.
Electret filters – From the influence of discharging methods to optimization potential
Atmosphere 12, 65, https://doi.org/10.3390/atmos12010065, 2021

Klöfer, I., Bittig, M., Bathen, D.
Speciation of inorganic mercury compounds in solid samples via thermodesorption experiments
Chem. Eng. Tech. 44 (2021) 4, 788-796

Ligotski, R., Gilles, K.-D., Roehnert, M., Sager, U., Asbach, C., Schmidt, F.
In-situ-desorption of indoor relevant VOC toluene and limonene on activated carbon based filter media using high relative humidity
Building and Environment 191, 107556, 2021, https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107556

Mahy, J.G., Wolfs, C., Vreuls, C., Drot, S., Dircks, S., Boergers, A., Tuerk, J., Hermans, S., Lambert, S.D.
Advanced oxidation processes for waste water treatment: from laboratory-scale model water to on-site real waste water
Environ Technol. 2021, 42(25):3974-3986.
doi: 10.1080/09593330.2020.1797894.

Mohamadi Nasrabadi, A.,Todea, A.M., Nickel, C., Demirel, T., Habryka, D., Asbach, C.
Investigation of the effect of aerosolized TiO_2 nanoparticles on the NO_2 concentrations under UVA exposure
Aerosol & Air Quality Research 21: 200612, 2021

Niemann, H., Kaminski, H., Asbach, C., Frentz, G., Blödel, A., Winner, H.
Influence of pad retraction and air gap width between brake disc and pad on PM_{10} wear emissions during cruising conditions
EuroBrake 2021, Submission Number EB2021-EBS-004

Plitzko, S., Todea, A.M., Broßell, D., Linsel, G., Monz, C., Müller, C., Asbach, C.
Bewertung optischer Aerosolspektrometer zur Bestimmung arbeitsplatz- und corona-relevanter Aerosole
Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 81, 01-02, 42-52, 2021

Reinders, L.M.H., Klassen, M. D. , vom Eyser, C., Teutenberg, T., Jaeger, M., Schmidt, T.C., Tuerk, J.
Quality control of cytostatic drug preparations—comparison of workflow and performance of Raman/UV and high-performance liquid chromatography coupled with diode array detection (HPLC-DAD)
Anal Bioanal Chem 413, 2587–2596 (2021). https://doi.org/10.1007/s00216-021-03223-9

Reinders, L.M.H., Klassen, M. D., Teutenberg, T., Jaeger, M., Schmidt, T.C.
Development of a multidimensional online method for the characterization and quantification of monoclonal antibodies using immobilized flow-through enzyme reactors
Anal Bioanal Chem 413, 7119–7128 (2021). https://doi.org/10.1007/s00216-021-03683-z

Sager, U., Engelke, T., Däuber, E., Asbach, C.
Untersuchungen zur Entwicklung einer Prüfmethode für Multieffektfilter für Innenraumanwendungen
Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 81, 05-06, 213-223, 2021

Salma, A., Ali, W., Hildebrandt, M., Gutmann, J.S., Mayer-Gall, T., Kube, C., Grüning, F.
Absorbertextilien – Smarte Lösungen für PFC-Schadensfälle
Melliand Textilber. 2-3 (2021), 86-88

Salma, A., Ali, W., Hildebrandt, M., Gutmann, J.S., Mayer-Gall, T., Kube, C., Grüning, F.
Adsorber textiles – smart approach for PFC removal from contaminated water
Melliand International 3 (2021), 141-143

Salma, A., Ali, W., Hildebrandt, M., Gutmann, J.S., Mayer-Gall, T., Kube, C., Grüning, F.
Adsorption von Perfluorierten Tensiden (PFT) an textilen Filtermedien
DTNW-Mitteilung 121 (2021), ISSN 1430-1954, DOI: 10.13140/RG.2.2.19059.25122

Schott, C., Cunha, J.R., van der Weijden, R.D., Buisman C.J.N.
Method, system and stable for phosphate recovery from a waste stream
Patent WO2021150112, 29.07.2021

Schumacher, S., Schmid, J.-J., Asbach, C.
Effektivität von Luftreinigern zur Reduzierung des COVID-19-Infektrisikos
Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 81, 01-02, 16-28, 2021

Sofranko, S., Wahle, T., Heusinkveld, H.J., Stahlmecke, B., Dronov, M., Pijnenburg, D., Hilhorst, R., Lamann, K., Albrecht, C., Schins, R.P.F.
Evaluation of the neurotoxic effects of engineered nanomaterials in C57BL/6J mice in 28 days oral exposure studies
Neurotoxicology 84 (2021), 155-171, DOI: 10.1016/j.neuro.2021.03.005

Steinhaus, J., Pasel, C., Bläker, C., Bathen, D.
Impact of H_2O on the adsorption of Hg_0 on non-impregnated carbon
ACS Omega 26 (2021) 6, 16989-17001

Suleiman, S., Nanjaiah, M., Skenderovic, I., Rosenberger, T., Kunze, F., Wlokas, I., Kruis, F.E., Wiggers, H., Schulz, C.
Atmospheric-pressure particle mass spectrometer for investigating particle growth in spray flames
Journal of Aerosol Science 158 (2021), 105827, DOI: 10.1016/j.jaerosci.2021.105827

Sun, T., Peinecke, K., Urbanczyk, R., Felderhoff, M.
Influence of synthesis gas components on hydrogen storage properties of sodium aluminium hexahydride
Hydrogen 2021, 2, 147-159

Teutenberg, K., Jochums, M., Gassner, O., Cunha, R., Türk, J.
Das digitalisierte Modelllabor – Neue Ansätze für die hersteller- und geräteübergreifende Auswertung massenspektrometrischer Datensätze
Wasserforum – Sonderpublikation zum 14. Langenauer Wasserforum, 11-2021, 49-51

Teutenberg, T., Jochums, M., Reinders, L.M.H., Abdulin, N., Gehrmann, L., Türk, J.
Flexible Digitalisierung mittels horizontaler Vernetzung – Ein Praxisbeispiel aus der Qualitätskontrolle
GIT Labor-Fachzeitschrift 10/2021, 40-42

Welp, L, Hugo, A.
Neue Bewertungsmethodik der Hygiene von Verdunstungskühlanlagen im Hinblick auf Legionellen
Immissionsschutz 26. Jahrgang, Juni 2021, S. 100

Werres, T., Schmidt, T.C., Teutenberg, T.
The influence of injection volume on efficiency of microbore liquid chromatography columns for gradient and isocratic elution
J Chromatogr A. 2021 Mar 29;1641:461965. doi: 10.1016/j.chroma.2021.461965

Wirzberger, V., Klein, M., Woermann, M., Lutze, H.V., Sures, B., Schmidt, T.C.
Matrix composition during ozonation of N-containing substances may influence the acute toxicity towards Daphnia magna
Sci Total Environ. 2021, 765:142727. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.142727

Woeste, A.-L., Balcerzak, M., Urbanczyk, R., Felderhoff, M.
Mg-based system for H_2 sorption from CH_4/H_2 gas mixture
Energy Technol. 2021,9, 2001079

4.3 Poster 2021

Bätz, N., Itzel, F., Schmidt, T.C., Türk, J.
Hormonelle Effekte in der aquatischen Umwelt – Untersuchung des Regen- und Mischwassereinflusses auf Oberflächengewässer mittels HPTLC-WBA und instrumenteller Analytik
Langenauer Wasserforum (online), 15. und 16.11.2021

Cunha, J.R., Türk, J.
Non-target screening workflow to annotate potential nitrosamine precursors during advanced treatment of secondary wastewater
Langenauer Wasserforum (online), 15. – 16.11.2021

Engelke, T., Sager, U., Däuber, E., Haep, S.
Einfluss der Konditionierungsmethode bei der Bestimmung der Minimaleffizienz von Multieffektfiltern für Innenraumluft
Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppen Gasreinigung und Partikelmesstechnik (online), 18. und 19.02.2021

Funck M. and Al-Azzawi, M.S.M., Knoop, O., Itzel, F., Schmidt, T.C., Drewes, J.E., Tuerk, J.
The role of sand filters as tertiary treatment in microplastic retardation within wastewater treatment plants
SETAC Europe (online), 03. – 06.05.2021

Funck, M., Al-Azzawi, M.S.M., Knoop, O., Itzel, F., Schmidt, T.C., Drewes, J.E., Türk, J.
Vergleich zweier thermoanalytischer Methoden für die Mikroplastikanalytik in Abwasser – Pyrolyse-GC-MS und TED-GC-MS
Wasser 2021 (online), 10. – 12.05.2021

Giubilato, E., Cazzagon, V., Amorim, M.J.B., Blosi, M., Bouillard, J., Bouwmeester, H., Costa, A.L., Fadeel, B., Fernandes, T., Fito, C., Hauser, M., Marcomini, A., Nowack, B., Pizzol, L., Powell, L., Prina-Mello, A., Sarimveis, H., Scott-Fordsmand, J.J., Semenzin, E., Stahlmecke, B., Stone, V., Vignes, A., Wilkins, T., Zabeo, A., Tran, L., Hristozov, D.
BIORIMA risk management framework for nano-biomaterials used in medical devices and advanced therapy medicinal products
10th International Conference on Nanotoxicology, Edinburgh (online meeting), 20. – 22.04.2021

Heining, L., Welp, L, Hugo, A., Seidel, M.
Analyse von Legionella pneumophila in Aerosolen aus Verdunstungskühlanlagen mittels einer flussbasierten Mikroarray-Plattform
15. Dresdener Sensor-Symposium, Dresden, 6. – 8.12.2021

Itzel, F., Stenzler, J., Tuerk, J., Moreau, S., Teutenberg, T., Elm, J.,
Detection of hormones (E1, E2, EE2) according to the requirements of the EU Water Framework Directive using an LV-SPE-HPLC-MS/MS
69th ASMS (online), 31.10. – 04.11.2021

Itzel, F., Teutenberg, T., Stenzler, J., Moreau, S., Klein, M., Tuerk, J.
Detection of hormones (E1, E2, EE2) according to the requirements of the EU Water Framework Directive using an LV-SPE-HPLC-MS/MS
Langenauer Wasserforum (online), 15. – 16.11.2021

Kämpfer, A., Busch, M., Büttner, V., Bredeck, G., Stahlmecke, B., Hellack, B., Sofranko, A., Wahle, T., Albrecht, C., Schins, R.P.F.
Comparison of the effects of engineered nanomaterials in simple versus complex in vitro models of human intestine
Poster 568, World Congress on Alternatives and Animal Use in the Life Sciences – WC11, Maastricht (online meeting),
23.08. – 02.09.2021

Klein, M., Schmidt, T.C., Türk, J.
Effekt-dirigierte Analytik zur Beurteilung endokriner Effekte in Oberflächengewässern
Langenauer Wasserforum (online),
15. – 16.11.2021

Röhnert, M., Schmittmann, S., Pasel, C., Bläker, C., Bathen, D.
Multi-component adsorption of light hydrocarbons on different adsorbents at low temperatures
ECCE/ECAB 2021 (online), 22.09.2021

Schumacher, S., Banda Sanchez, A., Caspari, A., Schmid, H.J., Asbach, C.
Efficacy of air cleaners in reducing the risk of COVID-19 infections
European Aerosol Conference 2021 (online), 30.08. – 03.09.2021

Stahlmecke, B., Wohlleben, W., Broßell, D., Wolf, C., Wiemann, M., Hund-Rinke, K., Kühnel, D., Zoz, T., Haase, A.
InnoMat.Life – Innovative materials and new production processes
NRW Nanokonferenz Münster (online meeting), 21. – 23.04.2021

Underberg, M., Hülser, T., Schnurre, S.M.
How does up-scaling affect particle generation in spray-flame synthesis of nano powders? – A modular pilot-scale plant for particle synthesis and in-situ flame characterization
NRW Nanokonferenz Münster (online meeting), 21. – 23.04.2021

Underberg, M., Reichenberger, S., Beverungen, J., Kazamer, N., Rost, U., Zoz, T., Wirkert, F.J., Roth, J., Brodmann, M., Barcikowski, S., Hülser, T.
Gas-phase synthesis of boron doped silicon nanoparticles as support material for PEM electrolysis
NRW Nanokonferenz Münster (online meeting), 21. – 23.04.2021

Wenzel, M., Funck, M., Itzel, F., Fischer, B., Hennecke, D., Weinfurtner, K., Yildirim, A., Schmidt, T.C., Türk, J., Wolf, C.
Concept of a sample preparation method for microplatic in soils using TED-GC-MS and Raman spectroscopy
SETAC Europe (online), 03.-06.05.2021

Wolf, C., Hülser, T., Artous, S., Kaminski, H., Stahlmecke, B.
Solubility of materials used in biomedicine – a case study for different media
10th International Conference on Nanotoxicology, Edinburgh (online meeting),
20. – 22.04.2021

4.4 Vorträge auf Fortbildungsveranstaltungen

Dahmke, H., Türk, J.
Praxis Effektive Reinigung von Oberflächen, Desinfektion und Validierung
Praxisseminar Sicherheitstraining Zytostatika, LEAC Hamburg (online), 27.02.2021

Dahmke, H., Türk, J.
Praxis Effektive Reinigung von Oberflächen, Desinfektion und Validierung
Praxisseminar Sicherheitstraining Zytostatika, LEAC Hamburg (online), 24.04.2021

Diekhoff, M., Türk, J.,
Praxis Verhalten in Notfallsituationen: Praktische Anwendung von Spill-Kits
Praxisseminar Sicherheitstraining Zytostatika, LEAC Hamburg (online), 27.02.2021

Diekhoff, M., Türk, J.,
Praxis Verhalten in Notfallsituationen: Praktische Anwendung von Spill-Kits
Praxisseminar Sicherheitstraining Zytostatika, LEAC Hamburg (online), 24.04.2021

Haep, S., Asbach, C., Opiolka, S., Schunke, B., Schmalz, E.
Über die Rolle von FFP2-Masken bei der Eindämmung der Corona-Pandemie
TWE GmbH & Co. KG, Emsdetten, 17. und 24. Februar 2021

Klaßen, M.
Monoklonale Antikörper & Arbeitsschutz
Sicherer Umgang mit Zytostatika, IUTA, Duisburg, 24.09.2021

Reinders, L.M.H., Türk, J.
Monoklonale Antikörper im Arbeitsschutz
Praxisseminar Sicherheitstraining Zytostatika, LEAC Hamburg (online), 26.02.2021

Reinders, L.M.H., Türk, J.
Monoklonale Antikörper im Arbeitsschutz
Praxisseminar Sicherheitstraining Zytostatika, LEAC Hamburg (online), 23.04.2021

Reinders, L.M.H., Türk, J.
Effektive Reinigung und Desinfektion in der Zytostatika-Herstellung Außenkontamination – Realität und Konsequenzen
Praxisseminar Sicherheitstraining Zytostatika, LEAC Hamburg, 25.06.2021

Reinders, L.M.H., Türk, J.
Monoklonale Antikörper im Arbeitsschutz
Praxisseminar Sicherheitstraining Zytostatika, LEAC Hamburg, 26.06.2021

Reinders, L.M.H.
Praxis Effektive Reinigung von Oberflächen, Desinfektion und Validierung
Praxisseminar Sicherheitstraining Zytostatika, LEAC Hamburg, 26.06.2021

Reinders, L.M.H., Türk, J.
Qualitätssicherung in der Sterilherstellung und Gehaltsbestimmungen von Zytostatika-Applikationslösungen
Sicherer Umgang mit Zytostatika, IUTA, Duisburg, 24.09.2021

Reinders, L.M.H., Türk, J.
Effektive Reinigung und Desinfektion in der Zytostatika-Herstellung Außenkontamination – Realität und Konsequenzen
Praxisseminar Sicherheitstraining Zytostatika, LEAC Elmshorn, 12.11.2021

Reinders, L.M.H., Türk, J.
Monoklonale Antikörper im Arbeitsschutz
Praxisseminar Sicherheitstraining Zytostatika, LEAC Elmshorn, 13.11.2021

Reinders, L.M.H.
Praxis Effektive Reinigung von Oberflächen, Desinfektion und Validierung
Praxisseminar Sicherheitstraining Zytostatika, LEAC Elmshorn, 13.11.2021

