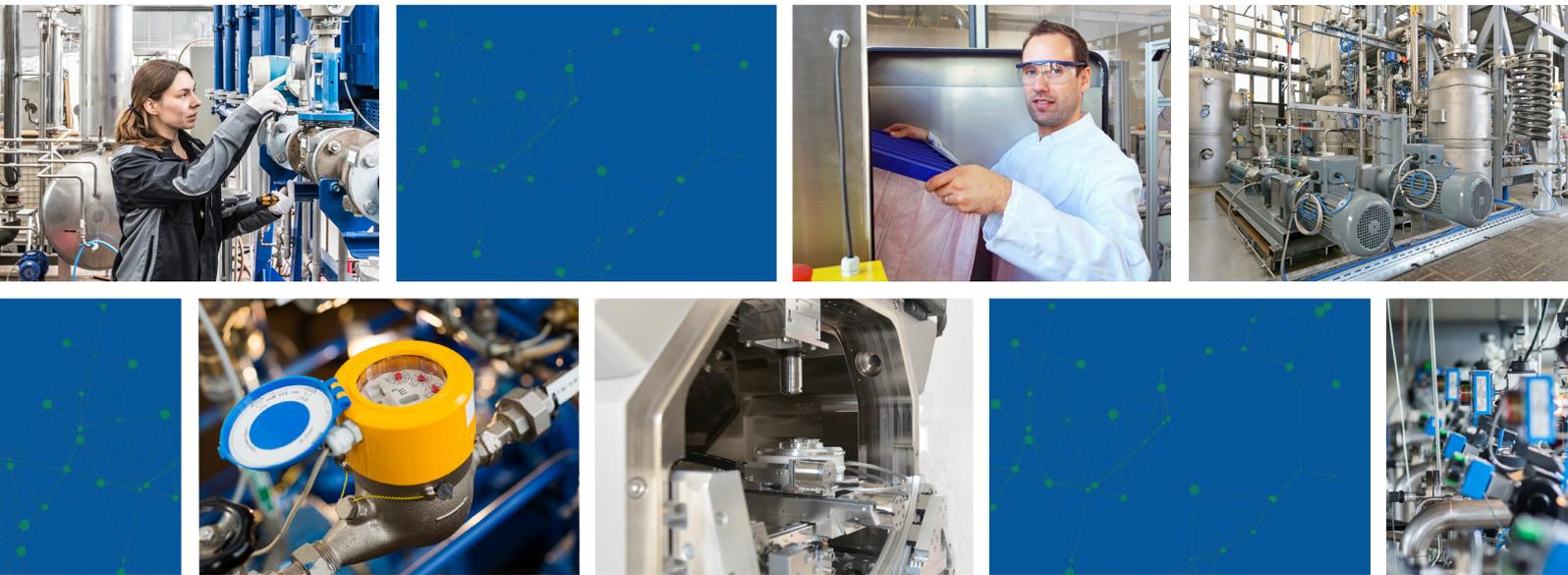




forschen.  
vernetzen.  
anwenden.

# TÄTIGKEITSBERICHT 2020



## 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](http://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).



## Bildnachweise (Deckblatt)

Fotos: Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA) und Johannes-Rau-Forschungsgemeinschaft e.V.

## 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 2020

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

**Institut an der  
Universität Duisburg-Essen**

---

# TÄTIGKEITSBERICHT 2020

1	Vorwort.....	1
2	Organisation, Arbeitsweise und Geschäftsverlauf.....	3
3	Arbeitsschwerpunkte und technische Ausstattung der Bereiche.....	7
3.1	Luftreinhaltung & Aerosole.....	7
3.2	Luftreinhaltung & Filtration .....	18
3.3	Umwelthygiene & Spurenstoffe.....	25
3.4	Gasprozesstechnik & Energiewandlung .....	35
3.5	Partikelprozesstechnik & Charakterisierung .....	41
3.6	Ressourcen & Recyclingtechnik.....	46
3.7	Forschungsanalytik & Umweltanalytik .....	53
3.8	Forschungsanalytik & Miniaturisierung .....	60
3.9	Industrielle Gemeinschaftsforschung – Forschungsvereinigung „Energie- und Umwelttechnik“ IUTA e.V. ....	67
4	Anhang.....	71
4.1	Vorträge 2020 .....	71
4.2	Veröffentlichungen 2020 .....	74
4.3	Poster 2020.....	78
4.4	Vorträge auf Fortbildungsveranstaltungen.....	80
4.5	IGF-Forschungsberichte .....	83
4.6	Forschungsprojekte der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) .....	85
4.7	Veranstaltungen .....	90
4.8	Mitarbeit in Ausschüssen und Arbeitskreisen .....	94
4.9	Mitglieder des Verwaltungsrats des IUTA e.V. ....	97
4.10	Mitglieder des IUTA e.V. ....	98
4.11	Mitglieder des Forschungsbeirates des IUTA e.V.....	100
4.12	Mitglieder des Wissenschaftlichen Kuratoriums .....	101
4.13	Kompetenzen der Bereiche – expertise of departments.....	102
4.14	Wegbeschreibung zum IUTA .....	115

## 1 Vorwort

2020 war sicherlich ein außergewöhnliches Jahr. Die Herausforderungen im Zusammenhang mit der COVID-19-Pandemie, denen wir uns mit allen Mitarbeiter/-innen im IUTA, aber auch mit unseren Partnern in der Forschung und in der Wirtschaft stellen mussten und weiterhin stellen müssen, sind sicherlich für unsere Generation einzigartig.

Das IUTA selbst ist durch das gemeinsame verantwortungsvolle Handeln aller Mitarbeiter/-innen zwar bislang ohne eine Infektion im Arbeitsalltag und auch wirtschaftlich einigermaßen glimpflich durch die Pandemie gekommen, aber wir hatten auch tragische Ereignisse im Umfeld unseres Hauses zu vermelden, die zeigen, wie wichtig der Erhalt der Gesundheit ist.

Vor diesem Hintergrund sind wir sehr froh, dass das IUTA durch seine Forschung zur Ausbreitung und Abscheidung von Aerosolen, z. B. in Gesichtsmasken oder Filtern für raumlufttechnische Anlagen, einen Beitrag zum Infektionsschutz leisten konnte. Prominente Beispiele sind die umfangreichen Maskentests, die das IUTA durchgeführt hat, aber auch die Studie „Aerosol: Transporteur von SARS-CoV-2“ der Deutschen Gesellschaft für Aerosolforschung, in der sich das IUTA stark engagiert und den Vorsitzenden stellt ([www.info.gaef.de](http://www.info.gaef.de)).

Aber auch jenseits der Pandemie sind die Forschungsaktivitäten zu Verfahren und Methoden beispielsweise zur Vermeidung und Minimierung von gasförmigen und partikelförmigen Emissionen und Immissionen, zur Analyse von Umweltschadstoffen bzw. Spurenstoffen in komplexen Matrices, oder zu neuen Syntheserouten für nanopartikelbasierte Materialien für energietechnische Anwendungen weiter vorangetrieben worden.

Parallel dazu hat das IUTA seine Versuchs- und Forschungsanlagen für alle Leitthemen jeweils zentral in einem:

- Partikelsynthesetechnikum
- Filterprüfzentrum
- Gasprozesstechnikum
- Wasseraufbereitungstechnikum
- Entsorgungszentrum

gebündelt. Die vom Land NRW geförderte Infrastrukturmaßnahme FutureLab.NRW schließt diese Entwicklung in 2021 ab, sodass wir dann auch für den Bereich der Analytik über eine moderne Infrastruktur verfügen. Leider hat COVID-19 auch Auswirkungen auf den Fortschritt dieser Umbaumaßnahmen. Wir sind jedoch guter Hoffnung, dass die Arbeiten in 2021 abgeschlossen werden und wir Sie zusammen mit unseren Mitarbeiter/-innen zur Einweihung der neuen Labore Ende 2021/Anfang 2022 in Präsenz begrüßen dürfen.

Einen ersten Überblick über diese und andere Aktivitäten sowie über die Arbeitsgebiete des IUTA können Sie sich auf den folgenden Seiten verschaffen. Weiterführende Informationen, insbesondere zu den Projekten, die nicht unter Vertraulichkeitsvereinbarungen stehen, finden Sie auf unserer Internetseite [www.iuta.de](http://www.iuta.de). Dort sind auch die jeweiligen Ansprechpartner/-innen angegeben. Zögern Sie nicht, uns anzusprechen!

Institutionell ist das IUTA als Gründungsmitglied mit der Johannes-Rau-Forschungsgemeinschaft, der Forschungsgemeinschaft des Landes NRW, und als An-Institut mit der Universität Duisburg-Essen verknüpft. Diese intensiv gelebten Verbindungen haben sich auch 2020 trotz Corona in vielen gemeinsamen

Aktivitäten widergespiegelt, u. a. in neuen Forschungsprojekten mit anderen JRF-Instituten, in (Online-)Lehrveranstaltungen und in begonnenen und abgeschlossenen Promotionsvorhaben von IUTA-Mitarbeiter/-innen an der Universität.

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 2020 durch ihr großartiges Engagement wieder hervorragend unterstützt haben.

Unser besonderer Dank gilt dem Verwaltungsrat des IUTA e.V. mit seinem Vorsitzenden, Herrn Prof. Dr. Dieter Schramm, sowie seinen beiden Stellvertretern, Herrn Holger Ellerbrock und Herrn Prof. Dr. Bernd Neukirchen und unserem Wissenschaftlichen Kuratorium unter dem Vorsitz von Prof. Dr. Roger Gläser.