Türk, J., Reinders, L.M.H.
Effektive Reinigung und Desinfektion in der Zytostatika-Herstellung Außenkontamination – Realität und Konsequenzen:
Praxisseminar Sicherheitstraining Zytostatika, LEAC Hamburg (online), 24.04.2021

Türk, J.
Einführung in die LC-MS
LC-MS: Einführung und Anwendung, Phenomenex (online), 18.05.2021

Türk, J.
LC-MS Methodenentwicklung und MS-Messmodi
LC-MS: Einführung und Anwendung, Phenomenex (online), 18.05.2021

Türk, J.
Quantifizierung und Matrixeffekte
LC-MS: Einführung und Anwendung, Phenomenex (online), 18.05.2021

Türk, J.
Target-, Suspect-Taget und Non-Target-Screening und Applikationsbeispiele
LC-MS: Einführung und Anwendung, Phenomenex (online), 18.05.2021

Türk, J., Reinders, L.M.H.
Effektive Reinigung und Desinfektion in der Zytostatika-Herstellung Außenkontamination – Realität und Konsequenzen
Praxisseminar Sicherheitstraining Zytostatika, LEAC Hamburg, 17.09.2021

Türk, J., Reinders, L.M.H.
Monoklonale Antikörper im Arbeitsschutz
Praxisseminar Sicherheitstraining Zytostatika, LEAC Elmshorn, 18.09.2021

Türk, J.
Praxis Effektive Reinigung von Oberflächen, Desinfektion und Validierung
Praxisseminar Sicherheitstraining Zytostatika, LEAC Elmshorn, 18.09.2021

Türk, J.
Maßnahmen bei unbeabsichtigter Substanzfreisetzung und Umgang mit Außenkontaminationen
Sicherer Umgang mit Zytostatika, IUTA, Duisburg, 23.09.2021

Türk, J., Klaßen, M., Reinders, L.M.H.
Workshop: Effektive Reinigung nach unbeabsichtigter Substanzfreisetzung
Sicherer Umgang mit Zytostatika, IUTA, Duisburg, 23.09.2021

Türk, J.
Bewertungskonzepte und aktuelle Daten aus dem Umgebungsmonitoring mittels Wischproben
Sicherer Umgang mit Zytostatika, IUTA, Duisburg, 24.09.2021

Türk, J.
Praxis Reinigung und Desinfektion
Aseptische Herstellung atoxischer Parenteralia, LEAC Elmshorn, 27.11.2021

Türk, J.
Praxis Reinigung von Sicherheitswerkbänken
Aseptische Herstellung atoxischer Parenteralia, LEAC Elmshorn, 27.11.2021

4.5 IGF-Forschungsberichte

Im Jahr 2021 wurden die nachfolgend aufgeführten Forschungsberichte veröffentlicht. Die Berichte werden auf Anfrage in elektronischer Form übermittelt oder stehen als Download im Internet auf der IUTA-Homepage, Rubrik „Vernetzung“, zum Herunterladen bereit.

Forschungsvereinigung: Energie- und Umwelttechnik
IGF-Forschungsvorhabennummer: 15 EWN
Entwicklung von Lithium-Schwefel-Batterien auf Basis polymerummantelter Li_2S-Kathodenmaterialien und innovativer Silizium-Anoden
Laufzeit: 01.04.2017 – 30.09.2020
Beteiligte Forschungsstelle(n):
Zentrum für BrennstoffzellenTechnik gGmbH, Duisburg, Universität Köln, Institut für Anorganische Chemie, Lehrstuhl für Anorganische und Materialchemie, Universität Duisburg-Essen, Maschinenbau, Professur Energietechnik

Forschungsvereinigung: Energie- und Umwelttechnik
IGF-Forschungsvorhabennummer: 22 EWBG
Entwicklung von Membran-Elektroden-Einheiten für die alkalische Elektrolyse auf Basis ionenleitender poröser Keramikmembranen
Laufzeit: 01.04.2017 – 30.09.2020
Beteiligte Forschungsstelle(n):
Zentrum für BrennstoffzellenTechnik gGmbH, Duisburg, Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V. (INP Greifswald)

Forschungsvereinigung: Energie- und Umwelttechnik
IGF-Forschungsvorhabennummer: 19694 N
Gradierte Aktivschichten auf Basis von Graphenoidschaum-geträgerten Legierungskatalysatoren für NT-PEM-Kathoden (GRA2KAT)
Laufzeit: 01.10.2017 – 30.09.2020
Beteiligte Forschungsstelle(n):
DECHEMA Forschungsinstitut, Frankfurt Universität des Saarlandes, Lehrstuhl für Physikalische Chemie und Didaktik der Chemie, Zentrum für BrennstoffzellenTechnik gGmbH, Duisburg

Forschungsvereinigung: Energie- und Umwelttechnik
IGF-Forschungsvorhabennummer: 19815 N
Entwicklung von Präventions- und Regenerierungsmaßnahmen zur Erhöhung der Standzeiten von Hochtemperatur-PEM-Brennstoffzellen unter realen Betriebs- und Schadgasszenarien
Laufzeit: 01.01.2018 – 30.09.2020
Beteiligte Forschungsstelle(n):
Zentrum für BrennstoffzellenTechnik gGmbH, Duisburg, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Vernetzte Energiesysteme

Forschungsvereinigung: Energie- und Umwelttechnik
IGF-Forschungsvorhabennummer: 19526 BG
Entwicklung poröser papiertechnisch hergestellter Titan-Stromverteiler für die PEM-Elektrolyse
Laufzeit: 01.05.2017 – 31.10.2020
Beteiligte Forschungsstelle(n):
Zentrum für BrennstoffzellenTechnik gGmbH, Duisburg, Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Dresden, Papiertechnische Stiftung Papiertechnisches Institut PTS-IZP, Heidenau

Forschungsvereinigung: Energie- und Umwelttechnik
IGF-Forschungsvorhabennummer: 19817 BG
Entwicklung von kostengünstigen und nachhaltigen Elektrodensystemen auf Basis von optimierten Iridium/Titanoxid-Schichten für den Einsatz in der PEM-Wasserelektrolyse
Laufzeit: 01.11.2017 – 31.10.2020
Beteiligte Forschungsstelle(n):
Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V., Duisburg, Westfälische Hochschule Gelsenkirchen, Westfälisches Energieinstitut, AG Wasserstoffenergiesysteme, Hochschule Mittweida (FH), Fachgruppe Fertigungstechnik

Forschungsvereinigung: Energie- und Umwelttechnik
IGF-Forschungsvorhabennummer: 20198 N
Organisation und Steuerung von Baustellenprozessen in der modularen Gebäudenachverdichtung zur Optimierung von Kosten, Zeit sowie Ressourceneffizienz
Laufzeit: 01.11.2018 – 31.10.2020
Beteiligte Forschungsstelle(n):
Technische Universität München, Forschungsinstitut Unternehmensführung, Logistik und Produktion, Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH

Forschungsvereinigung: Energie- und Umwelttechnik
IGF-Forschungsvorhabennummer: 19402 N
Entwicklung von nachweisstarken Verfahren zur Bestimmung von Asbest in flächigen Baustoffen
Laufzeit: 01.03.2017 – 31.12.2020
Beteiligte Forschungsstelle(n):
Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V., Duisburg

Forschungsvereinigung: Forschungskuratorium Textil e.V.
IGF-Forschungsvorhabennummer: 19678 N
Adsorption von Perfluorierten Tensiden (PFT) an textilen Filtermedien
Laufzeit: 01.09.2017 – 31.12.2020
Beteiligte Forschungsstelle(n):
Deutsches Textilforschungszentrum Nord-West e.V., Krefeld, Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V., Duisburg

Forschungsvereinigung: Energie- und Umwelttechnik
IGF-Forschungsvorhabennummer: 19918 N
Verbesserung der Drainageeigenschaften von Koaleszenzfiltermedien durch gemusterte Funktionalisierung
Laufzeit: 01.01.2018 – 31.12.2020
Beteiligte Forschungsstelle(n):
Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V., Duisburg, Deutsches Textilforschungszentrum Nord-West e.V., Krefeld

Forschungsvereinigung: Energie- und Umwelttechnik
IGF-Forschungsvorhabennummer: 19976 BG
Entwicklung katalytisch aktiver Materialien auf Ceroxid- und Zirkoniumoxid-Basis für die Anwendung in Festoxid-Brennstoffzellen (KatCe)
Laufzeit: 01.02.2018 – 31.12.2020
Beteiligte Forschungsstelle(n):
Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V., Duisburg, UP Transfer GmbH an der Universität Potsdam

Forschungsvereinigung: Energie- und Umwelttechnik
IGF-Forschungsvorhabennummer: 19977 N
Verhalten von Adsorptionsfiltern und -medien für die Raumlufttechnik gegenüber innenraumrelevanten Schadstoffen während der Betriebsdauer
Laufzeit: 01.02.2018 – 31.12.2020
Beteiligte Forschungsstelle(n):
Universität Duisburg-Essen, Lehrstuhl Nanopartikel-Prozesstechnologie, Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V., Duisburg

Forschungsvereinigung: Energie- und Umwelttechnik
IGF-Forschungsvorhabennummer: 20073 BG
Entwicklung innovativer Trennphasen für rein wässrige flüssigkeitschromatografische Anwendungen auf Basis von Perlcellulose
Laufzeit: 01.11.2018 – 31.03.2021
Beteiligte Forschungsstelle(n):
Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V., Duisburg, Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP, Potsdam

Forschungsvereinigung: Energie- und Umwelttechnik
IGF-Forschungsvorhabennummer: 20694 N
Integration der durch Business Analytics gewonnenen Erkenntnisse im Managementprozess durch die Sicherung derer Akzeptanz und verzerrungsfreien Interpretation
Laufzeit: 01.04.2019 – 31.03.2021
Beteiligte Forschungsstelle(n):
IPRI – International Performance Research Institute gGmbH, Stuttgart, Technische Universität München, Lehrstuhl für Strategie und Organisation

Forschungsvereinigung: Energie- und Umwelttechnik
IGF-Forschungsvorhabennummer: 20075 BG
Entwicklung eines IT-Tools zur Bewertung und Auswahl von Crowdsourcingplattformen für den Einsatz in KMU sowie auch zur Steuerung der Crowdsourcingaktivitäten im Unternehmen
Laufzeit: 01.06.2019 – 31.05.2021
Beteiligte Forschungsstelle(n):
Technische Universität München, Lehrstuhl für Strategie und Organisation, Universität Potsdam, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Electronic Government

4.6 Forschungsprojekte der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)

… der Forschungsvereinigung „Energie- und Umwelttechnik“ im Jahr 2021

AiF-Vorh.-Nr.	Titel/Thema	Forschungsstellen	Laufzeit Anfang	Ende
39 EWN	Entwicklung einer neuen Materialklasse von hochstabilen Elektrokatalysatoren für Kathoden von PEM-Brennstoffzellen (PEMFC) auf Basis von lasergenerierten Materialien	ZBT, TCHEM UDE	01.01.2019	31.12.2021
41 EWN	Entwicklung einer Zink-Luft-Batterie auf Basis ionischer Flüssigkeiten für unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV)	ET UDE, Mikrotech WHS	01.03.2019	31.12.2021
46 LN	Entwicklung biobasierter Compounds für Bipolarplatten zur Anwendung in Brennstoffzellen	ZBT, wki	01.11.2021	30.04.2024
53 EWN	Entwicklung von mit Mikrogasmesstechnik gekoppelten massenfertigungstauglichen Referenzelektroden zur Gewährleistung des sicheren Betriebs von PEM-Brennstoffzellen-Systemen	ZBT, HSG IMIT	01.04.2020	30.09.2022
58 EWBG	Entwicklung von Lithium-Ionen-Batterien hoher Energiedichte mit Elektroden auf Basis dreidimensionaler Stromabnehmer	ET UDE, ZBT, FhG IKTS	01.06.2020	30.11.2022
308 EN	Sustainable Recycling of Plastics using Flax	FhG UMSICHT, Bionik HS Bremen	01.09.2021	31.08.2023
19658 N	„FormicFuel“: Immobilisierung eines selektiven heterogenen Katalysators für die kontinuierliche Ameisensäurezersetzung zum direkten Betrieb einer Brennstoffzelle	ZBT, ITMC RWTH Aachen	01.01.2018	30.06.2021
19695 N	Weiterentwicklung eines thermochemischen Wärmespeichers für Hochtemperaturanwendungen bis 550 °C	IUTA, MPI KF	01.10.2017	31.12.2021
19816 N	Entwicklung eines Dauerhaften PEMFC Stacks bei zyklischer Frost-Tau-Wechsel Belastung	ZBT	01.01.2018	30.06.2021
19818 N	Entwicklung von zwischen hydrophilem und hydrophobem Zustand magnetisch schaltbaren Schichten zur Verbesserung des Wassertransports in PEM-Brennstoffzellen (HYDROMAG)	CMP U Paderborn, ZBT	01.01.2018	30.06.2021
19900 BG	Entwicklung einer modularen Wasch- und Aktivierungseinheit mit Reagenzeindüsung in AC/DC-Plasmen zur Inline-Funktionalisierung und direkten Nassabscheidung von Nanopartikeln aus der Gasphasensynthese für stabile, prozessierbare Suspensionen	IUTA, MVT BTU, IVG UDE	01.01.2018	30.06.2021
20073 BG	Entwicklung innovativer Trennphasen für rein wässrige flüssigkeitschromatografische Anwendungen auf Basis von Perlcellulose	IUTA, FhG IAP	01.11.2018	31.03.2021
20075 BG	Entwicklung eines IT-Tools zur Bewertung und Auswahl von Crowdsourcingplattformen für den Einsatz in KMU sowie auch zur Steuerung der Crowdsourcingaktivitäten im Unternehmen	LSO TU München, WI Uni P	01.06.2019	31.05.2021
20180 BG	Entwicklung einer digitalen Corporate Entrepreneurship Plattform mit integrierter Innovationsschulung und Ideen- und Innovationsmanagement zur Stärkung der Innovationskraft und Optimierung der Integration von Tagesgeschäft und Innovationen bei KMU	LSO TU München, IMCS TU Freiberg	01.08.2019	31.07.2021

20209 BG	Entwicklung einer kosteneffizienten ferritischen Bipolarplatte mit MAX-Phasen-Korrosionsschutz für die Anwendungen in portablen und mobilen Brennstoffzellensystemen	ZBT, INP Greifswald, MPI EF	01.08.2019	30.06.2022
20254 N	Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten von Elektrofiltern in der Raumlufttechnik unter besonderer Berücksichtigung der Energieeffizienz	NPPT UDE, IUTA	01.11.2018	31.12.2021
20305 N	Mehrphasenströmungssimulation zur verfahrenstechnischen Optimierung der Herstellung prozessierbarer Dispersionen aus hochspezifischen gasgetragenen Nanopartikeln mittels direkter Überführung in Trägerflüssigkeiten (ODIN)	IUTA	01.03.2019	31.12.2021
20388 BG	Absorptions- und Reemissionsvorgänge von Quecksilber in Wäschern zur Entschwefelung von Verbrennungsabgasen	IUTA, EVT TUD	01.01.2019	31.03.2022
20392 N	Der Einfluss der Staubbeladung auf die chemische Alterung abreinigbarer Filtermedien – Laborversuche vs. Alterung der Medien im realen Einsatz in industriellen Anlagen	NPPT UDE, DTNW, IUTA	01.01.2019	31.12.2021
20478 N	Entwicklung von Verfahren zur Bestimmung und Elimination von Nitrosaminen bei der (Ab-)Wasseraufbereitung mittels Ozon (Nitr-O-zon)	IUTA, IDT H-BRS	01.02.2019	31.10.2021
20664 BG	Entwicklung einer stufenorientierten IoT-Strategie für kmU der Spritzgussindustrie zum Aufbau interoperabler Plattformökosysteme	IPRI, WI Uni P	01.02.2020	31.07.2022
20666 N	Entwicklung eines portablen Messgerätes zur Vor-Ort-Prozesskontrolle und Erfassung von Schadstoffen in Wasser auf Basis der Nano-Flüssigkeitschromatografie und Ionenmobilitätsspektrometrie (Mini-LAB)	IUTA, GEML Uni Hannover	01.05.2019	30.04.2022
20688 N	Entwicklung eines photoakustischen Tandemresonators (PATR) zur In-situ- und Online-Detektion von Öldampf und Ölträpfchen in komprimierten Aerosolen bei Drücken bis 300 bar	IUTA, IPC HHU	01.05.2019	31.12.2021
20694 N	Integration der durch Business Analytics gewonnenen Erkenntnisse im Managementprozess durch die Sicherung derer Akzeptanz und verzerrungsfreien Interpretation	IPRI, LSO TU München	01.04.2019	31.03.2021
20738 BG	GraphenBlocker – Kosteneffizienter Herstellungsprozess für protonenleitende Hochleistungsmembranen mit Graphen-Diffusionssperre für die Direkt-Methanol-Brennstoffzelle	INP Greifswald, TFT KIT Karlsruhe, ZBT	01.07.2019	30.06.2022
20761 N	Wasserstoffabtrennung aus Erdgas/Wasserstoffgemischen durch Metallhydride	IUTA, MPI KF	01.10.2019	31.03.2022
20781 N	Verfahrensentwicklung zur Bestimmung der Proteinkonformation auf Basis der oberflächenverstärkten Ramanspektroskopie am Beispiel monoklonaler Antikörper	IUTA, AMO	01.08.2019	28.02.2022
20939 BG	H2BS – Neuartige Barriereschichten für kostengünstige sowie hochfeste Stähle für die Wasserstofftechnologie	INP Greifswald, HZG, MPI EF	01.01.2020	30.06.2022
21001 N	Entwicklung einer Zink-Polyiodid-Flussbatterie mit hoher volumetrischer Energiedichte für den Einsatz als Stromspeicher an regenerativen Energieerzeugungsanlagen	ET UDE, Mikrotech WHS	01.02.2020	31.07.2022
21006 BG	Entwicklung innovativer Li_2S-Kompositmaterialien zur Steigerung der Hochstromfähigkeit und Lebensdauer von Lithium-Schwefel-Batterien (ILISKO)	ZBT, INP Greifswald	01.03.2020	31.08.2022