Unser Dank gilt auch Herrn Dr. Arthur Heberle (Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe GmbH), der den Forschungsbeirat des IUTA zusammen mit Herrn Prof. Dr. K. G. Schmidt leitet und Herrn Dr. Bertram Böhringer (Blücher GmbH) 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 2021



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 46 juristische Mitglieder (Firmen und Organisationen), 23 persönliche Mitglieder und 46 Mitglieder im Bereich der *Industriellen Gemeinschaftsforschung* (vor allem Forschungseinrichtungen und forschende Unternehmen).

Auf der operativen Ebene gliedert sich das IUTA zurzeit in zehn Bereiche, die den drei Arbeitsgebieten *Umwelt und Nachhaltigkeit*, *Energie und Ressourcen* und *Zentrale Einrichtungen* zugeordnet sind. Die aktuelle Struktur des IUTA ist in Abb. 2-1 dargestellt. Diese Organisationsstruktur wird dynamisch an die

inhaltlichen Ausrichtungen angepasst. 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.

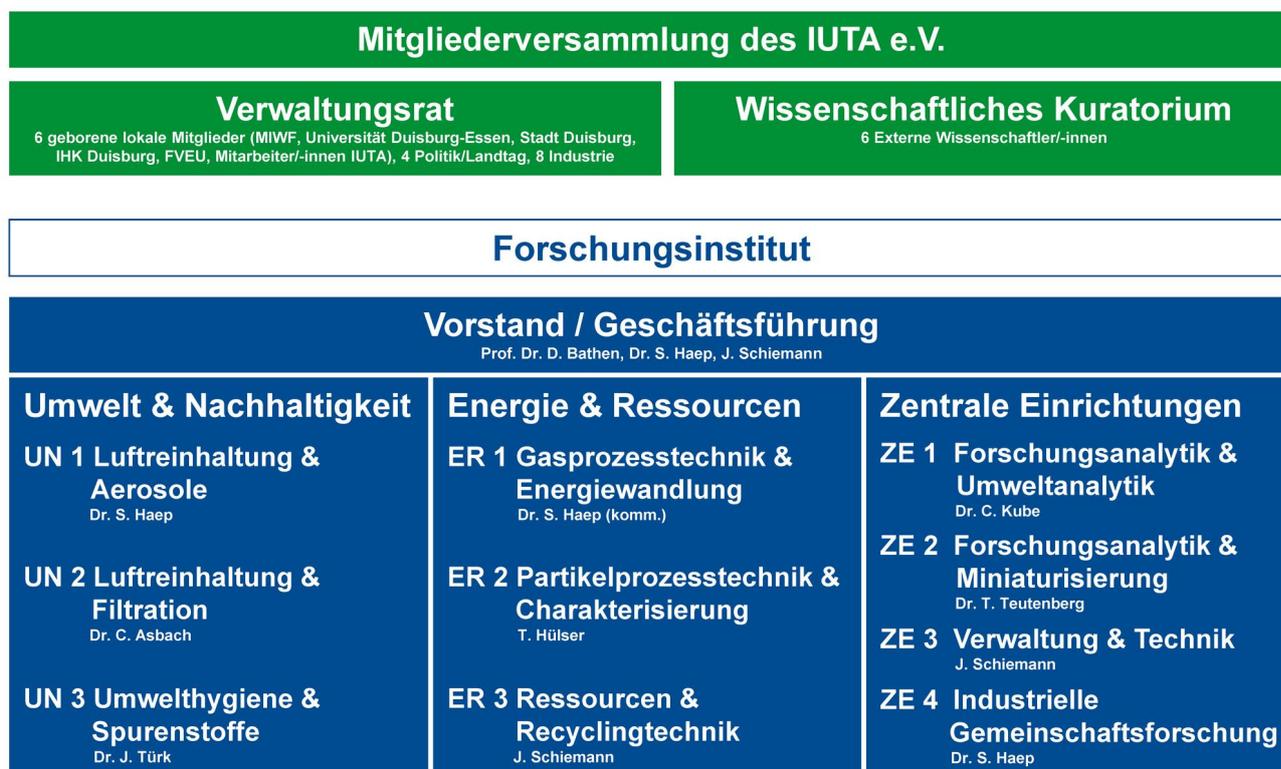


Abb. 2-1: Organigramm des IUTA e.V. (Stand: 31.12.2020)

### 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 sich das IUTA konsequent auf die vier Leitthemen „*Aerosole & Partikel*“, „*Luftreinhaltung & Gasprozesstechnik*“, „*Ressourcen & Energie*“, „*Analytik & Messtechnik*“ ausgerichtet. Diese werden unabhängig von der organisatorischen Struktur des IUTA bereichsübergreifend adressiert. Die Auswahl der Leitthemen ist das Ergebnis einer regelmäßigen Analyse der Marktpotenziale und der systematisch aufgebauten technologischen Kernkompetenzen in den Bereichen Verfahrenstechnik im industrierelevanten Maßstab sowie Chemische & Physikalische 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 eine effizientere Bearbeitung der Projekte erlauben.

### Geschäftsverlauf

Im Jahr 2020 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 dabei 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 BMWi. 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 BMWi ermöglichen die notwendige industriennahe angewandte Forschung, um insbesondere mittelständische Unternehmen bei ihrer Technologieentwicklung nachhaltig zu unterstützen. Mit dem INNO-KOM Modul IZ konnte das IUTA auch 2020 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 2020 rd. 5,3 Mio. Euro Zuwendungsmittel an externe Forschungsstellen in Deutschland weiter.

Flankierend zur Forschung führte das IUTA auch 2020 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 nach TA Luft

5.4.8.10.3/11.3 oder DIN EN 50625-X. Insbesondere die Prüfung von Filtern für raumlufttechnische Anlagen, Innenraumluftreiniger und Masken sowie die Unterstützung der Unternehmen bei der Entwicklung und Markteinführung neuer Produkte wurden im Jahr 2020 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 Bereiche *Forschungsanalytik* sowie *Umwelthygiene & Spurenstoffe* (FA/UHS) 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.

### **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 Entsorgungsfachbetriebsverordnung (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 zugehörigen Qualitätssysteme einzuhalten.

### **Compliance-Richtlinie**

Im November 2016 hat die Mitgliederversammlung des IUTA e.V. die vom Vorstand erarbeitete Compliance-Richtlinie per Beschluss 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<sup>2</sup> 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<sup>2</sup> Büro-/Laborflächen und ca. 5.200 m<sup>2</sup> 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 umfangrei-

che Analysetechnik zur chemisch-physikalischen Charakterisierung von Substanzen bzw. Schadstoffen in gasförmiger, flüssiger Matrix oder auch in partikulärer Form komplettiert. In 2020 wurde die Ausstattung um ein Raster-elektronenmikroskop mit integriertem konfokalem Raman-Mikroskop zur Probenanalyse mit Nanometer-Auflösung 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, so dass 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 fachlicher Austausch statt, sodass zahlreiche Studierende Qualifikationsarbeiten am IUTA an-

fertigen. 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 den Aufbau und 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 Bereiche

### 3.1 Luftreinhaltung & Aerosole

Der Bereich *Luftreinhaltung & Aerosole* 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 ausgewählte Anwendungen werden sowohl die notwendigen Messgeräte, Sensoren und Detektoren als auch Aktoren (weiter-)entwickelt und an die Anwendungsfälle in Gas- und Flüssigphasen adaptiert. Die Geräteausstattung des Bereichs wurde 2020 um einen weiteren Filtermedienprüfstand, ein Multikomponentenmesssystem für  $\text{Hg}_{\text{total}}$ ,  $\text{Hg}^0$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCl}$  und  $\text{H}_2\text{O}$  und zwei Feinstaubmesssysteme zur Bestimmung der  $\text{PM}_x$ -Massenfraktionen sowie eine Gaswarnanlage für das Hg-Labor erweitert.

Der Bereich 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 die 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.

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 über die Partikelabscheidung in Elektroabscheidern bis hin zur Simulation von Partikeltransport und -abscheidung in porösen Strukturen, wie bspw. textilen Filtern oder Schäumen.

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

achten, beispielsweise im Rahmen von Genehmigungsverfahren, runden das Leistungsspektrum ab.

Zu den Forschungspartnern und Auftraggebern zählen Unternehmen der chemischen In-

dustrie, 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	Flugstromverfahren	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	Quecksilber	✓	✓	✓				
	NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , ...		✓	✓	✓			
	(S)VOC	✓			✓	✓		

#### Aktuelle und neue Projekte:

- Feinstaubabscheidung in Wäschern
- Realitätsnahe Prüfmethode für Multieffektfilter
- Entwicklung von Detektionssystemen mit elektrochemisch aktiven Oberflächen zur Online-Überwachung von Filteranlagen
- Einfluss der Staubbeladung auf die chemische Alterung abreinigbarer Filtermedien – Laborversuche vs. Alterung der Medien in industriellen Anlagen
- Einsatzmöglichkeiten von Elektrofiltern in der Raumluftechnik unter besonderer Berücksichtigung der Energieeffizienz
- Einfluss der lokalen Außenluftqualität und der 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
- Probenahmesystem für legionellenbelastetes Aerosol aus Rückkühlanlagen
- Entwicklung von Methoden und Modellen zur Beschreibung aerosoldynamischer Vorgänge in (verfahrens-)technischen Prozessen
- Industrielle Prozessfeuerung mit  $H_2$  und  $O_2$
- Optimierung und Bewertung von Prozessketten zur chemischen  $CO_2$ -Verwertung für die Emissionsminderung in der Zementindustrie

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

### **Potenziale zur Integration von PtX-Technologien in Industrieprozessen**

Im Zuge einer systemanalytischen Betrachtung (IGF-Projekt 19742 N) wurden energiewirtschaftliche Analysen für die Integration von Synthesanlagen zur Umwandlung volatiler elektrischer Energie und  $CO_2$  zu  $synH_2$ ,  $synCH_4$  und  $synCH_3OH$  für einen fiktiven Unternehmensverbund durchgeführt. Der Unternehmensverbund besteht aus KMU unterschiedlicher Branchen mit einem hohen elektrischen Energiebedarf bzw. prozessbedingten  $CO_2$ -Emissionen. Um den zukünftigen Vorgaben zu entsprechen, wurde die Energieversorgung im Unternehmensverbund maßgeblich durch erneuerbare Energien (Windpark, PV-Freiflächenanlage und Biogas-BHKW) realisiert.

Daten zum Bedarf an elektrischer und thermischer Energie, zu  $CO_2$ -Emissionen sowie Brennstoffen, die eventuell durch  $H_2$ ,  $CH_4$ ,

$CH_3OH$  ersetzt werden könnten, wurden von Beispielunternehmen in hoher zeitlicher Auflösung ermittelt. Diese Daten wurden mittels Branchendaten zu spezifischen Emissions- und Verbrauchsdaten normiert, sodass die Ergebnisse der Analyse auf andere Unternehmen und Unternehmensverbände mit vergleichbarem Speicherbedarf übertragbar sind.

Die Zusammensetzung des Unternehmensverbundes, sein Strombedarf sowie die für Synthesen nutzbaren  $CO_2$ -Emissionen nicht fossilen Ursprungs (prozessbedingt und aus Biogasaufbereitung) sind Abb. 3-1 zu entnehmen.

Die Gegenüberstellung von elektrischer Last und volatiler Erzeugung in einem Windpark sowie einer PV-Freiflächenanlage in zeitlicher Auflösung (siehe Abb. 3-2) macht die Notwendigkeit von Speichertechnologien für volatil erzeugte elektrische Energie im Unternehmensverbund deutlich.

Für die weiteren Analysen wurde der Residuallastgang, der sich aus der Differenz zwischen der aktuellen Last im Unternehmensverbund abzgl. der zum gleichen Zeitpunkt volatil erzeugten elektrischen Energie ergibt, ermittelt.

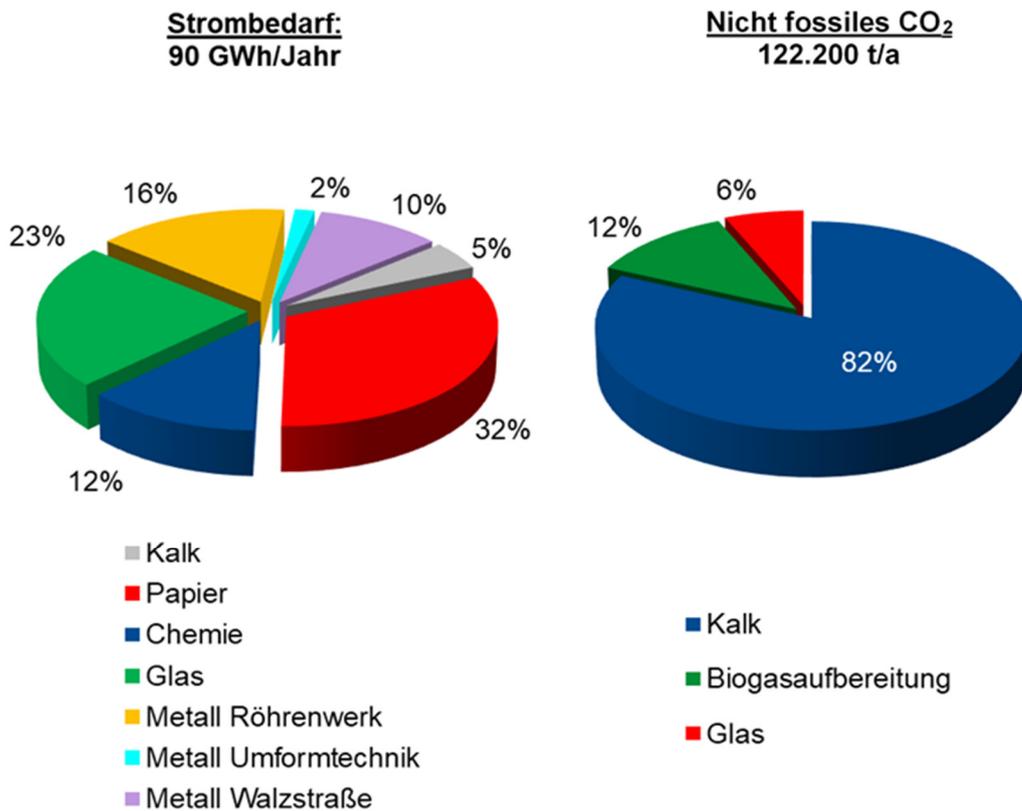


Abb. 3-1: Daten des Unternehmensverbundes

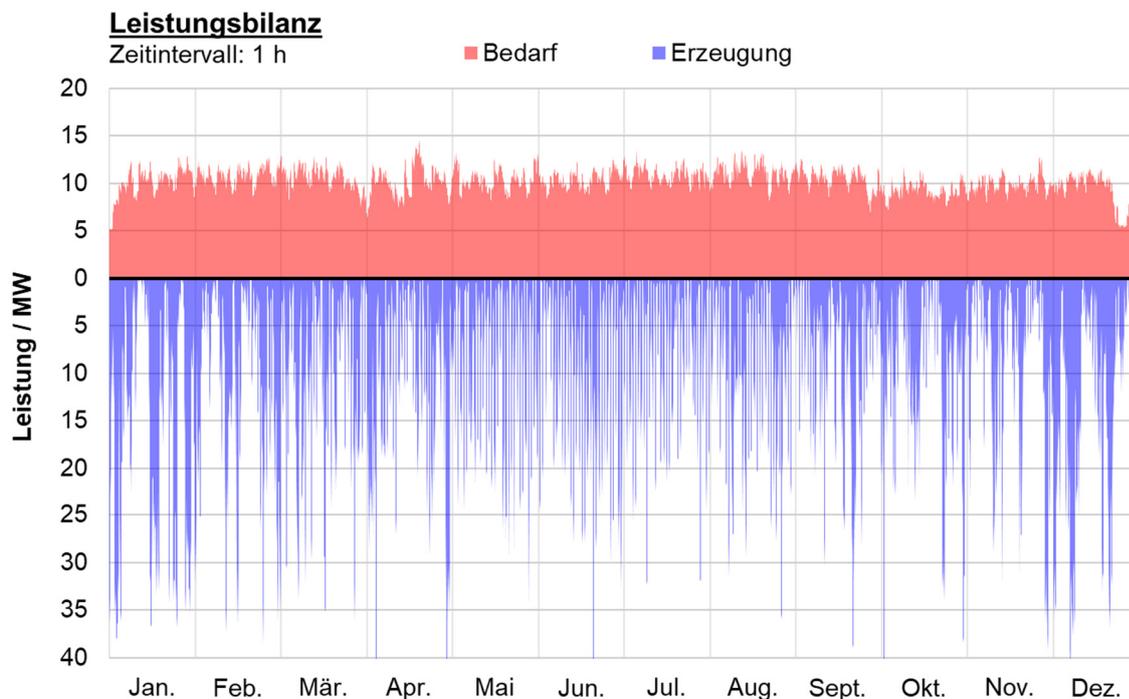


Abb. 3-2: Leistungsbilanz des fiktiven Unternehmensverbundes

Elektrolyseverfahren wie die Alkalische Elektrolyse (AEL), die Proton-Exchange-Membran (PEM) sowie die Solid-Oxid-Elektrolyse (SOEL), Prozesse zur direkten Synthese von CH<sub>4</sub> (synthetic natural gas – SNG) und CH<sub>3</sub>OH aus H<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub> sowie die CO<sub>2</sub>-Absorption mit Monoethanolamin (MEA) wurden mithilfe der Prozesssimulationssoftware Aspen Plus® modelliert und simuliert. Durch Verschaltung der Module können die Prozessketten zur Herstellung der chemischen Speicher abgebildet werden. Aus der modularen Betrachtung wurden spezifische Kennzahlen für die verschiedenen Prozesse bestimmt. Diese stellen die Grundlage der weiteren technischen und wirtschaftlichen Analysen dar und sind in der Tabelle 3-2 aufgeführt.

Zur Untersuchung der Integrationsmöglichkeiten von chemischen Speichertechnologien in einem Unternehmensverbund wurden drei Szenarien entlang des Kriteriums „Minderung von CO<sub>2</sub>-Emissionen“ entwickelt. Dabei wurden jeweils die gesetzlichen Vorgaben für das Referenzjahr 2030 eingehalten oder übertroffen.

Im **Szenario „Inselnetz“** steht die autarke Stromversorgung innerhalb des Verbundes im Vordergrund. Neben der Stromversorgung aus

volatilen Quellen (60 MW<sub>el</sub>) deckt die dispo- nible Erzeugung aus der Verstromung von Bio- methan bzw. synthetischem Wasserstoff und Methan (12 MW<sub>el</sub>) den verbleibenden Anteil des Strombedarfs. Das nicht genutzte Biome- than wird in das Erdgasnetz eingespeist und bi- lanziell auf den Erdgasverbrauch des Verbun- des angerechnet.

Das **Szenario „Dekarbonisierung“** zielt hin- gegen auf eine möglichst vollständige Verwer- tung der nicht fossilen CO<sub>2</sub>-Emissionen ab. Hierfür wurde der kombinierte Betrieb aller drei Syntheserouten angenommen und volatil er- zeugter regenerativer Strom aus Wind- und PV-Anlagen mit einer Leistung von 505 MW<sub>el</sub> benötigt, der über das öffentliche Stromnetz zur Verfügung gestellt wird. Der nicht für den Betrieb der Syntheseanlagen für Methan und Methanol benötigte Strom wird für die Wasser- elektrolyse sowie die Eigenstromversorgung des Verbundes genutzt. Die synthetischen Gase H<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> werden als klimaneutrale Synthesegase gewertet und bilanziell auf den Erdgasbedarf angerechnet. Die Einsparungen durch die Erdgassubstitution mit dem klima- neutralen Synthesegas reduzieren damit die Gesamtemissionen des Verbundes.