21055 BG	Entwicklung von chemisch stabilen und kostengünstigen Anionenaustauschermembranen mit hoher OH--Leitfähigkeit für Brennstoff- und Elektrolyse-Zellen auf Basis von Blockcopolyphenylchinoxalinen	FhG IAP, ZBT	01.05.2020	31.10.2022
21140 BG	Entwicklung eines Durchfluss-Plasmareaktors mit optimierter Strömung für die Synthese von Graphen aus Ethanol	INP Greifswald, ZBT	01.04.2020	30.09.2022
21155 N	Herstellung von nanomaterialbasierten Liquiden zur Optimierung der Solarthermie (HELIOS)	IUTA	01.10.2020	30.09.2022
21272 N	Blockchain für die Kreislaufwirtschaft: Konzeption und Evaluation blockchainbasierter digitaler Zwillinge	Logistik TUHH, KLU	01.12.2020	31.07.2022
21279 N	Entwicklung von Detektionssystemen mit elektrochemisch aktiven Oberflächen zur online Überwachung von Filteranlagen	FEM, IUTA	01.08.2020	31.01.2023
21280 N	Entwicklung und Validierung eines Totalreflexions-Resonanz-Raman-Fluoreszenz-Detektors (TRR-FLD) für die Flüssigkeitschromatografie in der pharmazeutischen Qualitätskontrolle	IUTA, PTB HHU	01.08.2020	31.12.2022
21283 N	Praxisnahe Labortests mobiler Entstaubungssysteme mit abreinigbaren Filtern	IVG UDE, IUTA	01.11.2020	31.03.2023
21309 N	Entwicklung eines umfassenden Non-Target-Screening Verfahrens durch Kopplung von Flüssigkeits- und Gaschromatografie zur Aufklärung unbekannter chemischer Verbindungen – ComScreen (Comprehensive Screening)	IUTA	01.08.2020	31.10.2022
21312 BG	Entwicklung von kostengünstigen und nachhaltigen Elektrodensystemen im Pilotmaßstab auf Basis von optimierten Iridium/Ruthenium/Titanoxid-Schichten für den Einsatz in der PEM-Wasserelektrolyse	IUTA, WEI WHS, FT Mittweida	01.11.2020	30.04.2023
21323 N	Entwicklung von in situ Antifouling-Beschichtungen für Umkehrosmose-Membranmodule in spezifischen Anwendungen	TCHEM II UDE, IUTA	01.09.2020	31.08.2022
21335 N	Sensorische Prozessüberwachung in Umkehrosmoseanlagen	IUTA, MVT Uni KL	01.11.2020	30.04.2023
21352 N	Reduktion der Hochtemperatur-Chlorkorrosion zur energetischen Effizienzsteigerung bei Nutzung von Alternativbrennstoffen	ExPhys I Uni Augsburg, bifa, IUTA	01.01.2021	30.06.2023
21423 N	Entwicklung eines Anreichungsverfahrens zur sensitiven Detektion von organischen Metallverbindungen aus Gewässern (MeXory)	IUTA, DTNW	01.10.2020	30.09.2022
21430 N	Entwicklung einer stofftransport- und porositätsoptimierten gradierten Katalysatorschicht mit hoher Platin-Ausnutzung für PEM-Brennstoffzellen durch Kombination von Laserablations- und Nassmahltechnologien	ZBT, TCHEM UDE, IVG UDE	01.12.2020	31.05.2023
21482 N	CO_2-Abtrennung aus aufbereitetem Biogas mittels aminfunktionalisierter Adsorbentien als Vorstufe eines energieeffizienten Verfahrens zur Erzeugung von LBG (Liquefied Bio Gas)	IUTA	01.01.2021	31.12.2022
21551 N	Industrialisierung der additiven Fertigung von Endbauteilen aus Metall in kmU der produzierenden Industrie	BWL TU München, Logistik TUHH	01.12.2020	31.01.2022
21651 N	Entwicklung neuartiger Stromabnehmer auf Basis von maßgeschneiderten Kohlenstoffnanofasern zur Verbesserung der Hochstromfähigkeit und Langzeitstabilität von Lithium-Schwefel-Batterien	ZBT, DTNW	01.03.2021	31.08.2023

21668 N	Entwicklung und Validierung einer neuartigen Methode zur kontinuierlichen Produktion von hochstabilen und leistungsfähigen Elektroden für MEAs auf Basis galvanischer Prozesse angewandt in PEM-Brennstoffzellen	ZBT, WEI WHS	01.06.2021	30.11.2023
21783 N	Entwicklung langzeitstabiler Filter mit geringem Druckverlust auf Basis elektrisch leitfähiger getufteter Strukturen zum Einsatz in Raumluftreinigern	IUTA, TFI RWTH	01.04.2021	31.03.2023
21784 N	Entwicklung und Optimierung eines Herstellungsverfahrens für korrosionsbeständige graphenbasierte Materialien im Pilotmaßstab für die Anwendung als Katalysatorträgermaterial in Kathoden von Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzellen	IUTA, ZBT	01.04.2021	30.09.2023
21801 N	Entwicklung und experimentelle Validierung von Modellen zur verfahrenstechnischen Auslegung und techno-ökonomischen Bewertung von Wasserstofftankstellen (HRS-Modell)	ZBT, ET UDE	01.04.2021	30.09.2023
21806 N	Entwicklung eines standardisierten Verfahrens zur Überprüfung der Kaltstartfähigkeit und des Schadenverhaltens von Einzelkomponenten innerhalb von Polymer-Elektrolyt-Membran Brennstoffzellen	ZBT	01.06.2021	30.11.2023
21816 BG	Herstellung, Skalierung und Charakterisierung von Perowskit-Nanopartikeln für die Konstruktion neuartiger Elektroden zum Zweck der elektrolytischen Erzeugung chemischer Energieträger	IUTA, UP Transfer	01.04.2021	31.03.2023
21824 N	Entwicklung einer variablen mikrofluidischen Sensorplattform zur Online-Prozessüberwachung miniaturisierter Bioreaktoren	IFTC Uni Hannover, IUTA	01.06.2021	31.08.2023
21857 N	Die Prüfung von Adsorptionsfiltern gegenüber polaren VOC und Bewertung des Leistungsvermögens gegenüber Schadgasen nach ISO 10121-3	NPPT UDE, IUTA, MPI KF	01.10.2021	30.09.2023
21899 N	Entwicklung eines Konzepts für den Einsatz von digitalen Technologien im Scope 3 Carbon Accounting	Logistik TUHH	01.07.2021	30.06.2023
21965 N	Entwicklung eines inline-fähigen Verfahrens zur ressourcen- und energieeffizienten Herstellung dünner Funktionsschichten für die nächste SOFC-Brennstoffzellengeneration	ZBT, IWE RWTH, FhG ILT	01.08.2021	31.07.2023
21966 N	Alterung von Aktivkohlen in Sicherheitsfiltern und bei der Lagerung	IUTA, TVT UDE	01.08.2021	31.01.2024
21971 N	Entwicklung strukturierter Metallfolien als neuartige poröse Transportschichten für die Wasserelektrolyse	ZBT, LAT RU-Bochum	01.09.2021	29.02.2024

Forschungsprojekte anderer Forschungsvereinigungen mit Beteiligung des IUTA im Jahr 2021

AiF-Vorh.-Nr.	Titel/Thema	Forschungsstellen	Laufzeit Anfang	Ende
21330 N	Einfluss der lokalen Außenluftqualität und der empfohlenen RLT-Feinstaubfilter auf die Zuluftqualität während des Realbetriebs	IVG UDE, IUTA	01.10.2020	30.06.2023

Institutskürzel	Name der Forschungsstelle
AMO	Gesellschaft für Angewandte Mikro- und Optoelektronik mbH, Aachen
AOC Uni Köln	Universität Köln, Institut für Anorganische Chemie, Lehrstuhl für Anorganische und Materialchemie
bifa	bifa Umweltinstitut GmbH, Augsburg
Bionik HS Bremen	Hochschule Bremen, Fakultät Natur und Technik, Fachrichtung Bionik
BWL TU München	Technische Universität München, Forschungsinstitut Unternehmensführung, Logistik und Produktion
CMP U Paderborn	Universität Paderborn, Coatings, Materials & Polymers, Technische Chemie – Arbeitskreis Bremser
DFI	DECHEMA Forschungsinstitut, Frankfurt
DTNW	Deutsches Textilforschungszentrum Nord-West e.V., Krefeld
ET UDE	Universität Duisburg-Essen, Maschinenbau, Professur Energietechnik
EVT TUD	Technische Universität Dresden, Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik
ExPhys I Uni Augsburg	Universität Augsburg, Institut für Physik, Lehrstuhl für Experimentalphysik I
FEM	fem Forschungsinstitut Edelmetalle und Metallchemie, Schwäbisch Gmünd
FhG IAP	Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP, Potsdam
FhG IFAM	Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Dresden
FhG IKTS	Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS Standort Hermsdorf
FhG ILT	Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT, Aachen
FhG UMSICHT	Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik UMSICHT, Oberhausen
FIZ	Forschungsinstitut der deutschen Zementindustrie, Düsseldorf
FT Mittweida	Hochschule Mittweida (FH), Fachgruppe Fertigungstechnik
GEML Uni Hannover	Leibniz Universität Hannover, Institut für Grundlagen der Elektrotechnik, Fachgebiet Sensorik und Messtechnik
HSG IMIT	Institut für Mikro- und Informationstechnik der Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung e.V., Villingen-Schwenningen
HZG	Helmholtz-Zentrum hereon GmbH, Geesthacht
IDT H-BRS	Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg, Institut für Detektionstechnologien
IFTC Uni Hannover	Leibniz Universität Hannover, Institut für Technische Chemie
IMCS TU Freiberg	TU Bergakademie Freiberg, Lehrstuhl für Internationales Management und Unternehmensstrategie
INP Greifswald	Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V. (INP Greifswald)
IPC HHU	Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Institut für Physikalische Chemie, Flüssigphasen-Laserspektroskopie
IPH Hannover	Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH
IPRI	IPRI – International Performance Research Institute gGmbH, Stuttgart
ITMC RWTH Aachen	RWTH Aachen, Institut für Technische und Makromolekulare Chemie
IUTA	Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V., Duisburg
IVG UDE	Universität Duisburg-Essen, Institut für Verbrennung und Gasdynamik
IWE RWTH	RWTH Aachen, Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik 2
KLU	Kühne Logistics University; Hamburg
LAT RU-Bochum	Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Laseranwendungstechnik
Logistik TUHH	TU Hamburg-Harburg, Institut für Logistik und Unternehmensführung
LSO TU München	Technische Universität München, Lehrstuhl für Strategie und Organisation
Mikrotech WHS	Westfälische Hochschule Gelsenkirchen, Westfälisches Energieinstitut, Arbeitsgruppe Mikrotechnik
MPI EF	Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH, Düsseldorf
MPI KF	Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, Mülheim
MVT BTU	Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Lehrstuhl Mechanische Verfahrenstechnik
MVT Uni KL	Technische Universität Kaiserslautern, Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik
MX Uni Saarland	Universität des Saarlandes, Lehrstuhl für Physikalische Chemie und Didaktik der Chemie
NEXT ENERGY	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Vernetzte Energiesysteme, Oldenburg
NPPT UDE	Universität Duisburg-Essen, Lehrstuhl Nanopartikel-Prozesstechnologie
PTB HHU	Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Institut für Pharmazeutische Technologie und Biopharmazie

PTS-IZP	Papiertechnische Stiftung Papiertechnisches Institut PTS-IZP, Heidenau
TCHEM II UDE	Universität Duisburg-Essen, Lehrstuhl für Technische Chemie II (Prof. Ulbricht)
TCHEM UDE	Universität Duisburg-Essen, Lehrstuhl für Technische Chemie I (Prof. Barcikowski)
TFI RWTH	TFI – Institut für Bodensysteme an der RWTH Aachen e.V.
TFT KIT Karlsruhe	Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Thermische Verfahrenstechnik, Professur Thin Film Technology
TUM Hydrochem	Technische Universität München, Institut für Wasserchemie und Chemische Balneologie
TVT UDE	Universität Duisburg-Essen, Fakultät Ingenieurwissenschaften, Lehrstuhl Thermische Verfahrenstechnik
UP Transfer	UP Transfer GmbH an der Universität Potsdam
WEI WHS	Westfälische Hochschule Gelsenkirchen, Westfälisches Energieinstitut, AG Wasserstoffenergiesysteme
wfk	Forschungsinstitut für Reinigungstechnologie e.V., Krefeld
WI Uni P	Universität Potsdam, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Electronic Government
wki	Fraunhofer Institut für Holzforschung – Wilhelm-Klauditz-Institut (WKI), Braunschweig
ZBT	Zentrum für BrennstoffzellenTechnik gGmbH, Duisburg

4.7 Veranstaltungen

12. IUTA-FiltrationsTag

09.11.2021 online

Der IUTA-FiltrationsTag fand am 09. November 2021 zum mittlerweile 12. Mal statt. Nachdem die Veranstaltung im Vorjahr aufgrund der Corona-Pandemie ausgefallen war und sich die Infektionslage auch im Herbst 2021 nicht besser darstellte, wurde der FiltrationsTag erstmals ausschließlich online durchgeführt. Aus aktuellem Anlass wurde als Thema „Filtration und COVID-19“ gewählt, für das namhafte Vortragende gewonnen werden konnten. Mit rund 200 Teilnehmer:innen war die Veranstaltung sehr gut besucht.