Tabelle 3-2: Spezifische Kennzahlen der betrachteten Prozesse

Kennzahl	Einheit	AEL	PEM	SOEL	SNG	MeOH	MEA
Heizwert Produkt	kWh kg <sup>-1</sup> <sub>P</sub>	33,29	33,29	33,29	13,22	5,86	0
Strombedarf	kWh kg <sup>-1</sup> <sub>P</sub>	61,88	59,10	41,76	0,29	0,15	0,02
Heizmittelbedarf	kWh kg <sup>-1</sup> <sub>P</sub>	0,94	0,25	5,91	0,04	0,49	1,28
Kühlmittelbedarf	kWh kg <sup>-1</sup> <sub>P</sub>	17,59	14,25	1,90	4,15	0,93	1,31
H <sub>2</sub> O-Bedarf	kg kg <sup>-1</sup> <sub>P</sub>	8,96	8,96	8,96	0	0	0
H <sub>2</sub> -Bedarf	kg kg <sup>-1</sup> <sub>P</sub>	0	0	0	2,10	0,19	0
CO <sub>2</sub> -Bedarf	kg kg <sup>-1</sup> <sub>P</sub>	0	0	0	2,63	1,46	1,11

Die Kennzahlen beziehen sich jeweils auf die betrachteten Produkte

Im **Szenario „Reserveanlage“** wird untersucht, wie sich der Bezug von regenerativem Strom über einen Liefervertrag mit Festpreisen, sogenannte Power Purchase Agreements (PPA), wirtschaftlich auswirkt. Diese bilateralen Stromlieferverträge sind für Post-EEG-Anlagen attraktiv, die zukünftig zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit und Netzstabilität weiter benötigt, aber u. U. nur eine geringe jährliche Auslastung haben werden. Die installierte Leistung solcher Reserveanlagen von 180 MW<sub>el</sub> liefert volatilen Strom zur Eigenversorgung des Verbundes sowie zum Speicherbetrieb. Dabei wird jeweils eine der Syntheserouten zu H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> oder CH<sub>3</sub>OH betrachtet.

Ausgehend von einem Strombedarf des Verbundes von jährlich 90 GWh wird in allen drei Szenarien der Eigenstrombedarf zu 100 % aus erneuerbaren Energiequellen gedeckt. Damit leistet der Unternehmensverbund in allen drei Szenarien einen Beitrag zur Erfüllung des Ziels, im Referenzjahr 2030 65 % der Bruttostromversorgung in der BRD aus regenerativen Quellen zu decken.

Auf Grundlage der stündlich aufgelösten Stromleistungsprofile der Verbraucher- und Erzeugerseite wurden für die verschiedenen Szenarien Massen- und Energiebilanzen erstellt und diese zur Bestimmung der benötigten Speicherkapazität genutzt. Ebenfalls ermittelt wurden die Speicherleistung sowie die Auslastung der Syntheseanlagen.

Basierend auf den Anlagendaten der Syntheseanlagen wurden schließlich wirtschaftliche Bewertungen durchgeführt, wobei auch eine Prognose für die Jahre 2030 und 2050 erfolgte.

Durch die Installation von PtG- und PtL-Anlagen zur Synthese von synH<sub>2</sub>, synCH<sub>4</sub> und synCH<sub>3</sub>OH ergeben sich für den Unternehmensverbund verschiedene Potenziale zur Senkung der Energie- und Umweltkosten. Während die Einsparungen durch vermiedene Stromkosten in allen Szenarien übereinstimmend mit sinkenden EEG-Umlagen abnehmen

werden, sind durch die Umwandlung großer Mengen an CO<sub>2</sub> in die Syntheseprodukte CH<sub>4</sub> und CH<sub>3</sub>OH bereits heute große Einsparungen zu erzielen, die mit zukünftig zunehmenden Kosten für die Treibhausgas-Emissionen deutlich ansteigen werden.

Die in den Prozesssimulationen ermittelten Produktqualitäten lassen eine Verwertung der Syntheseprodukte als Roh-, Kraft- oder Brennstoff ohne Einschränkungen zu, sodass sich bei der Vermarktung Erlöse erzielen lassen.

Die Vermarktung von synH<sub>2</sub> als Kraftstoff generiert dabei signifikant höhere Erlöse als die Einspeisung in das Gasnetz. Bislang ist der H<sub>2</sub>-Preis an Tankstellen an den Dieselpreis gekoppelt. Synthetisches Methan kann in unbegrenzter Menge in das Erdgasnetz eingespeist und zu den für Biomethan geltenden Preisen vermarktet werden. Die Vermarktung von Methanol als Roh- und Brennstoff wurde ebenfalls betrachtet.

Zusätzlich wurden die heutigen und zukünftigen Gesteungskosten für die drei Syntheseprodukte unter den Bedingungen der drei Szenarien bestimmt. Ein Vergleich mit den erzielbaren Erlösen bei direkter Vermarktung der Syntheseprodukte zeigte, dass für die Konditionen im Bezugsjahr 2020 die Gesteungskosten für die drei Syntheseprodukte deutlich oberhalb der am Markt erzielbaren Erlöse liegen. Unter den prognostizierten Kosten- und Preisentwicklungen wird jedoch die Wasserstoffsynthese ab dem Jahr 2030 bei ausreichend hoher Anlagenauslastung wirtschaftlich. Eine Rückverstromung der Syntheseprodukte ist hingegen genauso wenig wirtschaftlich wie eine Substitution des im Unternehmensverbund genutzten Erdgases.

Die abschließend durchgeführte Sensitivitätsanalyse zeigte einen starken Einfluss der Anlagenauslastung auf die Gesteungskosten. Da die Gesteungskosten mit steigenden Volllast- und Teillaststunden abnehmen, kommt der optimalen Anlagenauslegung eine wesentliche

Rolle zu. Eine geringe Sensitivität der Gesteungskosten besteht auf die Investitionskosten. Durch eine Reduzierung der Investitionskosten um ca. 70 % konnten die Gesteungskosten für Methan nur um 18 % gesenkt werden. Eine starke Sensitivität der Gesteungskosten besteht hingegen auf den Strompreis. Allerdings führt im Jahr 2030 selbst eine kostenlose Strombereitstellung nicht zu Gesteungskosten unterhalb der dann erzielbaren Erlöse für die Syntheseprodukte.

Für den Unternehmensverbund besteht beim Betrieb von chemischen Speichertechnologien das Ziel einer Optimierung darin, die zukünftige Energieversorgung mit einem hohen Anteil regenerativer Energie zu möglichst niedrigen Kosten sicher zu stellen. Der Rahmen zur Zielerreichung wird dabei durch politische und daraus abgeleitete gesetzliche Vorgaben gesteckt.

Gleichzeitig impliziert das Optimierungsziel die Formulierung von Anforderungen an den Betrieb der chemischen Speichertechnologien, wie z. B. eine möglichst hohe Anlagenauslastung, niedrige Investitionskosten sowie einen geringen Eigenenergiebedarf der Syntheseanlagen. Dabei können technische Maßnahmen, die z. B. einen verbesserten Wärme- und Stoffübergang bewirken, einen Beitrag leisten und müssen für die verschiedenen Syntheserouten identifiziert werden.

Die bisher verfügbaren Betriebserfahrungen über Syntheseanlagen zur Speicherung elektrischer Energie basieren in der Regel auf im Rahmen von Forschungsprojekten erhobenen Daten. Dabei sind die Dimensionen der Syntheseanlagen häufig nicht hinsichtlich hoher Anlagenauslastungen und damit niedrigen spezifischen Gesteungskosten optimiert und es fehlt eine Integration aller Energie- und Mas-

senströme in die vorhandene Infrastruktur, wie sie beispielsweise ein Unternehmensverbund zur Verfügung stellt. Aus der Kombination verschiedener Syntheseanlagen ergeben sich weitere Freiheitsgrade für die wirtschaftliche Optimierung des Betriebs von chemischen Speichertechnologien in einem Unternehmensverbund.

Als wirtschaftlich aussichtsreich hat sich eine möglichst weitgehende Nutzung von prozessbedingtem CO<sub>2</sub> aus dem Unternehmensverbund herausgestellt. Allerdings ist hierfür ein beträchtlicher Zubau an EE-Anlagen zur Erzeugung eines ausreichenden Stromangebots aus volatilen Erzeugungsanlagen erforderlich. Die für einen wirtschaftlichen Betrieb notwendige hohe Auslastung der PtX-Anlagen ist nur bei einer entsprechenden Verfügbarkeit regenerativen Stroms aus volatilen Quellen (Wind, PV) zu erreichen. Bei einer Beschränkung auf regionale EE-Anlagen kann das jedoch nicht gewährleistet werden. Daher sind für einen Unternehmensverbund Stromlieferverträge (sogenannte PPAs) mit Anbietern von regenerativem Strom attraktiv, die nationale und internationale Erzeugungsanlagen in ihrem Portfolio haben.

Der Betrieb der Elektrolyse sollte dem Angebot an volatilem Strom folgen, der erzeugte Wasserstoff kann im Erdgasnetz gespeichert und transportiert werden. Am Standort der Syntheseanlage, die bevorzugt in der Nähe einer CO<sub>2</sub>-Punktquelle wie einem Kalkwerk lokalisiert sein sollte, wird die erforderliche Menge an H<sub>2</sub> entnommen. Dies ist durch geeignete Trenntechniken für Wasserstoff und Erdgas (z. B. Membrantechnik) möglich. Die Synthese von CH<sub>4</sub> oder CH<sub>3</sub>OH kann dann mit einer hohen Anlagenauslastung von ca. 8.700 h/a parallel zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung betrieben werden.

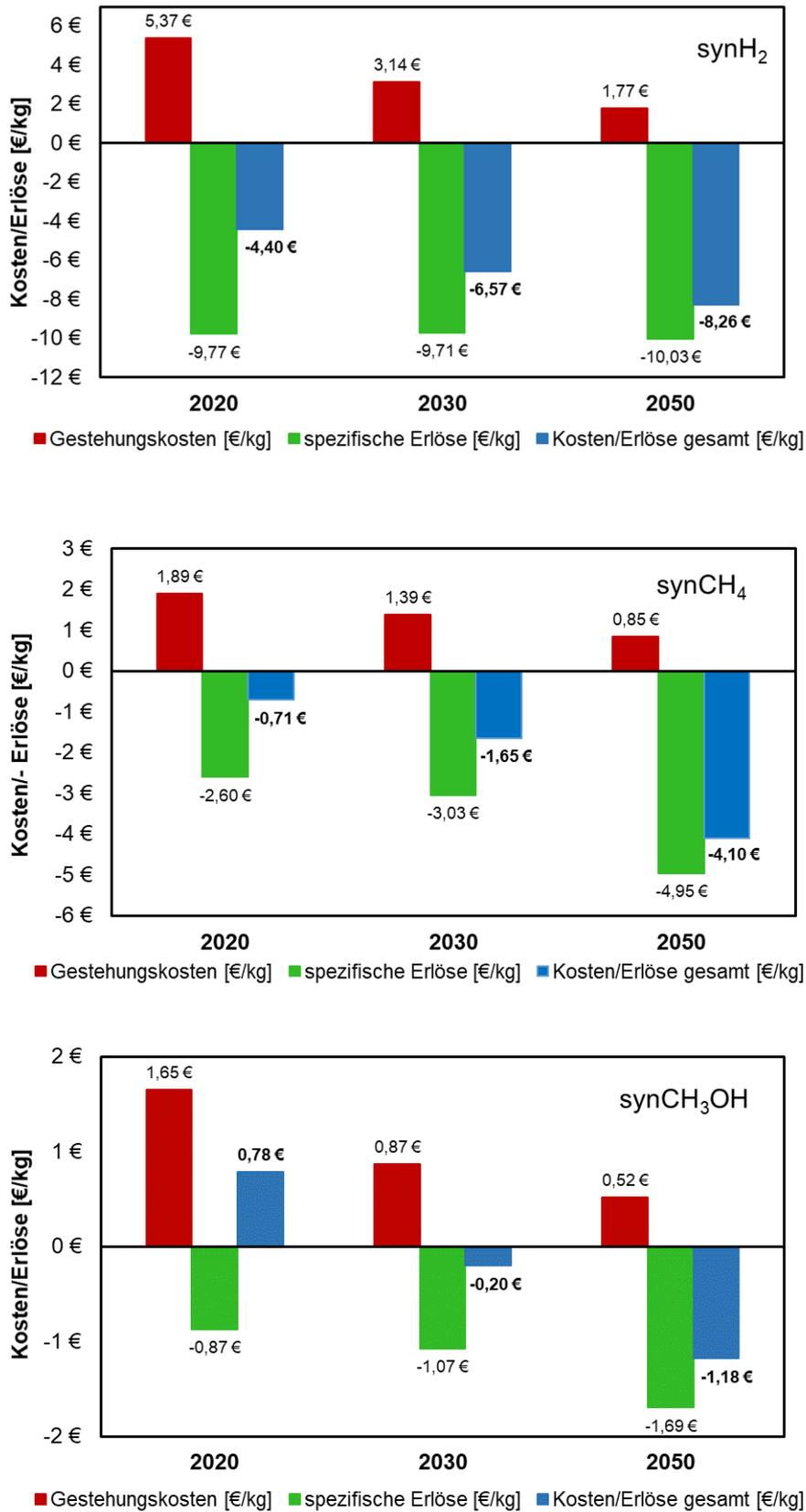


Abb. 3-3: Prognose der spezifischen Erlöse bei Dekarbonisierung mit PPA

Für eine Dekarbonisierung des Unternehmensverbundes in Verbindung mit einem PPA zur Versorgung mit regenerativem Strom wurden Wirtschaftlichkeitsberechnungen mit einer Prognose auf 2030 und 2050 durchgeführt. Dabei wurden die erzielbaren Erlöse aus der Vermarktung von Synthese- und Koppelprodukten sowie die Einsparungen durch vermiedene CO<sub>2</sub>-Emissionen den Gestehungskosten der Syntheseprodukte gegenübergestellt. In Abb. 3-3 sind die Ergebnisse für die drei Syntheserouten dargestellt, wobei Erlöse durch ein negatives Vorzeichen gekennzeichnet sind. Für die Vermarktung von synH<sub>2</sub> als Kraftstoff wären bereits heute deutliche Erlöse erzielbar. Dies gilt auch für die Einspeisung von synCH<sub>4</sub> in das Erdgasnetz und eine Vermarktung als Biogas. Die prognostizierte Preis- und Erlösentwicklung ist zwar mit einer signifikanten Unschärfe behaftet, zeigt jedoch für alle Syntheseprodukte eine Verbesserung der Erlössituation ab dem Jahr 2030.

Mit den realisierbaren CO<sub>2</sub>-Einsparungen durch die regenerative Versorgung mit Strom und Wärme durch Abwärmenutzung und Substitution durch synFuel entsteht ein volkswirtschaftlicher Nutzen, der eine intensive Förderung der Technologieentwicklungen zur Integration von PtX im industriellen Umfeld rechtfertigt. Die u. a. in diesem Projekt gewonnenen Erkenntnisse sollten in die Entwicklung von Förderinstrumenten zur Integration von PtX-Technologien im industriellen Umfeld einfließen.

Neben einer Investitionsförderung über Zuschüsse oder Darlehen zu günstigen Konditionen kommt demnach einer Entlastung der Unternehmen von den hohen Betriebskosten eine maßgebliche Rolle zu. Dies könnte durch steuerliche Entlastungen in Höhe des Mehraufwandes der Unternehmen erfolgen.

Darüber hinaus ist eine Entlastung durch den Wegfall der EEG-Umlage auf regenerativen Strom zum Betrieb der Elektrolyseure und Syntheseanlagen inklusive aller Nebenanlagen notwendig.

Der Schlussbericht des IGF-Projektes „Ermittlung der technischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen für den Betrieb von chemischen Speichertechnologien in einem Unternehmensverbund“ steht auf der Internetseite des IUTA zum Download zur Verfügung.

Förderhinweis:

Das IGF-Projekt 19742 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 Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Forschungsnetzwerk  
Mittelstand

**Experimentelle Optimierung des Sprüh-elektrodendesigns im Nass-Elektrofilter (NEF) der Hüttenwerke Krupp Mannesmann GmbH**

In dem Forschungsprojekt wurde in Zusammenarbeit mit der ELSTATEC GmbH und der BTU-Cottbus eine NEF-Versuchsanlage entworfen, aufgebaut und in Betrieb genommen (siehe Abb. 3-4). Mit ihr ist es möglich, die Partikelabscheidung am Stahlkonverter der Hüttenwerke Krupp Mannesmann GmbH zu untersuchen. Das NEF besitzt identische Maße wie die 1560 Waben des HKM-Nasselektrofilters und wird mit realem Prozessgas durchströmt.



Abb. 3-4: Aufbau des Versuchselektrofilters bei der Hüttenwerke Krupp Mannesmann GmbH

Ziel der Untersuchungen war es, die Leistung des vorhandenen elektrischen Versorgungs-Netzteils effizienter zu nutzen und so eine weitere Reduktion der partikulären Emissionen zu erreichen. Hierzu wurden im Vorfeld bereits Laborversuche und numerische Simulationen durchgeführt, um eine modifizierte Innenelektrode zu entwickeln, die geringere elektrische Stromstärken ermöglicht.

Die originale Innenelektrode besteht aus einem Drahtseil mit aufgedrückt Dornen. Die optimierte Elektrode ist zweistufig ausgeführt. Sie besitzt eine Stufe mit gekürzten Dornen zur Aufladung der Partikel und eine zweite Stufe, in der kein Strom fließt, der als Rohr (DN 60) realisiert ist. Beide Elektroden wurden vor Ort experimentell untersucht.



Abb. 3-5: Originale Elektrode (rechts) und optimierte Elektrode (Mitte und links)

Der Prozess ist sowohl in Bezug auf die Gaszusammensetzung als auch die entstehenden Partikelkonzentrationen stark instationär. Die entstehenden Partikelgrößenverteilungen im Verlauf einer Schmelze sind zwar sehr ähnlich, jedoch variiert die Partikelanzahl stark.

Der Median der Partikelgrößenverteilung liegt während des Blasvorgangs bei Partikeldurchmessern zwischen 100 und 150 nm. Die Messung der Anzahlgrößenverteilungen erfolgte roh- und reingasseitig mithilfe zweier FMPS (Fast Mobility Particle Sizer) und zweier Welas-Streulichtmessgeräte.