Zu Beginn legten Dr. Christof Asbach (IUTA) und Dr. Gerhard Scheuch (GS Bio-Inhalation) die Grundlagen mit Vorträgen zum Verhalten von Aerosolpartikeln und der Bildung von Aerosolpartikeln bei der Atmung. Sie wiesen darauf hin, dass Viren vorrangig bei der Atmung ausgestoßen werden und dass man hinsichtlich des Infektionsgeschehens zwischen direkten und indirekten Infektionen unterscheiden muss. Die bekannten lufthygienischen Maßnahmen, wie Atemschutzmasken oder Raumluftreiniger greifen dabei immer nur einzelne Infektionspfade auf und sollten entsprechend komplementär verstanden werden, um das Infektionsrisiko zu minimieren. Prof. Ernest Weingartner (Fachhochschule Nordwestschweiz) griff in seinem Vortrag diese Grundlagen auf und berichtete darüber, wie gut Masken in der Lage sind, feine Aerosolpartikel zu filtern. Er wies dabei ausdrücklich auf die Unterschiede zwischen Community-, medizinischen und FFP2-Masken sowie auf die Wichtigkeit des Dichtsitzes der Masken am Gesicht hin. Nach einem Übersichtsvortrag von Dr. Stefan Haep (IUTA) zu coronarelevanten Forschungsaktivitäten im IUTA behandelten die verbleibenden Vorträge die Möglichkeiten zur Verbesserung der Raumluftqualität durch mobile und stationäre Lüftungsanlagen. Dr. Stefan Schumacher führte die Zuhörer in die Effektivität von Raumluftreinigern zur Senkung des Infektionsrisikos ein und stellte die Ergebnisse aus normgerechten Luftreinigerprüfungen den Erkenntnissen aus Untersuchungen unter realitätsnahen Bedingungen, z. B. in einer Schule, gegenüber. Christian Barthel (Dassault Systèmes, Simulia) ging in seinem Beitrag auf die Möglichkeiten zur Optimierung der Raumluftqualität mithilfe numerischer Strömungssimulationen ein. Er zeigte hierfür Ergebnisse aus unterschiedlichen Szenarien, von Büroräumen bis hin zur Virenausbreitung in Krankenhäusern und in Konzerthäusern. Abgeschlossen wurde der Vortragsteil der Veranstaltung durch einen Beitrag von Thomas Wolter (Trox GmbH), der die unterschiedlichen Effizienzen von Fensterlüftung, mobilen Luftreinigern und Lüftungsanlagen beleuchtete.

Nach jedem einzelnen Vortrag stand Zeit für Diskussionen zur Verfügung, die von den Teilnehmer:innen rege genutzt wurde. Nach der Veranstaltung erhielt das IUTA sehr positive Rückmeldungen. Allerdings wurde vielfach angemerkt, dass der typische Charakter des FiltrationsTages als Netzwerkveranstaltung unter dem pandemiebedingt gewählten Online-Format gelitten habe. Der 13. IUTA-FiltrationsTag wird daher am 8. November 2022 wieder als Präsenzveranstaltung stattfinden, sofern die Corona-Situation es zulässt.

Abb. 4-1: Screenshot mit den Vortragenden des 12. FiltrationsTages

Fortbildung: „Sicherer Umgang mit Zytostatika“

23. + 24.09.2021 in Duisburg als Hybridveranstaltung

Die Fortbildung „Sicherer Umgang mit Zytostatika“ wird seit über 20 Jahren regelmäßig vom IUTA durchgeführt. Bedingt durch die Corona-Pandemie mussten seit dem Jahr 2020 neue Wege beschritten werden. Nach der ersten erfolgreichen Online-Veranstaltung im November 2020 konnte im September 2021 mit einem gut erarbeiteten Hygienekonzept erstmalig eine Hybridveranstaltung mit 18 Teilnehmer:innen in Präsenz in Duisburg (unter strikter Beachtung der Corona-Schutzmaßnahmen) und 17 Online-Teilnehmer:innen durchgeführt werden. Alle Teilnehmer:innen haben sowohl die Präsenz- als auch die Online-Veranstaltung sehr positiv bewertet und konnten durch die kleinen Gruppengrößen in den Präsenz-Workshops sowie in dem „Workshop@Home“-Konzept viele Tipps für die Praxis mitnehmen.

Abb. 4-2: Praxis-Workshop: „Workshop@Home“-Konzept bei der Hybrid-Fortbildung

Abb. 4-3: Praxis-Workshop in Präsenz

IUTA-Veranstaltungskalender 2021

19. Januar	Kick-off-Meeting IGP-Netzwerktreffen LADS	online
27. Januar	Industrieausschuss IGF-Vorhaben Nr. 21323 N: „Entwicklung von in situ Antifouling-Beschichtungen für Umkehrosmose-Membranmodule in spezifischen Anwendungen“	online
1. Februar	Industrieausschuss IGF-Vorhaben Nr. 21335 N: „Sensorische Prozessüberwachung in Umkehrosmoseanlagen“	online
16. Februar	Kick-Off Meeting ZIM-Netzwerk ViProNet – Innovationsnetzwerk für innovativen Virusschutz und Pandemieprävention	online
23. Februar	Sitzung des Forschungsbeirats	online
25. Februar	2. IGP-Netzwerktreffen LADS	online
25. Februar	Industrieausschuss IGF-FV Nr. 20688 N: „Entwicklung eines photoakustischen Tandemresonators (PATR) zur In-situ- und Online-Detektion von Öldampf und Öltröpfchen in komprimierten Aerosolen bei Drücken bis 300 bar (EPATIKA)“	online
25. Februar	Fachgespräch zum UBA-Forschungsprojekt „Experimentelle Bestimmung typischer Profile von polychlorierten Dibenzodioxinen und -furanen (PCDD/F) in der Luft in einer von holzbetriebenen Heizungen stark belasteten Region und zusätzlich Ermittlung von PCDD/F und polychlorierten Biphenylen (PCB) im ländlichen Hintergrund“	online
25.+ 26. Februar	Projekttreffen BMBF-Projekt InnoMat.Life – Innovative Materialien und neue Produktionsverfahren: Sicherheit im Lebenszyklus und der industriellen Wertschöpfung	online (BfR Berlin)
4. März	6. Projektmeeting zum BMBF-Vorhaben „Erforschung und Erschließung des Bioraffinerie-Nutzungspotenzials phosphorhaltiger Biomoleküle für nachhaltige Anwendungen im Sinne einer effizient-ökonomischen Rohstoff-Veredelung“ NPBioPhos	online
5. März	Industrieausschuss InnoKom Projekt 49VF200049: „VKA Control – Neue Bewertungsmethodik der Hygiene von Verdunstungskühlanlagen im Hinblick auf Legionellen“	online
25. März	1st Joint European Network Meeting ViProNet, Healthy Indoor, CleanAir and Indoor Air Quality ecosystem	online
25. März	Industrieausschuss IGF-Vorhaben Nr. 21482 N: “CO_2-Abtrennung aus aufbereitetem Biogas mittels aminfunktionalisierter Adsorbentien als Vorstufe eines energieeffizienten Verfahrens zur Erzeugung von LBG“	online
30. März	Industrieausschuss IGF-Vorhaben Nr. 21279 N: “Entwicklung von Detektionssystemen mit elektrochemisch aktiven Oberflächen zur online Überwachung von Filteranlagen“	online
13. April	4. ZIM-Netzwerktreffen LocaSenZ – Sensorik und Messtechnik für die schnelle qualitative und quantitative Vor-Ort-Analytik	online
5. Mai	Industrieausschuss IGF-Vorhaben Nr. 21747 N: „LegioAir – Freisetzungsmechanismen legionellenhaltiger Aerosole aus Verdunstungskühlsystemen und Bestimmungsmethoden für das Ausbruchsmanagement“	online
17. Mai	Industrieausschuss IGF-Projekt 21330 N: „Einfluss der lokalen Außenluftqualität und der empfohlenen RLT-Feinstaubfilter auf die Zuluftqualität während des Realbetriebs“	online
8. Juni	Industrieausschuss IGF-FV Nr. 21783 N: „Entwicklung langzeitstabiler Filter mit geringem Druckverlust auf Basis elektrisch leitfähiger getufteter Strukturen zum Einsatz in Raumluftreinigern (PureAir)“	online
8. Juni	Mitgliederversammlung IUTA und Verwaltungsratssitzung	online
15. Juni	Industrieausschuss IGF-Projekt 20388 BG: „Absorptions- und Reemissionsvorgänge von Quecksilber in Wäschern zur Entschwefelung von Verbrennungsabgasen“	online
22. Juni	2. ZIM-Netzwerk ViProNet – Innovationsnetzwerk für innovativen Virusschutz und Pandemieprävention	online
24. Juni	Industrieausschuss IGF-Projekt 19900 BG: „Entwicklung einer modularen Wasch- und Aktivierungseinheit mit Reagenzeindüsung in AC/DC-Plasmen zur Inline-Funktionalisierung und direkten Nassabscheidung von Nanopartikeln aus der Gasphasensynthese für stabile, prozessierbare Suspensionen (WARP)“	online

30. Juni	Industrieausschuss IGF-FV Nr. 20781 „Verfahrensentwicklung zur Bestimmung der Proteinkonformation auf Basis der oberflächenverstärkten Ramanspektroskopie am Beispiel monoklonaler Antikörper (SERS-PC)“	online
8. – 9. Juli	Workshop „Agiles Projektmanagement“	Mercure Hotel, Duisburg
9. Juli	Industrieausschuss IGF-Projekt 19695 N: „Weiterentwicklung eines thermochemischen Wärmespeichers für Hochtemperaturanwendungen bis 550 °C“	online
31. August	Industrieausschuss IGF-Projekt 20350 N: „Mehrphasenströmungssimulation zur verfahrenstechnischen Optimierung der Herstellung prozessierbarer Dispersionen aus hochspezifischen gasgetragenen Nanopartikeln mittels direkter Überführung in Trägerflüssigkeiten (ODIN)“	online
31. August	Industrieausschuss IGF-Projekt 20761 N: „Wasserstoffabtrennung aus Erdgas / Wasserstoffgemischen durch Metallhydride“	online
6. September	Industrieausschuss IGF-Projekt 21582 N: „Optimierung und Bewertung von Prozessketten zur chemischen CO_2-Verwertung für die Emissionsminderung in der Zementindustrie“	online
7. September	Sitzung des Forschungsbeirats	online
14. September	Industrieausschuss IGF-Projekt 21816 N: „Herstellung, Skalierung und Charakterisierung von Perowskit-Nanopartikeln für die Konstruktion neuartiger Elektroden zum Zweck der elektrolytischen Erzeugung chemischer Energieträger (H2O-PRO)“	online
21. September	NanoCare 4.0 Clustertreffen (Projekt InnoMat.Life)	online
22. September	Industrieausschuss IGF-Projekt 21784 N: „Entwicklung und Optimierung eines Herstellungsverfahrens für korrosionsbeständige graphenbasierte Materialien im Pilotmaßstab für die Anwendung als Katalysatorträgermaterial in Kathoden von Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzellen (GRAPHKAT)“	online
23. – 24. September	Fortbildung „Sicherer Umgang mit Zytostatika“	Mercure Hotel, Duisburg
5. Oktober	Industrieausschuss IGF-FV Nr. 21280 N: „Entwicklung und Validierung eines Totalreflexions-Resonanz-Raman-Fluoreszenz-Detektors für die Flüssigkeitschromatografie in der pharmazeutischen Qualitätskontrolle (LC-TRR-FLD)“	online
6. Oktober	Industrieausschuss IGF-Projekt 21283 N: „Praxisnahe Labortests mobiler Entstaubungssysteme mit abreinigbaren Filtern“	online
25. – 26. Oktober	Workshop „Konfliktmanagement“	Universität Duisburg-Essen, Essen
27. Oktober	Industrieausschuss IGF-Projekt 20478 N: „Entwicklung von Verfahren zur Bestimmung und Elimination von Nitrosaminen bei der (Ab-)Wasseraufbereitung mittels Ozon (Nitr-O-zon)“	online
28. Oktober	Sitzung des Wissenschaftlichen Kuratoriums	online
3. November	Industrieausschuss IGF-Projekt 21155 N: „Herstellung von nanomaterialbasierten Liquiden zur Optimierung der Solarthermie (HELIOS)“	online
4. November	Industrieausschuss IGF-Projekt 21857 N: “Prüfung von Adsorptionsfiltern gegenüber polaren VOC und Bewertung des Leistungsvermögens gegenüber Schadgasen nach ISO 10121-3“	online
8. November	Mitgliederversammlung IUTA und Verwaltungsratssitzung	online
8. November	Mitgliederversammlung FVEU	online
9. November	12. IUTA-FiltrationsTag	online
10. November	7. Projektmeeting zum BMBF-Vorhaben „Erforschung und Erschließung des Bioraffinerie-Nutzungspotenzials phosphorhaltiger Biomoleküle für nachhaltige Anwendungen im Sinne einer effizient-ökonomischen Rohstoff-Veredelung“ NPBioPhos	online
11. November	Industrieausschuss IGF-FV Nr. 21966 N: „Alterung von Aktivkohlen in Sicherheitsfiltern und bei der Lagerung“	online
22. November	Industrieausschuss IGF-Projekt 21330 N: „Einfluss der lokalen Außenluftqualität und der empfohlenen RLT-Feinstaubfilter auf die Zuluftqualität während des Realbetriebs“	online

7. Dezember	Industrieausschuss IGF-Projekt 20254 N: „Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten von Elektrofiltern in der Raumlufttechnik unter besonderer Berücksichtigung der Energieeffizienz“	online
8. Dezember	Industrieausschuss IGF-FV Nr. 21824 N „Entwicklung einer variablen mikrofluidischen Sensorplattform zur Online-Prozessüberwachung miniaturisierter Bioreaktoren“ (VaMiSeP)	online
9. Dezember	Industrieausschuss IGF-Projekt 19695 N: „Weiterentwicklung eines thermochemischen Wärmespeichers für Hochtemperaturanwendungen bis 550 °C“	online
14. Dezember	Industrieausschuss IGF-Projekt 30392 N: „Der Einfluss der Staubbeladung auf die chemische Alterung abreinigbarer Filtermedien – Laborversuche vs. Alterung der Medien im realen Einsatz in industriellen Anlagen“	online
14. Dezember	Kick-off-Meeting ZIM-Netzwerk PLaNet – Innovationsnetzwerk physikalische und datenbasierte Vernetzung des digitalen, automatisierten Labors mit der Prozesstechnologie	online
14. Dezember	8. Projektmeeting zum BMBF-Vorhaben „Erforschung und Erschließung des Bioraffinerie-Nutzungspotenzials phosphorhaltiger Biomoleküle für nachhaltige Anwendungen im Sinne einer effizient-ökonomischen Rohstoff-Veredelung“ NPBioPhos	online
17. Dezember	Industrieausschuss IGF-FV Nr. 20688 N: „Entwicklung eines photoakustischen Tandemresonators (PATR) zur In-situ- und Online-Detektion von Öldampf und Öltröpfchen in komprimierten Aerosolen bei Drücken bis 300 bar (EPATIKA)“	online

4.8 Mitarbeit in Ausschüssen und Arbeitskreisen

Prof. Dr.-Ing. D. Bathen

Vorstandsvorsitzender der Johannes-Rau-Forschungsgemeinschaft (JRF)
Vorsitzender ProcessNet-Fachausschuss „Adsorption“ (DECHEMA/VDI-GVC)
Gewählter Fachgutachter der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF)
Mitglied des Präsidiums des FIR e.V., JRF-Forschungsinstitut an der RWTH Aachen
Berufenes Mitglied im Fachbeirat „Umweltschutztechnik“ der Kommission Reinhaltung der Luft (VDI-KRdL)
Obmann VDI-Richtlinie 3674 „Abgasreinigung durch Adsorption“
Obmann VDI-Richtlinie 3928 „Abgasreinigung durch Chemisorption“
Gutachter für diverse Forschungsförderer und Fachzeitschriften

Dr.-Ing. S. Haep

Gutachter für das EU-H2020-Programm
Gewählter Fachgutachter der AiF (Gutachtergruppe 2: Verfahrenstechnik und Energietechnik)
Mitglied Forschungsbeirat und Aufsichtsrat ZBT
Mitglied Forschungsbeirat fem
Mitglied Beirat AiF-Forschungsallianz Energiewende
Mitglied der Expertengruppe Power-to-Gas der Energieagentur NRW
Mitglied der AiF-Forschungs- und Transferallianz Wasserstoff
Gutachter für das Zypriotische Restart Program for Research, Technological Development and Innovation

Dipl.-Ing. J. Schiemann

Berufenes Mitglied im Richtlinienausschuss VDI 2343 „Recycling elektrischer und elektronischer Geräte“
Berufenes Mitglied im Normenausschuss VDI 2292 „Emissionsminderung bei Kühlgeräterecyclinganlagen – Kennwerte für die Trockenlegung und Entgasung“
Berufenes Mitglied im Normenausschuss VDI 3468 „Emissionsminderung-Anlagen zur chemisch-physikalischen Behandlung von Abfällen“
Berufenes Mitglied im deutschen Spiegelgremium der Cenelec, DKE AK 191.0.6 für EN 50626-X, EN 50-574-X
Zertifizierter WEEELABEX Auditor für EAR
Zertifizierter WEEELABEX Special Auditor für TEE
Zertifizierter WEEELABEX Lead Auditor