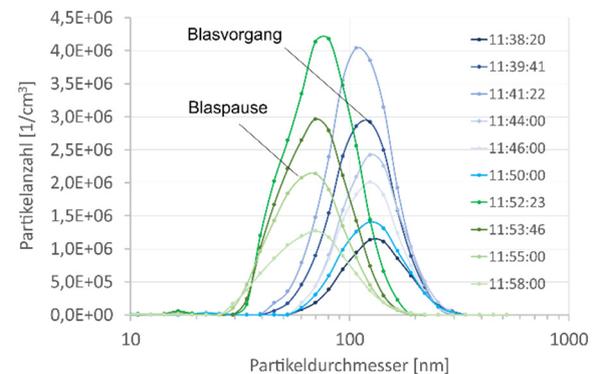


Abb. 3-6: Partikelgrößenverteilungen (FMPS) im Verlauf einer Schmelze

Der elektrische Betriebspunkt des HKM-NEF (40 kV / 4 mA) wurde im Feldversuch bestätigt. Die gemessene Partikelabscheidung lag bei > 99 %. Der Betrieb war stabil und ohne elektrische Überschläge. Der Leistungseintrag lag mit bis zu 200 W nahe an der Leistungsgrenze für eine einzelne Wabe des HKM-NEF.

Die optimierte Elektrode ermöglichte im Betrieb höhere Betriebsspannungen als die originale Elektrode. Maximal wurde eine Betriebsspannung von 59 kV in Luft erreicht. Mit Prozessgas wurden Spannungen bis 50 kV erreicht. Der maximale Leistungseintrag mit Prozessgas lag bei ca. 100 W. In diesem Betriebspunkt wurde ein Partikelabscheidegrad von ebenfalls > 99 % erzielt.

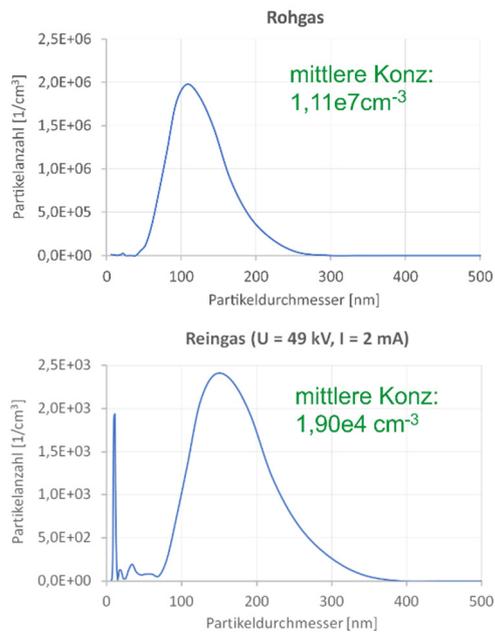


Abb. 3-7: Aerosolmessung (FMPS) mit 2-stufiger Elektrode (P = 98 W)

Um die Feldstärke an der Niederschlagelektrode zu senken und damit eine höhere Durchschlagsfestigkeit des Systems zu erreichen, sind weitere Feldversuche mit einer weiter optimierten Elektrode geplant.

### 3.2 Luftreinhaltung & Filtration

Der Bereich *Luftreinhaltung & Filtration* forscht und entwickelt im Gebiet der Partikel-/Gasfiltration sowie der Partikel-/Gasmesstechnik. Er verfügt über eine breite messtechnische Ausstattung und eine Vielzahl aufwändiger Prüfstände, die sowohl zur normgerechten Prüfung von Filtern und Adsorbentien als auch für die Entwicklung neuer Materialien oder Messverfahren eingesetzt werden. Die Anwendungsgebiete umfassen dabei ein weites Spektrum von der Filtration in raumluftechnischen Anlagen sowie im Kfz, über Koaleszenz- und Druckluftfilter bis hin zur Entfernung toxischer und hochtoxischer Schadgase aus Luftströmungen. Die Prüfung von Atemschutzmasken in Anlehnung an EN149, u. a. auch mit Partikeln der gleichen Größe wie Viren, zählen ebenfalls zum Angebot des Bereichs. Außerdem werden messtechnische Entwicklungen durchgeführt, z. B. für Filterprüfungen, zur Bewertung von Messtechnik, z. B. Sensoren, zur Charakteri-

sierung 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 weitere Anwendungen entwickeln.

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

Tabelle 3-3: Prüfstände im Bereich *Luftreinhaltung & Filtration*

	Prüfstand <i>Norm</i>	RLT-Filter (ISO 16890, ehem. EN 779)	Druckluft (ISO 12500)	Kfz Filter (DIN 71460, ISO 11155)	MFP (DIN EN 1822-3)	Raumlufreiniger (DIN 44973-100 <sup>3</sup> , GB T18801-2015)	Gerüche	Tox
	Volumenstrom	400-5000 m <sup>3</sup> /h	1-3000 m <sup>3</sup> /h	60-800 m <sup>3</sup> /h	1-35 m <sup>3</sup> /h		50-250 m <sup>3</sup> /h	1-25 m <sup>3</sup> /h
Partikel	> 10 µm	✓		✓	✓			
	< 10 µm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	< 1 µm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	< 0,1 µm	✓	✓ <sup>2</sup>	✓	✓	✓	✓	
Gas	SO <sub>2</sub>			✓				✓
	NH <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub>			✓		✓		✓
	(S)VOC		✓	✓		✓	✓	✓
	Butan, Toluol			✓		✓		✓
	Formaldehyd					✓		✓
	Tox. Gase <sup>1</sup>							✓

<sup>1</sup> z. B. Blausäure, Phosgen, Benzol, etc. <sup>2</sup> nach Entspannung

<sup>3</sup> Entwurf

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 absolut mit Normvolumenströmen von 1 bis 100 m<sup>3</sup>/h bzw. von 50 bis 3000 m<sup>3</sup>/h betrieben werden. Diese Aufbauten erlauben die Messung des Restölgehaltes (ISO 12500 Teil 1), des Öldampfgehaltes (Teil 2) sowie der Partikel (Teil 3). Im großen Druckluftfilterprüfstand (50 – 3000 m<sup>3</sup>/h) kann zudem die Temperatur stabil zwischen 10 und 50 °C eingestellt werden, 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 %) im Hinblick auf Partikelabscheidung und Gasadsorption gemäß den Normen ISO 11155 und DIN 71460 untersucht werden.

An einem Medienfilterprüfstand (MFP) lassen sich Filterrunden mit einer angeströmten Querschnittsfläche von 100 cm<sup>2</sup> mit einer großen Bandbreite an Anströmgeschwindigkeiten sowie verschiedensten Testaerosolen prüfen.

Weiterhin verfügt der Bereich *Luftreinhaltung & Filtration* über einen variablen Prüfraum, in dem die Effektivität von Raumluftreinigern untersucht wird. Für Untersuchungen gemäß der chinesischen Norm GB T18801-2015 beträgt das Volumen des Raumes 30 m<sup>3</sup>. 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 sind Möglichkeiten zur definierten Alterung der eingesetzten Filter, z. B. mit Zigarettenrauch oder Formaldehyd vorhanden.

Ein weiterer Prüfstand des Bereiches erlaubt die definierte Einspeisung von Gasen und Partikeln in einen Prüfkanal, der an ein Olfaktometer gekoppelt ist. Der Aufbau ermöglicht somit die Bewertung der Geruchsabscheidung z. B. von Kfz-Innenraumfiltern. Als typische Gas- und Partikelquellen können beispielsweise das Abgas eines Dieselmotors sowie Zigarettenrauch zum Einsatz kommen.

Zu guter Letzt verfügt der Bereich über einen einzigartigen Prüfstand, der es erlaubt, sicher mit unterschiedlichen, auch toxischen oder hochtoxischen Gasen umzugehen, um z. B. deren Adsorption an Schüttungen von Adsorbentien, Flachmedien oder Gasmasken zu untersuchen. Der Prüfstand verfügt über eine aufwändige Gaskonditionierung, sodass für Volumenströme zwischen 1 und 25 m<sup>3</sup>/h konstante Temperaturen zwischen 10 und 50 °C sowie relative Luftfeuchten zwischen < 5 % und 90 % gehalten werden. Dem Trägergasstrom können bis zu sechs Schadgase gleichzeitig zugemischt werden, jeweils in einem Konzentrationsbereich zwischen 1 und 1000 ppm. Anders als in den meisten anderen Fällen können hier also nicht nur Einzelgase, sondern auch Schadgasgemische untersucht werden.

### **Adsorptionsverhalten innenraumrelevanter Kohlenwasserstoffe an Adsorptionsfiltern für die Raumlufttechnik**

Zunehmende Anforderungen an die Luftqualität in Innenräumen führten in den vergangenen Jahren zu einer steigenden Nachfrage nach Raumluftfiltern mit adsorptiver Wirkung. Mithilfe dieser Filter kann die Belastung der Innenraumluft mit Schadgasen reduziert werden. Die Abscheidung erfolgt dabei durch Adsorption an Sorbentien, wie z. B. Aktivkohle. In die Filter eingebracht werden die Adsorbentien in Form von Schüttungen oder in dünnen Schichten im Verbund mit plissierten textilen Vliesstrukturen.

Die steigende Nachfrage und das damit wachsende Angebot von adsorptiven Raumlufffiltern führte 2013 zur internationalen Standardisierung einer Prüfmethode für diese Filter. In der Norm DIN EN ISO 10121 werden Testprozeduren vorgegeben, mit denen ein Leistungsvergleich verschiedener Filter hinsichtlich der Schadgasabscheidung möglich ist. In einem ersten Forschungsprojekt am IUTA zu adsorptiven Raumlufffiltern wurde in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Nanopartikelprozesstechnik der Universität Duisburg-Essen die praktische Umsetzung der Prüfungen nach Norm evaluiert. Diese bestehen aus Durchbruchstests mit verschiedenen Prüfgasen, die unterschiedliche Schadgasklassen repräsentieren. Toluol wird als Repräsentant für flüchtige Kohlenwasserstoffe (volatile organic compounds – VOC) als Prüfgas vorgeschlagen, Schwefeldioxid für saure Gase und Ammoniak für basische Gase.