Dr.-Ing. C. Asbach

Präsident und Vorstandsmitglied der Gesellschaft für Aerosolforschung (GAeF)
Berufenes Mitglied im ProcessNet-Fachausschuss „Partikelmesstechnik“
Chairman der EU-US Community of Research (CoR) „Exposure along the lifecycle“
Chairman der Working Group Aerosol Measurement Techniques der European Aerosol Assembly (EAA)
Editor der Fachzeitschrift „Aerosol & Air Quality Research“
Editorial Board Member der Fachzeitschrift „Journal of Aerosol Science“
Mitglied des Redaktionsbeirats der Fachzeitschrift „Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft“
Berufenes Mitglied der VDI-DIN-Arbeitsgruppe „Messen von Partikeln in der Außenluft – Bestimmung der Partikelanzahl“ in der KdRL
Mitglied der CEN/TC137/WG3: Assessment of Workplace Exposure – Particulate Matter sowie des DIN-Spiegelgremiums NA 095-03-01-01 AK „Staub“
Mitglied der CEN/TC264/WG32: Ambient Air – Particle Number Concentration
Gutachter für die Max-Buchner-Forschungsstiftung der DECHEMA
Gutachter für die Canada Foundation for Innovation
Gutachter für die Alexander-von-Humboldt-Stiftung
Gutachter für die Cyprus Research Promotion Foundation

Gutachter für die Deutsche Forschungsgemeinschaft
Gutachter für die Forschungsförderung der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
Gutachter für Danish Innovation Fund

M. Sc. N. Bätz

Mitglied im DIN Arbeitskreis NA 119-01-03-05-13 AK: “Planar Yeast Estrogen Screen (p-YES)“

Dipl.-Ing. F. Blauth

Mitglied im Arbeitskreis Mikroschadstoffe der Deutschen Gesellschaft für Membrantechnik
Mitglied im Arbeitskreis Digitalisierung der Deutschen Gesellschaft für Membrantechnik

Dr. rer. nat. L. Gehrmann

Berufenes Mitglied im DIN Arbeitskreis NA 119-01-03-05-09 „Hormonelle Wirkungen (Xenohormone)“

Dipl.-Ing. A. Hugo

Berufenes Mitglied im Richtlinienausschuss der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN VDI 4285 Bl. 3 „Emissionsbestimmung bei diffusen Quellen“

M. Klein

Jungorganisation der Fachgruppe Umweltchemie & Ökotoxikologie (jUCÖT – GDCh)

Dr. rer. nat. S. Peil

Mitglied im ProcessNet-Arbeitsausschuss Thermische Energiespeicherung

Dr.-Ing. U. Sager

Berufenes Mitglied des Richtlinienausschusses VDI 3677-2 Filternde Abscheider

Dr. rer. nat. S. Schumacher

Nationaler Experte im Normungskomitee IEC TC 59 SC 59N „Electrical air cleaners for household and similar purposes“
Vorsitzender der Arbeitsgruppe WG 1 in IEC TC 59 SC 59N „Reduction of particles“
Vorsitzender des Spiegelgremiums DKE/AK 513.2.5 „Elektrische Luftreiniger für Haushalt und ähnliche Zwecke“
Mitglied im Normungsgremium DKE/UK 513.10 „Kleingeräte“
Mitglied im Normungsgremium DKE/AK 513.2.5 „Dunstabzugshauben“
Mitglied im Spiegelausschuss NA 060-09-21 AA zu CEN/TC 195 und ISO/TC 142 im Fachbereich Allgemeine Lufttechnik
Mitglied im Fachausschuss VDI/VDE-GMA FA 262 „Multigassensorik“
Mitglied im Normungsgremium NA 134-04-04-18 UA „Prüfkriterien für mobile Luftreiniger“

Dr. rer. nat. J. Türk

DIN-Unterausschuss NA 119-01-03-02 UA „Organische Verbindungen“
DIN-Arbeitskreis NA 119-01-03-02-16 AK „LC-MS/MS Verfahren“
DIN Gemeinschaftsarbeitsausschuss NAW/FNK NA 119-01-06 GA „Mikrokunststoffe“
DIN-Arbeitskreis NA 119-01-06-01 AK „Probenahme und Probenvorbereitung“
DIN-Arbeitskreis NA 119-01-06-03 AK „Thermoanalytische Verfahren“
DWA-Arbeitsgruppe IG-2.33 „Abwasser aus Laboreinrichtungen“
DWA-Arbeitsgruppe GB-5.1 „Spurenstoffmonitoring von Eintragspfaden und Fließgewässern“
Fachausschuss „Oxidative Verfahren“, Wasserchemische Gesellschaft – Fachgruppe in der Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V. (GDCh)
Fachausschuss „Non Target Screening“, Wasserchemische Gesellschaft – Fachgruppe in der Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V. (GDCh)

Dipl.-Ing. M. Vogt

Berufenes Mitglied des Richtlinienausschusses VDI 4635 Power-to-Gas
Mitglied des Forschungsnetzwerks Energie
Mitglied der Expertengruppe Power-to-Gas der Energieagentur NRW
Mitglied im Netzwerk Biomasse NRW der Energieagentur NRW
Mitglied des Netzwerks Kraftwerkstechnik der Energieagentur NRW

M. Sc. Laura Welp

Mitglied im Normenausschuss NA 134-03-07-03 UA Unterausschuss „Probenahme von Bioaerosolen und Erzeugung von Biotestaerosolen“
Mitglied im Normenausschuss NA 134-03-07-12 UA Unterausschuss Ausbruchsmanagement Legionellen im Arbeitskreis NA 134-03-07-12-02 AK – Gefährdungsbeurteilung Legionellen (VDI 4250 Blatt 2)
Mitglied im Normungsausschuss 134-04-03-17 UA Unterausschuss „Unbemannte Flug-Messsysteme: Erfassen von Immissionen, Emissionen und weitere Einsatzzwecke“
VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL)

Dr. rer. nat. Matthias Wittmar

Mitglied im Normungsgremium ISO/TC118/SC4/WG1 „Measurement of contaminants in compressed air and performance testing of compressed air equipment“

4.9 Mitglieder des Verwaltungsrats des IUTA e.V.

Vorsitzender

Prof. Dr.-Ing. Dieter Schramm,
Universität Duisburg-Essen

Stellvertreter

Dr. Birgit Beisheim,
Duisburg

Raik Schönfeld
TALAMON GmbH, Premnitz

Berufene Mitglieder

Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA), Duisburg

Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf

Niederrheinische Industrie- und Handelskammer Duisburg-Wesel-Kleve, Duisburg

Stadt Duisburg

Universität Duisburg-Essen

Gewählte Mitglieder

Dr. Birgit Beisheim,
Duisburg

Dr. Frieder Dreisbach,
TA Instruments, Hüllhorst

MR a.D. Holger Ellerbrock,
Duisburg

Dr. rer. nat. Günther Holtmeyer,
Oberhausen

Dipl.-Ing. Leander Mölter,
Wörth am Rhein

Prof. Dr.-Ing. Bernd Neukirchen,
München

Prof. Dr. Hermann Josef Roos,
EGK Entsorgungsgesellschaft Krefeld GmbH & Co. KG

Raik Schönfeld,
TALAMON GmbH, Premnitz

Karl Schultheis,
Mitglied des Landtags NRW

Dr. Jürgen Timmler,
Parker Hannifin Manufacturing Germany GmbH & Co. KG, Kaarst

Petra Vogt,
Mitglied des Landtags NRW

4.10 Mitglieder des IUTA e.V.

AAF Lufttechnik GmbH, Heppenheim

Axel Semrau GmbH & Co. KG, Sprockhövel

Befesa Zinc Duisburg GmbH, Duisburg

Berner International GmbH, Elmshorn

Blücher GmbH, Erkrath

Boll & Kirch Filterbau GmbH, Kerpen

Carbon Service & Consulting GmbH &Co. KG, Vettweiß

DELBAG GmbH, Herne

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V., Quakenbrück

Deutsches Reinraum-Institut e.V., Berlin

Donaldson Filtration Deutschland GmbH, Haan

EGK Entsorgungsgesellschaft Krefeld GmbH & Co. KG

Ehrler Prüftechnik Engineering GmbH, Niederstetten

EMW Filtertechnik GmbH, Dietz

ete.a – Ingenieurgesellschaft für Energie- und Umweltengineering & Beratung mbH, Lich

Evonik Operations GmbH, Hanau

FST GmbH, Essen

Gebrüder Lödige Maschinenbau GmbH, Paderborn

Green Chiller Verband für Sorptionskälte e.V., Berlin

Hauser Umweltservice GmbH, Dorsten

Hengst SE, Münster

Hochschule Niederrhein, Krefeld

Hollingsworth & Vose GmbH, Hatzfeld/Eder

Idealfilter GmbH, Wuppertal

IPH – Institut für integrierte Produktion Hannover gGmbH, Hannover

K + K Wissen GmbH & Co. KG, Köln

Mann+Hummel GmbH, Ludwigsburg

more-Cat GbR, Kamp-Lintfort

National-Bank AG, Duisburg

New Environmental Technology GmbH, Mannheim

Palas® GmbH, Partikel- und Lasermesstechnik, Karlsruhe

PAN Applied Chemistry GmbH, Kerpen

Parker Hannifin Manufacturing Germany GmbH & Co. KG, Kaarst

QVKE e.V., Grevenbroich

Stadt Duisburg

Stadtwerke Duisburg AG, Duisburg

TA Instruments, Hüllhorst

TALAMON GmbH, Premnitz

Topas GmbH, Dresden

TSI GmbH, Essen

Trox GmbH, Neukirchen-Vluyn

TWE GmbH & Co. KG, Emsdetten

Universität Duisburg-Essen

Vaillant GmbH, Remscheid

Verein zur Förderung des ZBT, Duisburg

VSS Umwelttechnik GmbH, Troisdorf

Zentrum für BrennstoffzellenTechnik ZBT GmbH, Duisburg

sowie 22 persönliche Mitglieder

Mitglieder im Bereich *Industrielle Gemeinschaftsforschung:*

AAV – Verband für Flächenrecycling und Altlastensanierung, Hattingen

AMO GmbH, Aachen

Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V., Bonn

Deutsche Gesellschaft für Abfallwirtschaft e.V., Berlin

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V., Quakenbrück

Deutsches Textilforschungszentrum Nord-West gGmbH, Krefeld

Forschungsinstitut für Edelmetalle und Metallchemie, Schwäbisch Gmünd

Förderverein Institut für angewandte Bauforschung Weimar e.V.

Fraunhofer IKTS, Hermsdorf

Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP, Potsdam

Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, Oberhausen

Friedrich-Alexander-Universität, Erlangen

Gesellschaft zur Förderung angewandter Information e.V., Berlin

Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Institut für Pharmazeutische Technologie und Biopharmazie

Hochschule Mittweida, Mittweida

Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH, Dresden

IPRI – International Performance Research Institut gGmbH, Stuttgart

Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., Greifswald

Netzwerk ZENIT e.V., Mülheim an der Ruhr

Oel-Wärme-Institut GmbH, Herzogenrath

Palas® GmbH, Partikel- und Lasermesstechnik, Karlsruhe

Parker Hannifin Manufacturing Germany GmbH & Co. KG, Kaarst

RWTH Aachen, Institut für Technische und Makromolekulare Chemie

TCW Transfer-Centrum GmbH & Co. KG, München

Technische Universität Bergakademie, Freiberg

Technische Universität München, Forschungsinstitut für Unternehmensführung, Produktion und Logistik

Technische Universität München, Lehrstuhl für Energiesysteme

Technische Universität München, Lehrstuhl Strategie und Organisation

TuTech Innovation GmbH, Hamburg

Universität Duisburg-Essen, Institut für Produkt Engineering, Duisburg

Universität Duisburg-Essen, Institut für Verbrennung und Gasdynamik, Duisburg

Universität Duisburg-Essen, Lehrstuhl Energietechnik, Duisburg

Universität Duisburg-Essen, Lehrstuhl Thermische Verfahrenstechnik, Duisburg

Universität Potsdam, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, Prozesse und Systeme

UP Transfer GmbH an der Universität Potsdam

Verein zur Förderung der Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik e.V., Oberhausen

Westfälische Hochschule Gelsenkirchen Bocholt Recklinghausen, Westfälisches Energieinstitut/Wasserstoffenergiesysteme, Gelsenkirchen

wfk – Cleaning Technology Institute e.V., Krefeld

Zentrum für BrennstoffzellenTechnik ZBT GmbH, Duisburg

sowie 4 persönliche Mitglieder

4.11 Mitglieder des Forschungsbeirats des IUTA e.V.

Vorsitzender

Dr. Arthur Heberle, Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe GmbH, Duisburg

Stellvertreter

Prof. Dr.-Ing. Klaus Gerhard Schmidt, Kleinmachnow

Mitglieder – Industrie

26 Mitglieder

Mitglieder – Forschungseinrichtungen

6 Mitglieder

Mitglieder – Universitäten

10 Mitglieder

Mitglieder (Persönliche Mitglieder / ohne Zuordnung)

8 Mitglieder

4.12 Mitglieder des Wissenschaftlichen Kuratoriums

Prof. Dr. Hans-Jörg Bart,
Technische Universität Kaiserslautern

Prof. Dr.-Ing. Roger Gläser,
Universität Leipzig

Prof. Dr. rer. nat. Angelika Heinzel,
Zentrum für BrennstoffzellenTechnik GmbH,
Duisburg

Prof. Dr.-Ing. Stephan Scholl,
Technische Universität Braunschweig

Prof. Dr.-Ing. Christof Schulz,
Universität Duisburg-Essen, Duisburg

Prof. Dr. Isabell M. Welpe,
Technische Universität München

4.13 Kompetenzen der Abteilungen – expertise of departments

Abteilung: **Luftreinhaltung & Gasreinigung**
Department: **Air Quality & Gas Cleaning**
Abteilungsleitung / head of unit: Dr.-Ing. Stefan Haep (-204), haep@iuta.de

Gasreinigung hinter verfahrenstechnischen Prozessen	**Flue gas cleaning technologies**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Aerosolbildung und Abscheidung in der Abgasreinigung, Quecksilberabscheidung aus Abgasen, Vermessung von Wäschereinbauten im Technikumsmaßstab (z. B. Tropfenabscheider), Komponentenoptimierung (z. B. Nasselektrofilter), Konzeptanalysen und Gutachtenerstellung	Aerosol formation and separation in flue gas cleaning systems, mercury removal from flue gas, determination of scrubber internals in pilot plant scale, e. g. demister for droplet separation, optimization of unit operations, e. g. wet electrostatic precipitator, evaluation of gas cleaning plants and expertises	Dr.-Ing. Margot Bittig (-300) bittig@iuta.de M. Sc. Isabelle Klöfer (-223) kloefer@iuta.de Dipl.-Ing. Achim Hugo (-257) hugo@iuta.de M. Sc. Katharina Staack (-223) staack@iuta.de
Stoffstromaufbereitung durch Adsorptionsprozesse	**Mass flow treatment by adsorption**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Adsorptive Aufbereitung flüssiger und gasförmiger Prozessmedien, Abreinigung toxischer Stoffe (z. B. Quecksilber, NO_x) und produktschädigender Verunreinigungen (z. B. organische Komponenten) Anwendungsspezifische Ermittlung und Charakterisierung von Adsorbentien	Separation processes for solutions from liquid and gaseous process streams by adsorption, removal of toxic substances (e. g. mercury, NO_x) and product interfering impurities (e. g. organic substances), determination and characterization of custom-designed adsorbent materials	Dr.-Ing. Margot Bittig (-300) bittig@iuta.de Dipl.-Ing. Achim Hugo (-257) hugo@iuta.de M. Sc. Isabelle Klöfer (-223) kloefer@iuta.de
Sonderentwicklungen zur Luftreinhaltung	**Special applications for air purification**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Einsatz modifizierter Lichtwellenleiter zur oberflächennahen Beleuchtung TiO_2-beschichteter Strukturen für die Entwicklung photokatalytisch aktiver Filter, Anwendung von Ionisatoren zur bedarfsabhängigen Optimierung der Filtrationsleistung von Elektretfiltern	Application of light distributing textile structures with TiO_2-coating for the development of photocatalytically active filters. Application of ionizers to increase filtration performance of electret filters.	Dr.-Ing. Siegfried Opiolka (-255) opiolka@iuta.de Dipl.-Ing. Ahmed Bankodad (-255) bankodad@iuta.de
Numerische Mehrphasen-Strömungssimulation	**Computational fluid dynamics (CFD)**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Simulation (in-)stationärer Strömungsvorgänge, Modellierung der Partikeldynamik nach Lagrange und Euler, Mehrphasensimulation von Wärme- und Stofftransport mit und ohne chemischen Reaktionen, Entwicklung von Subroutinen zur spezifischen Anpassung der CFD-Software, Simulation der Partikelabscheidung in porösen Körpern/Filtern	Modeling of steady and unsteady flows, simulation of particle dynamics (Lagrange and Euler), multiphase simulation of heat and mass transfer with and without chemical reactions, individual adjustment of the CFD-software by user defined subroutines, modeling particle separation in porous structures and filter media	Dipl.-Ing. Till van der Zwaag (-131) vanderzwaag@iuta.de Dipl.-Ing. Thomas Engelke (-131) engelke@iuta.de Dipl.-Ing. Thomas Zeiner (-219) zeiner@iuta.de
Modellbildung verfahrenstechnischer Prozesse	**Chemical process modeling**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Abbildung verfahrenstechnischer Prozesse durch Simulationssoftware (Aspen Plus), Verfahrens-Optimierung (auch in Zusammenarbeit mit anderen Fachabteilungen des IUTA)	Chemical process modeling by software-tools (Aspen Plus), Process design and optimization of unit operations and process plants (in cooperation with other IUTA departments)	Dipl.-Ing. Achim Hugo (-257) hugo@iuta.de M. Sc. Sven Meschede (-155) meschede@iuta