Im Rahmen des Ende 2020 abgeschlossenen Projekts wurden drei weitere Fragenkomplexe im Zusammenhang mit einer möglichen Weiterentwicklung der Norm wissenschaftlich untersucht. Neben Untersuchungen zur In-situ-Regeneration von Raumlufffiltern sowie zur Alterung der Filter während der Betriebszeit ging es um den Vergleich der Adsorption von weiteren innenraumrelevanten VOCs an Raumlufffiltern im Vergleich zu Toluol. Im Folgenden wird die letztgenannte Studie genauer beschrieben und ein Auszug aus den Ergebnissen vorgestellt.

Zur Beantwortung der Frage, inwieweit Tests mit Toluol als Prüfgas geeignet sind, das Vermögen der Filter zur Abscheidung anderer innenraumrelevanter VOCs zu beurteilen, wurden die in der Norm vorgegebenen Prüfungen (bei 23 °C, 50 % relativer Luftfeuchte, Nennanströmgeschwindigkeit des Mediums) an Adsorptionsprüfständen mit 6 weiteren ausgewählten VOCs durchgeführt. Bei den Substanzen handelte es sich um die Aromaten Benzol, Ethylbenzol, o-Xylol und Styrol sowie die Terpene  $\alpha$ -Pinen und Limonen. Mit den verschie-

denen Substanzen wurde jeweils an drei verschiedenartigen Filtermedien aus Raumlufffilteranwendungen getestet. Dabei handelte es sich um ein herkömmliches Kombiflächfiltermedium (Medium 1), ein hochporöses Flachfiltermedium aus gröberen Fasern mit Aktivkohleclustern (Medium 2) und eine Schüttung aus zylindrischen Pellets (Medium 3). Die Filtermedien wurden weitergehend hinsichtlich ihrer Porenstruktur und der inneren Oberfläche charakterisiert. Da die Versuche mit jeder Substanz auch bei mindestens drei verschiedenen Prüfgaskonzentrationen (9, 40 und 90 ppmV) durchgeführt wurden, ergab sich eine umfangreiche Versuchs- und eine entsprechend große Ergebnismatrix. Die Systematik bei der Auswertung der Ergebnisse wird hier, der Übersichtlichkeit halber, an einer Auswahl von drei Testsubstanzen, Toluol, Benzol und Limonen, dargestellt, die u. a. aufgrund ihrer stark differierenden Volatilität unterschiedliche Adsorptionscharakteristika aufweisen.

Als direkte Ergebnisse aus den Durchbruchstests standen zunächst die Durchbruchkurven zur Verfügung. Darin wird die auf der Reingasseite gemessene Prüfgaskonzentration bezogen auf die Eingangskonzentration in Abhängigkeit von der Versuchszeit dargestellt. In Abb. 3-8 sind als Beispiel die Durchbruchkurven der drei Testsubstanzen bei jeweils 9 ppm und einer Anströmgeschwindigkeit von 0,06 m/s durch das Medium 1 abgebildet. Es ist zu erkennen, dass die Durchbruchkurve von Benzol einen konvexen Verlauf mit der Versuchszeit nimmt. Die Durchbruchkurven von Toluol und Limonen weisen dagegen den für Gasreinigungsprozesse angestrebten s-förmigen Verlauf auf.

Mit Hilfe der gemessenen Roh- und Reingaskonzentrationen während der bis zum Erreichen des Gleichgewichtszustandes ausgeführten einzelnen Durchbruchversuche wurden die Gleichgewichtskapazitäten der Substanzen bei 23 °C und der jeweiligen Prüfgaskonzentration ermittelt.

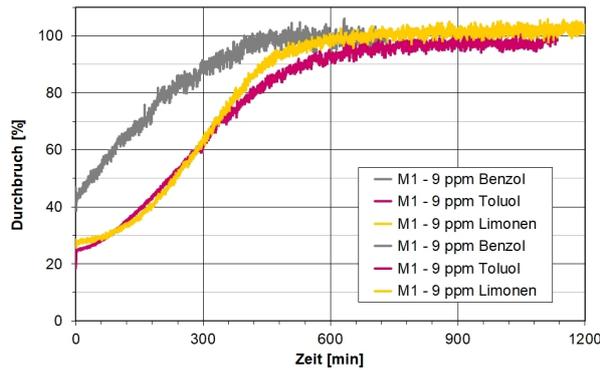


Abb. 3-8: Durchbruchkurven von Benzol, Toluol und Limonen an Medium 1 (23 °C, 50 % r. F., Prüfgaskonzentration 9 ppm, Anströmgeschwindigkeit 0,06 m/s)

Diese Werte führen zu jeweils einem Punkt der entsprechenden Adsorptionsisothermen, die für bestimmte Temperaturen den Zusammenhang zwischen der maximalen Kapazität der Aktivkohle für das spezifische Gas bei einer bestimmten Konzentration in der Gasphase darstellen. In Abb. 3-9 sind die auf die beschriebene Weise ermittelten Isothermenwerte von Benzol, Toluol und Limonen an den drei verschiedenen Medien als Symbole dargestellt.

Bei den abgebildeten Kurven handelt es sich um Isothermengleichungen nach Freundlich, die an die experimentell ermittelten Werte mithilfe des Levenberg-Marquardt-Algorithmus nach dem Prinzip der kleinsten Fehlerquadrate angepasst wurden. Es ist erkennbar, dass die massenspezifischen Kapazitäten aller drei Medien für Benzol am geringsten sind, es gibt jedoch keine Übereinstimmung der Kapazitätsunterschiede zwischen den drei Substanzen an den unterschiedlichen Medien.

Zur weiteren Auswertung wurden die gewonnenen Ergebnisse als spezifische Gleichgewichtswerte dargestellt. Hierzu wurden die adsorbierten Volumina in Bezug zu den Porenvolumina der Aktivkohlen der drei Medien gesetzt. Darüber hinaus wurde untersucht, inwieweit die Unterschiede bei den Gleichgewichtskapazitäten der verschiedenen Medien auf das Verhältnis zwischen Moleküldurchmesser der Testsubstanz und Porenradienverteilung der jeweiligen Aktivkohle zurückgeführt werden können.

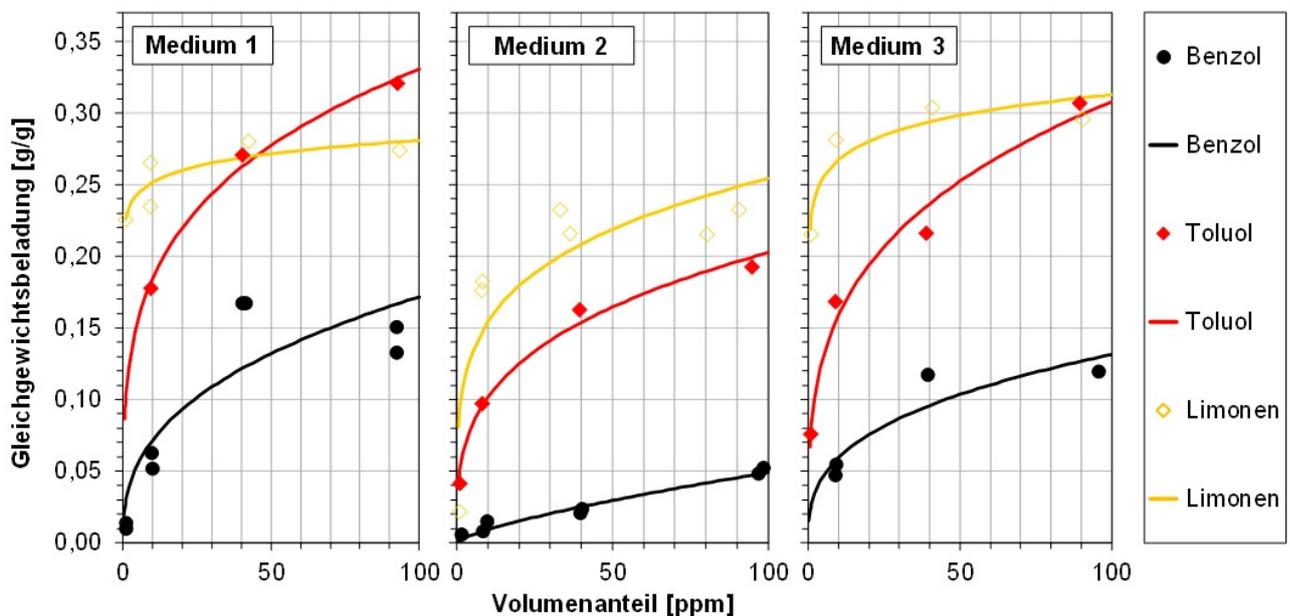


Abb. 3-9: Adsorptionsisothermenwerte von Benzol, Toluol und Limonen bei 23 °C an drei verschiedenen Filtermedien sowie daran angepasste Freundlich-Isothermengleichungen

Die systematische Untersuchung der Adsorption der sieben innenraumrelevanten VOCs an drei Medien für Raumlufffilter mit unterschiedlichen Charakteristika führte zu umfangreichen neuen Erkenntnissen zum Adsorptionsgleichgewicht und der Kinetik dieser Systeme.