Entwicklung von Sensorsystemen

Sensorsysteme auf Basis von Ultraschallwandlern und Infrarot-Sensoren (Thermopile-Array), z. B. zur Messung geringer Strömungsgeschwindigkeiten in turbulenzarmen Luftströmungen oder zur Lokalisierung von Personen (Personentracking) im Bereich strömungssensibler Anlagen,
Verfahren zur selektiven Detektion von Tracer-Partikeln, z. B. Fluoreszenzpartikel-Zähler und Bioaerosol-Detektorsystem

Development of Sensor Systems and Devices

Sensor systems based on ultrasonic transducers and infrared sensors (thermopile array), e.g. for measuring low flow velocities in low-turbulence air flows or for locating persons (person tracking) in the area of flow-sensitive systems.
Methods for the detection of tracer particles, e.g. fluorescent particle counter

Ansprechpartner/Contact person:

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

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

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

Ausbreitungsrechnungen

Immissionsprognosen nach TA Luft, Emissions-Immissionsbeziehung, Deposition, Quellstärkenbestimmung (z. B. von industriellen Anlagen), Verkehrsemissionen, Inverse Ausbreitungsrechnung, diffuse Emissionen, Bioaerosole,
Einsatz numerischer Modelle: AUSTAL2000, MISKAM©, FDM, CFD, Gutachtenerstellung

Dispersion modeling

Source emission rate estimation in legal air quality and emission control, e. g. according to TA Luft, dispersion modeling, deposition, industrial plants, street areas, fugitive dust emissions, reverse dispersion modeling,
Modeling 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

Rationelle Energienutzung

Energiekonzepte und Betriebsuntersuchungen,
Energiewirtschaftliche Bewertung von Optimierungsmaßnahmen,
Beurteilung der Energie- und CO_2-Effizienz von Anlagen,
Entwicklung von Benchmarkinginstrumenten zur Beurteilung der Energie- und Emissionseffizienz von energieintensiven Produktionsprozessen

Energy efficiency

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

Ansprechpartner/Contact person:

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

Optimierung von CCS

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

Optimization of CCS

Optimization of efficiency and effectiveness of CO_2 gas scrubbing by alternative packings,
optimization 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

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

Luftqualität Emissionen und Immissionen

Sonderemissions- und Immissions-messungen,
diffuse Quellen,
Tropfenmessung, Bioaerosole,
Maßnahmenplanung und -evaluierung.
Abhängig von der Aufgabenstellung kann hierfür auf im IUTA vorhandene spezielle Mess- und Analyseverfahren zurückgegriffen werden

Air quality, emission, ambient and indoor air

Specialized emission, ambient and indoor air measurements,
bio aerosols, fugitive dust emission,
abatement strategy planning and evaluation.
Depending on the specific task IUTAs special measurement and analysis methods can be applied

Ansprechpartner/Contact person:

Messkampagnen/-technik:
O. Sperber (-193)
sperber@iuta.de

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

M. Sc. Laura Welp (-223)
welp@iuta.de

Versuchsanlagen:
Dipl.-Ing. (FH) S. Kreckel (-219)
kreckel@iuta.de

Abteilung: **Filtration & Aerosolforschung**

Department: **Filtration & Aerosol Research**

Abteilungsleitung / head of unit: Dr.-Ing. Christof Asbach (-409), asbach@iuta.de
Dr. rer. nat. Stefan Schumacher (-409), schumacher@iuta.de

Kfz-Innenraum Filterprüfung	**Filter testing**	**Ansprechpartner/Contact person:**
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 %	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 %	Dipl.-Ing. Eckhard Däuber (-404) daeuber@iuta.de David Habryka (-408) habryka@iuta.de
Filtertests für die Druckluftreinigung	**Filter tests for compressed air cleaning**	**Ansprechpartner/Contact person:**
A) Messung nach ISO 12500 zur Bestimmung der Ölaerosolgehalte, Partikelgehalte, Öldampfgehalte und organischen und anorganischen Gasen für Volumenströme bis 50 m³/h, B) Messung in Anlehnung an ISO 12500 zur Bestimmung der Ölaerosolgehalte und Partikelgehalte für Volumenströme bis 3000 m³/h, C) Bewertung von Koaleszenzfiltern	A) Measurements according to ISO 12500 for determination of oil aerosol content, solid particle content, oil vapour content and organic and inorganic gaseous contents for flow rates up to 50 m³/h B) Measurements in the style of ISO 12500 for determination of oil aerosol content and solid particle content for flow rates up to 3000 m³/h C) Evaluation of coalescence filters	Dr. rer. nat. Matthias Wittmar (-424), wittmar@iuta.de Anna Caspari (-401) Caspari@iuta.de
Filtertests für die allgemeine Raumlufttechnik	**Testing of air filters for general ventilation**	**Ansprechpartner/Contact person:**
ISO 16890 (DIN EN 779): Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik (Bestimmung der Filtrationseigenschaften), Bestimmung des Abscheidegrades bei hohen Feuchten, Messung der Partikelabscheidung aus Dieselabgasaerosolen	ISO 16890 (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	Dipl.-Ing. Jörg Lindermann (-405) lindermann@iuta.de Dipl.-Ing. Eckhard Däuber (-404) daeuber@iuta.de
Test von Geruchsfiltern (Olfaktometrie)	**Test of odour-filters (Olfactometry)**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Dieselabgastest (Geruchsminderung durch Filtersysteme), Standardverfahren zur Geruchsabscheidung an Dünnschichtfiltern, Simultanmessung zur Geruchs- und Partikelabscheidung von Dieselabgasaerosolen	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	Dr. rer. nat. Stefan Schumacher (-407) schumacher@iuta.de
Geruchsmessung nach VDA 270 und DIN EN 13725, Geruchsanalytik (GC-MS-Sniffing, Chemometrie), Methodenentwicklung sensorische Geruchserkennung, olfaktometrische Bewertung von Filtersystemen, Methodenentwicklung für die olfaktometrische Materialbewertung, Immissionsprognosen zur Geruchsausbreitung (AUSTAL2000G), Forschungsarbeiten und Gutachten	Olfactometric measurement (VDA 270 und DIN EN 13725), odour analytic (GC-MS-Sniffing, Chemometry), R&D: sensory odour detection, validation of odour reduction methods, olfactometric validation of filter systems, methods for the olfactometric validation of materials, dispersion modelling for odour with AUSTAL2000G, applied research and expertises	Dr. rer. nat. Stefan Schumacher (-407) schumacher@iuta.de
Maßgeschneiderte Filterprüfung	**Tailored Filter Tests**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Tests neuartiger Filter bzw. bestehender Filter unter Bedingungen, die über die o. g. Normen hinausgehen	Tests of novel or existing filters under conditions beyond those defined in the aforementioned standards	Dr.-Ing. Christof Asbach (-409) asbach@iuta.de Dr. rer. nat. Ana Maria Todea (-188) todea@iuta.de

Prüfung von Anlagen zur Luftreinigung und Filtration	**Testing of air conditioning/ filtration facilities**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Untersuchung der Partikelabscheidung, z. B. durch Zyklone, Koaleszer, Staubsauger; Dieselruß-Abscheidung; Entwicklung von Prüfmethoden zur Beurteilung von technischen Systemen/Anlagen	Determination of particle separation in e. g. cyclones, coalescers, air cleaners or vacuum cleaners, development of testing methods for evaluation of equipment	Dr.-Ing. Wolfgang Mölter-Siemens (-400), moelter@iuta.de Dipl.-Ing. Jörg Lindermann (-405) lindermann@iuta.de
Adsorptive Gasreinigung	**Adsorptive gas separation**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Untersuchungen zum Adsorptionsgleichgewicht und zur Adsorptionskinetik mit der Strömungsmethode, Aufnahme von Durchbruchskurven, zyklische Ad- und Desorptionsprozesse, Mehrkomponentenadsorption	Adsorption equilibrium and kinetics by fixed bed method, determination of breakthrough curves, cyclic ad- and desorption processes, multicomponent adsorption	Dr.-Ing. Uta Sager (-402) sager@iuta.de
Entfernung von hochtoxischen Komponenten aus Gasen	Removal of toxic components from gas flows	Chem. Tech. Ute Schneiderwind (-406), schneiderwind@iuta.de
Bewertung von Raumluftreinigern	**Evaluation of Indoor Air Purifiers**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Untersuchung der Effizienz von Raumluftreinigern gemäß verschiedener internationaler Normen, z. B. DIN 44973-100, GB/T 18801-2008 oder GB/T 18801-2015 (China), Bestimmung der Clean Air Delivery Rate (CADR) für Partikel und Gase, Bestimmung der Effizienz von Raumluftreinigerfiltern für Nanopartikel ≤ 20 nm, Definierte Alterung von Raumluftreinigerfiltern mit Zigarettenrauch	Determination of indoor air purifiers efficiency according to various international standards, e. g. DIN 44973-100, GB/T 18801-2008 or GB/T 18801-2015 (China), determination of the Clean Air Delivery Rate (CADR) for particles and gases Determination of the efficiency of filters for indoor air purifiers for nanoparticles ≤ 20 nm, Well defined ageing of filters for indoor air purifiers with cigarette smoke	Dr. rer. nat. Stefan Schumacher (-407) schumacher@iuta.de Chem. Tech. Ute Schneiderwind (-406), schneiderwind@iuta.de
Aerosolerzeugung und Aerosolmesstechnik	**Aerosols**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Generierung und Charakterisierung von Aerosolen, elektrostatische Aufladung und Neutralisation von Partikeln, bipolare Auflader, Vermessung von Ladungsverteilungen und Einzelpartikelladungen, Konzeptionierung von Ionenaufladern/Koronaentladung, Messung von Anzahlgrößenverteilungen vom unteren Nano- bis in den Mikrometerbereich, Oberflächenmessung, Bestimmung der Massenkonzentrationen	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 Measurement of particle number size distributions from the lower nano- to the micrometer size range, Measurement of surface area and mass concentration	Dr.-Ing. Christof Asbach (-409) asbach@iuta.de Dr. rer. nat. Ana Maria Todea (-188) todea@iuta.de Dipl.-Ing. Heinz Kaminski (-105) kaminski@iuta.de
Modellierung	**Modeling**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Partikeldynamik und -deposition in Koaleszenzfiltern, dynamische Adsorptionsprozesse in Festbetten	Particle dynamics and deposition in coalescence filters, dynamic adsorption processes in fixed beds	Dr. rer. nat. Stefan Schumacher (-407), schumacher@iuta.de
Gasanalytik	**Analysis of gases**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Bestimmung gasförmiger Substanzen im unteren ppb-Bereich mittels Online-Massenspektrometer PTR-MS	Determination of gaseous components in the lower ppb-range via online mass spectrometry PTR-MS	Chem. Tech. Ute Schneiderwind (-406), schneiderwind@iuta.de
Nanofiltration	**Nanofiltration**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Untersuchung der Abscheidung nanoskaliger Partikel (> 3 nm) an verschiedensten Filtern	Determination of the collection efficiency for nanoscale particles (> 3 nm) for a large variety of filters	Dr. rer. nat. Ana Maria Todea (-188) todea@iuta.de

Verhalten und Verbleib von innovativen Materialien in der Umwelt Bestimmung der Emissionen und Immissionen, Wirkung von (Nano) Partikeln auf Mensch und Umwelt, Bestimmung und Charakterisierung der abiotischen Degradation und der Mobilität von nano- und mikroskaligen Partikeln in Wasser/Boden, Entwicklung von Gruppierungskonzepten für Nanomaterialien, Wirkung von Nano- und Mikropartikeln auf Mensch und Umwelt, Produktanalysen und Safer-by-Design Konzepte	**Behavior and fate of innovative materials in the environment** Measurement of emissions and exposure, effect of (nano) particles on human beings and environment, detection and characterisation of abiotic degradation and mobility of nanoscale particles in water/soils, development of grouping hypotheses for nanomaterials, effect of nanoparticles on humans and environment, product analysis and safer-by design concepts	**Ansprechpartner/Contact person:** Dr. rer. nat. Carmen Wolf (-209) wolf@iuta.de Dr.-Ing. Christof Asbach (-409) asbach@iuta.de
Arbeitsplatzexposition und -sicherheit: Fokus (Nano-) Partikel Bestimmung luftgetragener Nanopartikelkonzentrationen, personenbezogene Messungen, Partikeloberflächenkonzentrationen, Expositionsbeurteilungen, Hygroskopizitätsuntersuchungen	**Workplace exposures and safety: focus on (nano-) particles** Measurement of airborne Nanoparticle concentrations, personal measurement; particle surface area concentrations, exposure assessment, hygroscopicity study	**Ansprechpartner/Contact person:** Dr.-Ing. Christof Asbach (-409) asbach@iuta.de Dr. rer. nat. Ana Maria Todea (-188) todea@iuta.de
Untersuchung und Bewertung des Verhaltens von Partikeln in der Umwelt Charakterisierung und Quantifizierung von Nano- und Mikropartikeln in allen Umweltkompartimenten, Transport, Transformation und Exposition von Nanoobjekten entlang des Lebenszyklus	**Nano- and micro particles in the environment** Characterization and quantification of nano and micro particles in all environmental compartments, transport and transformation, exposure. Measurement and modeling of transformation and transport of nanoobjects	**Ansprechpartner/Contact person:** Dr. rer. nat. Carmen Wolf (-209) wolf@iuta.de
Online-Partikelmessungen in industriellen Abgasen Kontinuierliche Messungen der Partikelgrößenverteilung und Anzahlkonzentration mit dem optischen Messsystem welas® (Messbereich: 0,2 – 17 µm), 0,6 – 40 µm), Partikel ab 10 nm – 300 nm (FMPS-Messgerät) und optionaler Verdünnungsstufe	**Measurement of number concentrations in industrial waste gases** Online measurements of particle properties including number concentration and size distribution in industrial waste gases with the optical measurement system welas®, range: 0,2 – 17 µm, 0,6 – 40 µm particle range: 10 nm – 300 nm (FMPS-analyzer) and gas dilution unit	**Ansprechpartner/Contact person:** Oliver Hesse (-275) hesse@iuta.de
Immissionsmessungen Messungen von Immissionsbelastungen in der Außenluft, PM_{10}, $PM_{2,5}$, PM_1, UFP, 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** Measurements of outdoor pollutants, determination of PM_{10}, $PM_{2,5}$, PM_1, UFP, organic and inorganic gases (BTXE, NO_x, Ozon), analytic of special tracer e.g. heavy metal, soot, organic carbon, anions cations, PAH, NCBA	**Ansprechpartner/Contact person:** Dr.-Ing. Christof Asbach (-409) asbach@iuta.de

Abteilung: **Partikelprozesstechnik & Charakterisierung**

Department: **Particle Process Technology & Characterization**

Abteilungsleitung / head of unit: Dipl.-Phys. Tim Hülser (-302) huelser@iuta.de

Partikelprozesstechnik	**Particle Process Technology**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Hochspezifische Nanopartikel-Synthese Betrieb und Optimierung von Reaktoren im Technikumsmaßstab für die Produktion von hochspezifischen Nanopartikeln für verschiedene Anwendungen, Partikelherstellung, Abscheidung aus der Gasphase, Probennahme, *Prozessierung* Funktionalisierung, (Re-)Dispergierung von hochspezifischen Nanopartikeln, Herstellung prozessierbarer Nanodispersionen durch direkte Überführung von Nanopartikeln aus der Gasphase in Trägerflüssigkeiten	*Synthesis of highly specific nanoparticles* Operation and optimization of three reactors (pilot scale) for production of highly specific nanoparticles for various applications, Particle Synthesis, Deposition from the gas phase, Particle sampling, *Processing* Functionalization, (Re-)Dispersion of highly specific nanoparticles, Production of stable nano-dispersions, Production of processable nano-dispersions by direct transfer of nanoparticles from the gas phase into carrier liquids	Dipl.-Phys. Tim Hülser (-302) huelser@iuta.de Dr.-Ing. Sophie M. Schnurre (-302) schnurre@iuta.de MSc. Frederik Kunze (-106) kunze@iuta.de Dipl.-Ing. Mathias Spree (-106) spree@iuta.de
Charakterisierung	**Characterization**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Prozessbegleitende Analyse-Methoden In-situ-Laserdiagnostik im Bereich der Partikelerzeugung, Gasphasenanalyse (GC/MS, QMS)	*In process analysis* In-situ laser diagnostics during production of particles, Gas-phase analysis (GC/MS, QMS)	Dipl.-Ing. Mathias Spree (-106) spree@iuta.de
Ex-situ Analyse Rasterelektronenmikroskopie (REM) und energiedispersive Röntgenanalyse (EDX) Probenvorbereitung mittels Cross Section Polisher, im REM integrierte, ortsaufgelöste Ramanspektroskopie, Aggregatgrößen-Bestimmung (DLS und Laserbeugung) Zetapotenzial, Oberflächenanalyse (BET), Infrarotspektroskopie (FTIR/ATR), Fluoreszenzspektroskopie, Oxidatives Potenzial/ROS Potenzial, Impedanzspektroskopie (IS) hydrodynamischer Durchmesser, anorganische Inhaltsstoffanalyse, Lungendeponierbare Oberflächen-	*Ex-situ analysis* Scanning Electron Microscopy (SEM) and energy dispersive x-ray analysis (EDS) Sample preparation using Cross Section Polisher, spatially resolved Raman spectroscopy integrated in the SEM, Aggregate size measurement (DLS+laser diffraction), Zetapotential, Surface analysis (BET), Infrared spectroscopy (FTIR/ATR), Fluorescence spectroscopy, Oxidative potential / ROS potential, Impedance Spectroscopy (IS) Hydrodynamic diameter, Inorganic content analysis, Lung deposit surface area concentration	Dr. rer. nat. Burkhard Stahlmecke (-180), stahlmecke@iuta.de MSc Martin Underberg (-130) underberg@iuta.de Dipl.-Phys. Tim Hülser (-302) huelser@iuta.de
Nachhaltige Nanotechnologie	**Sustainable nanotechnology**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Luftqualität, Exposition und Gesundheit Untersuchungen zur Immission, Exposition von Umweltpartikeln in Außen- und Innenraumluft, Untersuchungen zur Immission, Exposition und (Gesundheits-)gefährdung von Nanomaterialien, Verhalten von Nanomaterialien in der Umwelt; Produktanalysen und Safer-by-Design	*Air quality, exposure and health* Exposure assessment of ambient outdoor and indoor air particles, Studies on immission, exposure and (health)effects of nanomaterials, Behavior of nanomaterials in the environment, Product analysis and safer-by-design	Dr. rer. nat. Burkhard Stahlmecke (-180) stahlmecke@iuta.de Dipl.-Phys. Tim Hülser (-302) huelser@iuta.de
Freisetzung und Charakterisierung Lebenszyklus-Analyse von Nanomaterialien, Bestimmung der Freisetzung von Nanomaterialien	*Release and Characterization* Life cycle analysis of nanomaterials, Determination of nanomaterial release	

Abteilung: **Gasprozesstechnik & Energieverfahrenstechnik**
Department: **Gas Process Technology & Energy Process Engineering**
Abteilungsleitung / head of unit: Dr.-Ing. Stefan Haep (-204), haep@iuta.de (kommissarisch)

Katalytische Gasaufbereitung Oxidative Gasaufbereitung, Hydrocrackkatalysatoren, Redox-Katalysesystem zur Oxidation- und Reduktion von Kohlenwasserstoffen und NO_X aus Abluftströmen, Synthese von Methanol	**Catalytic gas treatment** Oxidative gas treatment, catalysts for hydrocracking, redox catalysts for oxidation and reduction of hydrocarbons and NO_X in exhaust gases, synthesis of methanol	**Ansprechpartner/Contact person:** Dr. rer. nat. Stefan Peil (-222) peil@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 verschiedener Waschverfahren 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 several scrubbers	**Ansprechpartner/Contact person:** Dipl.-Ing. Ralf Goldschmidt (-155) goldschmidt@iuta.de Dipl.-Ing. Andrew Berry (-175) berry@iuta.de
Adsorptive Gasreinigung Kombinierte Druck- und Temperaturwechseladsorber mit unterschiedlichen Adsorbentien zur CO_2-Abscheidung aus Ab- und Produktgasen	**Gas cleaning by adsorption** Combined pressure and temperature swing adsorbers with different adsorbents for CO_2 separation from waste and product gases	**Ansprechpartner/Contact person:** Dipl.-Ing. Andrew Berry (-175) berry@iuta.de
Biomasse und energetische Verwertung Ofenkatalysator für Kleinfeuerungsanlagen, Biomassevergasung, Vergasertechnologie, Biogasaufbereitung	**Biomass and energy recovery** Catalytic converter for domestic fire places, biomass gasification, gasifier technologies, biogas treatment systems	**Ansprechpartner/Contact person:** Dipl.-Ing. Andrew Berry (-175) berry@iuta.de
Wasserstoffspeicher Entwicklung von Wasserstoffspeichern auf Metallhydrid-Basis mit integriertem Wärmeübertrager zur thermischen Kopplung mit Brennstoffzellen	**Hydrogen storage** Development of hydrogen storage tanks based on metal hydride with integrated heat exchanger for thermal coupling to fuel cells	**Ansprechpartner/Contact person:** Dipl.-Ing. Robert Urbanczyk (-224) urbanczyk@iuta.de Dr. rer. nat. Stefan Peil (-222) peil@iuta.de
Wärmespeicher Entwicklung von chemischen Wärmespeichern auf Metallhydrid-Basis	**Heat storage** Development of chemical heat storage tanks based on metal hydrid	**Ansprechpartner/Contact person:** Dipl.-Ing. Robert Urbanczyk (-224) urbanczyk@iuta.de Dr. rer. nat. Stefan Peil (-222) peil@iuta.de
FuE-Dienstleistungen, Beratungen, Gutachten, Auftragsforschung Gutachten und Analysen zu: Abfall- und Umweltmanagement, Biomasseverwertung, Verfahrensentwicklung und Erprobung, technische Beratung	**Research and development services, surveys, expertises, contract research** Surveys on waste- and environmental management, energy recovery of biomass, cleanup operation, Process engineering and testing, technical consulting	**Ansprechpartner/Contact person:** Dipl.-Ing. Andrew Berry (-175) berry@iuta.de Dipl.-Ing. Ralf Goldschmidt (-155) goldschmidt@iuta.de

Abteilung:	**Ressourcen & Recyclingtechnik / Wasseraufbereitung & Membrantechnik**
Department:	**Resources & Recycling Technology / Water Treatment & Membrane Technology**
Abteilungsleitung / head of unit:	Dipl.-Ing. Jochen Schiemann (-259), j.schiemann@iuta.de Dipl.-Ing. Franziska Blauth (-217), blauth@iuta.de

Chemisch-physikalische Aufbereitungsverfahren für industrielle Abwässer	**Chemical-physical treatment processes for industrial wastewater**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Fällung und Flockung Ionenaustauscher Adsorption Machbarkeitsstudien, Pilotierungen, Beurteilung der Abtrennleistung	Precipitation and flocculation Ion exchanger Adsorption Feasibility studies, piloting, assessment of separation performance	Dipl.-Ing. Franziska Blauth (-217) blauth@iuta.de M. Sc. Kevin Koenen (-109) koenen@iuta.de
Wasseraufbereitung und -entsalzung mittels Membrananlagen	**Water treatment and desalination with membranes**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Pilotierung von Prozessen und Optimierung von Betriebseinstellungen für unterschiedliche Anwendungen, Verträglichkeitsuntersuchungen für Chemikalien an Membranmodulen, Membranauswahl	Pilot tests and optimization of operating conditions for different applications, compatibility tests for chemicals with membrane modules, membrane selection	Dipl.-Ing. Franziska Blauth (-217) blauth@iuta.de M. Sc. Kevin Koenen (-109) koenen@iuta.de
Verfahrenstechnische Entwicklung, Beurteilung, Optimierung von Prozessen	**Process engineering, evaluation and optimization of processes**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Verfahren zur Elimination von Mikroschadstoffen, Verfahrenskopplungen, Hybridverfahren zur Entsalzung, Kreislaufführung von Prozesswässern	Elimination of micro pollutants, coupling of processes, hybrid desalination processes, recycling of process water	Dipl.-Ing. Franziska Blauth (-217) blauth@iuta.de
Membranautopsien	**Membrane Autopsies**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Visuelle Begutachtung, Druckhaltetests, Vakuumtests, Färbetests, permeatseitige Beprobung, Lokalisierung von Leckagen, Autopsie an Membranen und Elementen der UO, NF, UF und MF	Visual inspection, pressure holding tests, vacuum decay tests, dye tests, permeate probing, localization of leaks, autopsy of reverse osmosis, nanofiltration, ultrafiltration and microfiltration membranes and modules	Dipl.-Ing. Franziska Blauth (-217) blauth@iuta.de
Ermittlung der Trockenmasse, des Glühverlusts und des Glührückstands, Elementanalyse des Belags mittels EDX, Oberflächenuntersuchung mittels REM/EDX, FT-IR-Analysen an Membranoberflächen und Belägen	Estimation of dry mass, loss on ignition, ash ratio. Elemental analysis with EDX, surface analysis with SEM/EDX, FT-IR-Analysis of membrane surfaces and foulant.	Bettina Schiemann (-158) b.schiemann@iuta.de
Leistungstests an Membranmodulen	**Performance testing of membrane modules**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Leistungstests an 4-Zoll-Brackwassermodulen mit Betriebsdrücken bis zu 40 bar, Leistungstests an 8-Zoll-Brackwasser- und Meerwassermodulen mit Betriebsdrücken bis zu 80 bar Leistungstests an Flachmembranen aus Brack- und Meerwassermodulen mit Betriebsdrücken bis zu 65 bar	Performance tests of 4 inch brackish water modules with pressures up to 40 bar performance tests of 8 inch brackish and seawater modules with pressures up to 65 bar, performance tests of flat sheet membranes from brackish and seawater modules with pressures up to 65 bar	Dipl.-Ing. Franziska Blauth (-217) blauth@iuta.de

Sensorische Prozessüberwachung

Implementierung von Online-Sensorik in Wasseraufbereitungsprozesse, Konzeptentwicklung für Prozesskontroll-strategien

Sensor based process control

Implementation of online sensor technology in water treatment processes, concept development for process control strategies

Ansprechpartner/Contact person:

M. Sc. Kevin Koenen (-109)
koenen@iuta.de

Begutachtungen und Bilanzierungen von Kühlgerätentsorgungsanlagen

Überprüfung von Anlagen gemäß TA Luft 5.4.8.10.3/ 5.4.8.11.3 als behördlich zugelassene Prüfstelle, Überprüfung von Anlagen gemäß DIN EN 50625 als zugelassener WEEELABEX Special Auditor, ganzheitliche Begutachtung und Bilanzierung von Anlagen zur Verwertung von Kühlgeräten

Assessments, auditing and and balancing of facilities for refrigerator disposal plants

Inspection according to TA Luft 5.4.8.10.3 / 5.4.8.11.3 as officially approved testing center.
Inspection of plants according to DIN EN 50625 as approved WEEELABEX Special Auditor, holistic assessment and balancing of plants for recycling refrigeration equipment

Ansprechpartner/Contact person:

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

Verfahrensentwicklung zur Kühlgeräteverwertung

Optimierung von Wirkungsgraden bestehender Anlagen und Entwicklung von Verfahren, z. B. zur Behandlung des Prozessgases & Desorption von FCKW/KW, Analyse FCKW/KW-haltiger Schäume, Öle, Treibmittel u. a. mit GC-MS, Digitalisierung von Recyclingprozessen

Process development for refrigerator recycling

Optimization of efficiencies of existing plants. And development of process for the treatment of process gases, desorption tests of CFC/CF, analysis of CFC/CF-containing foams, oils, blowing agents with GC-MS,
Digitization of recycling processes

Ansprechpartner/Contact person:

Fabian Hübner, M. Sc. (-151)
huebner@iuta.de

Identifizierung von strategischen Metallen und seltenen Erden in Abfallströmen komplexer Massengüter

Untersuchung von Stoffverbünden und Entwicklung von Rückgewinnungsmethoden durch trockenmechanische und thermische Verfahren z. B. von PV-Modulen und der entstehenden Glasfraktion & LCD-Displays

Identification of strategical metals and rare earth in waste of complex bulk goods

Analysis of and development of recovery methods by (dry-) mechanical and thermal processes for e.g. waste solar panels and the resulting glass fraction & LCD-Displays

Ansprechpartner/Contact person:

Fabian Hübner, M. Sc. (-151)
huebner@iuta.de

Untersuchungen chemischer Rückgewinnungsmethoden im Hinblick auf Schad- und Wertstoffinhalte
Untersuchungen zur elektrodialytischen Aufkonzentrierung wertstoffhaltiger Lösungen an z. B. Indium aus LCD-Displays, Wertstoffrückgewinnung aus PV-Modulen

Investigations of chemical recovery methods with regard to harmful substances and content of resources,
Investigations of electrodialytic enrichment of solutions containing recyclable materials,
e.g. the recovery of indium from display panels, material recovery from disposed solar panels

Recycling von Massengütern

Verwertung und Entsorgung von Elektro(nik)schrott als zugelassene und zertifizierte Erstbehandlungsanlage nach 4.BImSchV und §56 KrWG/EfbV, Entwicklung adäquater Recyclingwege für Elektro(nik)schrott,
Forschungs- und Entwicklungsprojekte im Bereich der Kreislaufverfahrenstechnik

Recycling of bulk material

Recycling and disposal of electrical and electronic scrap as an approved and certified primary treatment facility in accordance with the 4th BImSchV and §56 KrWG/EfbV, development of adequate recycling routes for electrical and electronic scrap,
Research and development projects in the field of recycling process engineering

Ansprechpartner/Contact person:

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

Identifikation schadstoffhaltiger Materialien

Phänomenologische Untersuchungen, Messung und Charakterisierung von Emissionen bei der Zerlegung, Entwicklung von Vorsorgestrategien zur Minimierung von Schadstoffen wie z. B. Quecksilber & PCB

Examinations of contaminated materials

Phenomenological examinations, measurement and characterization of emissions during dismantling, development of prevention strategies for minimizing pollutants like mercury and PCB

Ansprechpartner/Contact person:

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

Fabian Hübner, M. Sc. (-151)
huebner@iuta.de

Ausbildung im Bereich „Umwelt- und Kreislaufwirtschaft“

Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen und GWA für Jugendliche, für Behinderte und für Berufsrückkehrer, Schulungen für den Erwerb von Fahrberechtigungen für Flurförderfahrzeuge

Capacity building

Professional trainings and GWA for young people, for the handicapped persons and for returnees into workforce, Training for the acquirement of driving licenses for industrial trucks

Ansprechpartner/Contact person:

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

Aufbereitung von technischen Kunststoffen

Entwicklung von Bestimmungsreihen und Schnelltests zur betrieblichen Materialeinordnung mittels FT-IR, RFA und REM-EDX,
Identifizierung von technischen Kunststoffen u. a. aus Elektro- und Elektronikanwendungen

Reprocessing of technical plastics

Development of determination series and rapid tests for operational material classification using FT-IR, XRF and SEM-EDX, Identification of technical plastics from electrical and electronic applications, etc.

Ansprechpartner/Contact person:

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

Abteilung: Umwelthygiene & Pharmazeutika
Department: Environmental Hygiene & Pharmaceuticals

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

Arzneimittel und Spurenstoffe in der Umwelt

Untersuchungen zum Eintrag, Vorkommen, Verhalten und der Transformation (Bildung von Metaboliten oder Oxidationsnebenprodukten) von Spurenstoffen und toxikologisch relevanten Effekten in der Umwelt (Luft, Boden, Gülle, Schlamm, Wasser etc.)

Pharmaceuticals and micropollutants in the environment

Occurrence, fate and transformation (formation of metabolites or oxidation-by-products) of micropollutants and toxicological relevant effects in the environment (air, liquid manure, sludge, soil, water etc.)

Ansprechpartner/Contact person:

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

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

Abwassertechnik

Kommunale und industrielle Abwasserbehandlung, Erweiterte Oxidationsverfahren (AOP): UV-Oxidation und Ozonung, Bildung und Eliminierung von Transformationsprodukten, adsorptive Verfahren, Eliminierung von Spurenstoffen, Behandlung von Krankenhausabwasser

Waste water technologies

Urban and industrial waste water treatment, advanced oxidation processes (AOP): UV oxidation and ozone, formation and elimination of transformation products, adsorption processes, removal of micropollutants, treatment of hospital waste water

Ansprechpartner/Contact person:

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

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

Screening-Verfahren

Entwicklung und Validierung leistungsfähiger Spezialverfahren zum Target-, Suspect-Target und Non-Target- Screening von Oberflächen- und Abwasserproben (LC-MS/MS, LC-HRMS, 2D-LC-HRMS, LC-GC-MS, GC-MS; GC-MS/MS),
Mikroplastikanalytik in Wasser-, Feststoff- (Boden, Klärschlamm, Materialproben) und Luftproben mittels Thermo-Extraktion-Desorptions-Gaschromatografie-Massenspektrometrie (TED-GC-MS) und Raman-Spektroskopie.

Screening analysis

Development and validation of high-performance special analytical methods for Target-, Suspect-Target and Non-Target-Screening (LC-MS/MS, LC-HRMS, 2D-LC-HRMS, LC-GC-MS, GC-MS; GC-MS/MS),
Microplastic analysis in water, solid materials (soil, sewage sludge, material samples) and air samples using thermal extraction desorption-gas chromatography mass spectrometry (TED-GC-MS) and raman spectroscopy

Ansprechpartner/Contact person:

Dr. rer. nat. Ricardo Cunha (-206)
cunha@iuta.de

M. Sc. Mike Wenzel (-194)
wenzel@iuta.de

PharmaMonitor	**PharmaMonitor**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Analytik von CMR-Stoffen nach GefStoffV, Zytostatika und monoklonale Antikörper, Antibiotika, Immunsuppressiva, Hormone usw., Umgebungs- und Biomonitoring für Apotheken, Ambulanzen und Pflegebereich, Kliniken, Pharmaindustrie, Einzelstoffanalytik, Multimethoden (z. B. MEWIP- und MASHA-Studie), Platin-Speziesanalytik, Reinigungsvalidierung, Dekontamination, Außenkontaminationen. Qualitätskontrolle (Wirkstoffgehalt, Identität und Sterilität) von Arzneimitteln und patientenindividuellen Applikationslösungen.	Analysis of cmr-compounds according to the German GefStoffV, cytostatic drugs and monoclonal antibodies, antibiotics, immunosuppressants, hormones etc., environmental and biomonitoring for pharmacies, ambulances, home care, hospitals and pharmaceutical industry, single compound analysis, multi compound analysis (e. g. MEWIP- and MASHA-study), platinum species analysis, validation of cleaning procedures, decontamination, outside contamination of vials. Quality control (active pharmaceutical ingredient content, identity and sterility) of drugs and patient-specific application solutions.	Dr. rer. nat. Claudia vom Eyser (-190) vomEyser@iuta.de Jacqueline Bruckmann (-190) analysis@pharma-monitor.de
Tagungen, Fortbildungen	**Training and seminars**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Durchführung von Fortbildungen zum Transfer von Forschungsergebnissen, Erarbeitung von themen- und gruppenspezifischen Fortbildungsangeboten, Organisation von wissenschaftlichen Tagungen zu speziellen Themen	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	Heike Glaser (-414) training@pharma-monitor.de Dr. rer. nat. Jochen Türk (-179) tuerk@iuta.de

Abteilung: Umweltanalytik & Toxikologie

Department: Environmental Analysis & Toxicology

Abteilungsleitung / head of unit: Dr. rer. nat. Christine Kube (-213), kube@iuta.de
Dr. rer. nat. Linda Gehrmann (-215), gehrmann@iuta.de

Analytik von Umweltproben	**Analysis of environmental samples**	**Ansprechpartner/Contact person:**
Probenahme, Identifizierung und Quantifizierung von Umweltproben auf organische Spurenstoffe mittels GC-MS/MS, GC-MS und LC-MS/MS Bestimmung von Summenparametern und Anionen mittels Schnelltest und Ionenchromatografie. Entwicklung und Validierung leistungsfähiger Spezialverfahren.	Sampling, identification and quantification of environmental samples for organic trace substances by GC-MS/MS, GC-MS and LC-MS/MS. Determination of for sum parameters and anions using rapid tests and ion chromatography. Development and validation of specialised analytical methods.	Dr. rer. nat. Linda Gehrmann (-215) gehrmann@iuta.de M. Sc. Oliver Gassner (-215) gassner@iuta.de
Wirkungsbezogene Analytik mit biologischen Testverfahren zur Bestimmung von Östrogenität, Androgenität, Toxizität und mikrobiologischer Hemmung.	Effect-related analysis with biological test methods for the determination of estrogenicity, androgenicity, toxicity and microbiological inhibition.	M. Sc. Nico Bätz (-179) baetz@iuta.de
Sensitive Bestimmung von Hormonen in Oberflächen und Abwasserproben (GC-MS/MS, LC-MS/MS)	Sensitive determination of hormones in surface and waste water samples (GC-MS/MS, LC-MS/MS)	Dr. rer. nat. Linda Gehrmann (-215) gehrmann@iuta.de M. Sc. Nico Bätz (-179) baetz@iuta.de
Nachweis von Ölen aus Druckluftuntersuchungen (GC-FID-MS), Bestimmung von VOCs (volatile organic compounds) und BTXE aus verschiedenen Matrizes, Bestimmung von PAKs, PCBs, Pestiziden und Flammschutzmitteln aus Feststoffen Entwicklung und Validierung leistungsfähiger Spezialverfahren, Screening (GC-MS; GC-MS/MS; GC-FID) Thermodesorption/GC/MS	Determination of oil aerosol content of compressed air (GC-FID-MS) Determination of volatile organic compounds and BTXE from different matrices, Determination of PAHs, PCBs, Pesticides, Flame-retardants in solids Development and validation of specialised analytical methods, Screening (GC-MS; GC-MS/MS; GC-FID) Thermodesorption/GC/MS	Dr. rer. nat. Christine Kube (-213) kube@iuta.de Yvonne Lamboy (-234) lamboy@iuta.de M. Sc. Oliver Gassner (-215) gassner@iuta.de

Elementanalytik

Quantitative Bestimmung der elementaren Zusammensetzung von flüssigen und festen Probenmatrizes mittels ICP-MS und -OES,
Quecksilberanalytik mittels direkter Analyse
Feststoffanalytik nach Mikrowellendruckaufschlussverfahren,

Traceelement analysis

Quantitative determination of the elemental composition of liquid and solid sample matrices by means of ICP-MS and -AES,

Mercury analysis by means of direct analysis,
Solid analysis by microwave pressure digestion method

Ansprechpartner/Contact person:

M. Sc. Simon Schastok (-233)
schastok@iuta.de

Adrian Schützmann (-233)
schuetzmann@iuta.de

Speziesanalytik

Methodenentwicklung und Validierung für verschiedene Spezies und Probenzusammensetzungen.
FuE in Kooperation mit
Industrie-und Forschungspartnern.
Pt-Spezies-Analytik in Kooperation mit PharmaMonitor

Species analysis

Scientifically based method development and validation for different species and sample compositions.
R&D in cooperation with industry and research partners.
Pt species analysis in cooperation with PharmaMonitor

Ansprechpartner/Contact person:

M. Sc. Simon Schastok (-233)
schastok@iuta.de

Adrian Schützmann (-233)
schuetzmann@iuta.de

Ionen

Nachweis von Anionen in wässrigen Lösungen im Spurenbereich,
Methodenentwicklung,
Levoglucosan als Holzverbrennungsmarker

Ions

Determination of anions in water-based solutions,
Method development,
Determination of levoglucosan as a marker of wood combustion

Ansprechpartner/Contact person:

Yvonne Lamboy (-234)
Lamboy@iuta.de

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

Aufarbeitung industrieller Reststofflösungen

Neuentwicklung von Verfahren zur Aufarbeitung industrieller Reststofflösungen
Substitution von umweltgefährlichen Chemikalien durch naturbasierte, biogene Wirkstoffe,
Verfahrensoptimierung bestehender Prozessketten,
Gewinnung von Metallen aus Abfallströmen

Treatment of industrial waste solutions

New development of processes for treatment of industrial waste solutions
Substitution of environmentally hazardous chemicals by natural, biogenic active substances,
Process optimization of existing process chains,
Recovery of metals from liquid waste

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Chem., Dipl.-Ing. Frank Grüning (-266) gruening@iuta.de

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

Abteilung: Forschungsanalytik & Miniaturisierung
Department: Research Analysis & Miniaturization

Abteilungsleitung / head of unit: Dr. rer. nat. Thorsten Teutenberg (-179), teutenberg@iuta.de

Analysentechnik

Entwicklung von Methoden und technischen Lösungen für ein- und mehrdimensionale Flüssigkeitschromatografie, Nano- und Mikro-HPLC; spezielle Kopplungs- und Detektionsverfahren, z. B. Online-HPLC-Raman-Kopplung; HRMS-IMS-Kopplung; computergestützte Methodenentwicklung; Bestimmung der Leistungsfähigkeit miniaturisierter Analysensysteme.

Analytical technologies

Development of methods and technical solutions for one- and multi-dimensional liquid chromatography, nano- and micro-HPLC; special coupling and detection techniques, e.g. online-HPLC-Raman coupling; HRMS-IMS coupling; computer-assisted method development; determination of the performance of miniaturised analytical systems.

Ansprechpartner/Contact person:

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

M. Sc. Tobias Werres (-296),
werres@iuta.de

M. Sc. Kjell Kochale (-296),
kochale@iuta.de

Bioanalytische Verfahren

Entwicklung von Verfahren zur Charakterisierung und Quantifizierung von Biomolekülen, wie z. B. Peptide, monoklonale Antikörper, virusähnliche Partikel; Bottom-Up- und Top-Down-Analytik auf Basis von LC-HRMS, LC-MS/MS und speziellen Verfahren wie z. B. ESI-DMA-CPC, Raman-Spektroskopie, 2D-LC. Entwicklung von Probenahmeverfahren aus diversen Kompartimenten wie z. B. Luft

Bioanalytical techniques

Development of methods for the characterisation and quantification of biomolecules, e.g. peptides, monoclonal antibodies, virus-like particles; bottom-up and top-down analysis based on LC-HRMS, LC-MS/MS and special methods such as ESI-DMA-CPC, Raman spectroscopy, 2D-LC. Development of sampling methods from various compartments such as air.

Ansprechpartner/Contact person:

M. Sc. Martin Klaßen (-268),
klassen@iuta.de

M. Sc. Lars Reinders (-296),
l.reinders@iuta.de

Automation und Digitalisierung

Entwicklung flexibler Automatisierungs- und Digitalisierungskonzepte, digitale Einbindung von Laborgeräten und – Infrastruktur, Transformation zuvor analoger Arbeitsprozesse, (Drag & Drop-Programmierung) auf Basis kollaborativer Robotiksysteme; Nutzung von Open-Source-Software und Open-Source-Hardware zur Weiterentwicklung von Low-Cost-DIY-Systemen für die Laborautomation.

Automation and digitalization

Development of flexible automation and digitization concepts, digital integration of laboratory equipment and infrastructure, digital transformation of previously analogue work processes, (drag & drop programming) based on collaborative robotics systems; use of open source software and open source hardware for further development of low cost DIY systems for laboratory automation.

Ansprechpartner/Contact person:

M. Sc. Max Jochums (-157), jochums@iuta.de

M. Sc. Kjell Kochale (-296), kochale@iuta.de

Additive Fertigung

Entwicklung von 3D-Druckern für den individualisierten Einsatz (Mikrofertigung, Verarbeitung von Hochleistungsthermoplasten etc.); Fertigung von Lab-on-Chip-Systemen mittels additiver Fertigungstechnologien; CAD-Konstruktion von Prototypen; Additive Fertigung mit bis zu fünf Thermoplasten in einem Herstellungsprozess.

Additive Manufacturing

Development of 3D printers for individualized use (micro manufacturing, processing of high-performance thermoplastics, etc.); manufacturing of lab-on-chip systems using additive manufacturing technologies; CAD design of prototypes; additive manufacturing with up to five thermoplastics in one manufacturing process.

Ansprechpartner/Contact person:

Dipl.-Phys. Ireneus Henning
henning@iuta.de

Abteilung:
Department:
Abteilungsleitung / head of unit:

Forschungskoordination – IGF-Projekte der Forschungsvereinigung IUTA e.V.
Research Coordination – Collective research for SME´s
Dr.-Ing. Stefan Haep (-204), haep@iuta.de

FuE-Organisation, Netzwerke

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

FuE-Networking

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

Ansprechpartner/Contact person:

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

Claudia Flicka (-333)
flicka@iuta.de

4.14 Wegbeschreibung zum IUTA

Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA)

Bliersheimer Str. 58 – 60

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 A 40 Richtung Venlo, bei der Anschlussstelle Duisburg-Homberg abfahren in Richtung Rheinhausen. 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 Straße). Das IUTA finden Sie nach 200 m auf der linken Seite.

Von den Flughäfen Düsseldorf oder Köln über die A 57 bis zur Anschlussstelle Krefeld-Gartenstadt (Ausfahrt Nr. 12), abfahren in Richtung Duisburg. Dem Verlauf der B 509 (Wegweiser: Duisburg, Zentrum, Rheinhausen, Logport) bis zu ihrem Ende nach ca. 7,4 km folgen. An der Ampel links abbiegen, die Bahnbrücke überqueren und geradeaus in das Logportgelände einfahren (unter einer Brücke hindurch). Am ersten Kreisverkehr geradeaus, am zweiten Kreisverkehr rechts fahren (Bliersheimer Straße). Das 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“ ist ca. 200 m von IUTA entfernt (Kreuzung Bliersheimer Straße/Gaterweg). Die Buslinie 914 mit Ziel Turmstraße verkehrt vom Bahnhof Rheinhausen („Rheinhausen Bf/Kaiserstraße“) an Werktagen ca. alle 30 Minuten in Richtung IUTA, aussteigen an der Haltestelle „Duisburg Logport Center“.

Bei Ankunft am Haltepunkt Rheinhausen Ost nehmen Sie bitte die Buslinie 914 in Richtung Königlicher Hof und steigen an der Haltestelle „Duisburg Logport Center“ aus. Weitere Informationen finden Sie unter www.vrr.de.

Taxi vom Duisburger Hauptbahnhof zu IUTA: Preis ca. 20 €.

Taxi vom Bahnhof Rheinhausen zu IUTA: Preis ca. 8 €.

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 zum IUTA. Für den Fußweg werden ca. 25 Minuten benötigt.

Vom Haltepunkt Rheinhausen Ost gehen Sie links unter der Unterführung durch und geradeaus die Europaallee entlang bis zum 2. Kreisverkehr und weiter geradeaus in die Bliersheimer Straße bis zum IUTA auf der linken Seite.

Abb. 4-4: Skizze IUTA und Umgebung