Förderhinweis:

Das IGF-Projekt 19977 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 Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Forschungsnetzwerk  
Mittelstand

### **Bewertung optischer Messgeräte zur Bestimmung partikelförmiger Gefahrstoffe am Arbeitsplatz – Erweiterung zur Erfassung von Tröpfchenaerosolen**

2020 wurde ein laufendes Forschungsprojekt, das das IUTA im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin durchführt, aus aktuellem Anlass erweitert. Der ursprüngliche Projektumfang beinhaltete die Untersuchung der Anwendbarkeit optischer Aerosolmesstechnik für die Bestimmung der Exposition gegenüber alveolengängigem Staub (A-Staub) an Arbeitsplätzen. Hierzu wurden detaillierte Labor- und Arbeitsplatzmessungen durchgeführt und herausgestellt, unter welchen Bedingungen und mit welchen Kalibrier- bzw. Korrekturmaßnahmen die verfügbaren Geräte zuverlässige Ergebnisse liefern. Aufgrund der Corona-Pandemie kam die Frage auf, ob sich auch Tröpfchenaerosole mit der Messtechnik zuverlässig erfassen lassen. Der Hintergrund

dieser Fragestellung ist, dass die aerogene Ansteckung mit SARS-CoV-2 mittlerweile als der Haupt-Infektionsweg angesehen wird. Dabei können Viren von einer infizierten Person mit den beim Atmen und Sprechen exhalieren flüssigen Aerosolpartikeln in die Luft abgegeben werden. Hieraus ergeben sich zwei übergeordnete Fragestellungen, die in der Projekterweiterung aufgegriffen wurden. Einerseits stellt sich die Frage, ob flüssige Aerosolpartikel überhaupt von der verfügbaren optischen Messtechnik erfasst werden können. Neben der Partikelform und dem Brechungsindex kann insbesondere der hohe Dampfdruck exhalierter Aerosolpartikel einen Einfluss auf die Messung haben. Exhalierter Aerosolpartikel bestehen im Wesentlichen aus Lungenflüssigkeit (Surfactant), also aus Wasser mit darin gelösten Lipiden und Salzen. Eine wesentliche Fragestellung, die nun in der Projekterweiterung geklärt werden soll ist, ob diese Partikel im Messgerät (teilweise) verdunsten und sich dadurch deren Partikelgröße ändert. Die Verdunstung kann insbesondere in Geräten ausgeprägt sein, in denen sich das optische Messvolumen im selben Gehäuse befindet wie die Pumpe, Elektronik oder andere Komponenten, die zu einer Erwärmung des Aerosolstroms führen können. Weiterhin existieren optische Aerosolmessgeräte, in denen das Messvolumen aerodynamisch, also durch Verwendung von Schleierluft, begrenzt wird. Besitzt die Schleierluft eine andere relative Luftfeuchte als der Aerosolstrom, kann es ebenfalls zur Verdunstung kommen.

Eine weitere wichtige Frage, die in diesem Zusammenhang aufgegriffen werden soll ist, wie schnell und wie stark sich die Größe der luftgetragenen Partikel während des luftgetragenen Transports in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte ändert. Es ist bekannt, dass beim Atmen exhalierter flüssige Aerosolpartikel Größen zwischen ca. 0,2 µm und 0,4 µm haben und beim Sprechen zwischen 1 µm und 2 µm. Das SARS-CoV-2-Virus selber hat hingegen

eine Größe zwischen  $0,08 \mu\text{m}$  und  $0,14 \mu\text{m}$  und liegt damit unter dem erfassten Partikelgrößenbereich der verfügbaren optischen Aerosolmesstechnik. Wenn die exhaliierten Aerosolpartikel schnell verdunsten, dann können sie ggf. aufgrund der dann zu kleinen Größe nicht mehr detektiert werden und zwar unabhängig davon, ob sie Viren transportieren.

In einem ersten Schritt wurden Ende 2020 die Größenverteilungen unterschiedlicher monodisperser DEHS-Aerosole gemessen, um die generelle Eignung der Messtechnik für flüssige Partikel, allerdings mit niedrigem Dampfdruck, nachzuweisen. Abb. 3-10 zeigt drei exemplarische Ergebnisse für monodisperse  $0,22 \mu\text{m}$ ,  $0,44 \mu\text{m}$  und  $0,81 \mu\text{m}$  große DEHS-Partikel. Als Referenzmessgerät wurde ein Scanning Mobility Particle Sizer (U-SMPS 1200X, Palas® GmbH) eingesetzt, von dem bekannt ist, dass es DEHS-Partikel korrekt misst. Die Ergebnisse zeigen, dass die kleinsten Partikel nur von einem optischen Aerosolmessgerät (Fidas Frog, Palas® GmbH) überhaupt detektiert werden, dessen kleinste detektierte Partikelgröße  $d_{50}$  laut Herstellerangaben bei  $0,18 \mu\text{m}$  liegt. Alle anderen Geräte messen erst ab einer größeren Partikelgröße und konnten diese Partikel daher nicht detektieren. Bei einer Partikelgröße von  $0,44 \mu\text{m}$  konnten alle Geräte eine Größenverteilung detektieren. Allerdings liegen die Größenverteilungen einiger Geräte deutlich niedriger als die Referenzverteilung, was auf die niedrige Zähleffizienz dieser Geräte für Partikel dieser Größe zurückzuführen ist. Bei einer Partikelgröße von  $0,81 \mu\text{m}$  hingegen zeigen die optischen Aerosolspektrometer vergleichbare Verteilungen.

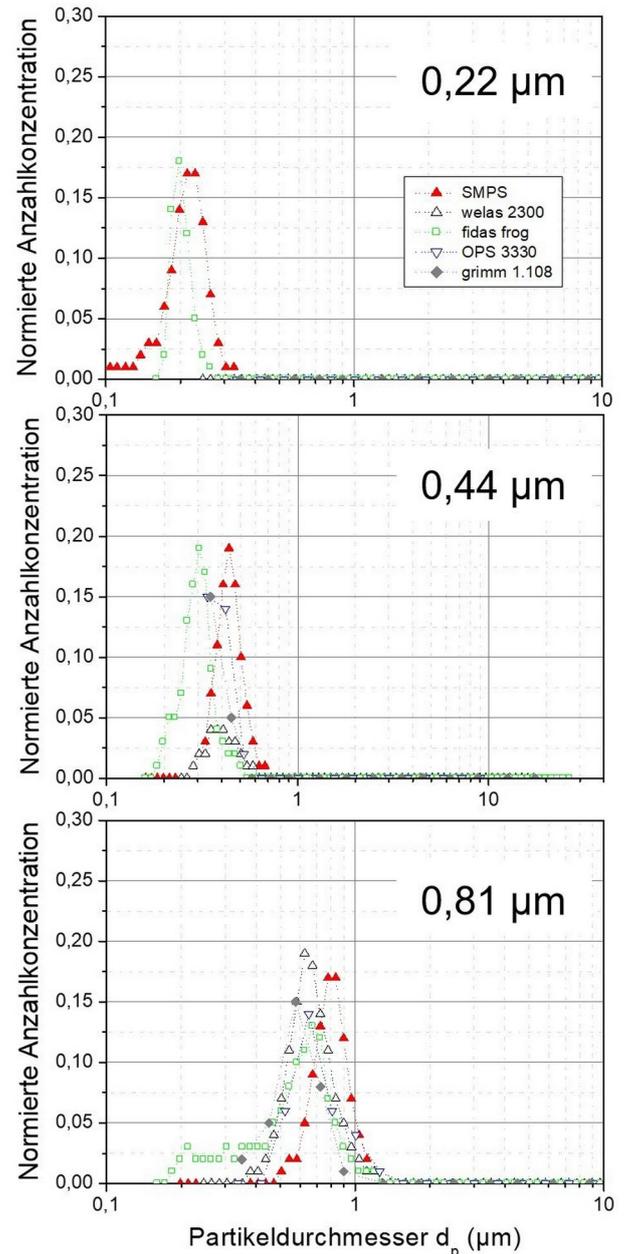


Abb. 3-10: Mit optischen Aerosolspektrometern und dem Referenz-SMPS gemessene normierte Anzahlgrößenverteilungen für monodisperse  $0,22 \mu\text{m}$  (oben),  $0,44 \mu\text{m}$  (Mitte) und  $0,81 \mu\text{m}$  (unten) große DEHS-Partikel; die Verteilungen sind jeweils auf die gesamte mit dem SMPS gemessene Konzentration normiert

Die mit den optischen Aerosolspektrometern gemessenen Verteilungen zeigen allerdings im Vergleich zu den mit dem SMPS gemessenen Verteilungen eine Verschiebung hin zu kleineren Durchmessern. Diese Verschiebungen sind auf den Brechungsindex von DEHS zurückzuführen. Dieser liegt bei 1,45, während für die Kalibrierung der Geräte typischerweise Polystyrol-Latex-Partikel (PSL) mit einem Brechungsindex von 1,59 verwendet werden. Durch diese Verschiebung der Größenverteilung verschiebt sich auch die kleinste bestimm- bare Partikelgröße  $d_{50}$  hin zu größeren Partikeln.

Im nächsten Schritt soll nun die Möglichkeit untersucht werden, mit den optischen Messgeräten Größenverteilungen flüssiger Aerosolpartikel aus reinem Wasser, physiologischer Kochsalzlösung sowie simuliertem Surfactant (Tween 20, Merck) zu messen. Zur Versuchsdurchführung wird ein Prüfstand aufgebaut, in dem ein 3 m langes, thermisch isoliertes Kupferrohr mit konditionierter Luft aus einem Klimaschrank durchströmt wird. Die flüssigen Aerosolpartikel werden mithilfe einer Zweistoffdüse erzeugt und in die Strömung eingebracht. Im ersten Schritt wird zunächst die Größenverteilung der Tropfen bei nahezu 100 % relativer Luftfeuchte direkt nach der Eindüsung gemessen. Es wird erwartet, dass die Partikel bei diesen Bedingungen nicht oder nur geringfügig verdunsten, sodass dieser Fall als Referenzfall dient. Eine wesentliche Frage wird auch darin liegen, wie sich diese Partikel aufgrund ihres

Brechungsindex verhalten. Wasser hat mit 1,33 einen noch niedrigeren Brechungsindex als DEHS, sodass eine weitere Verschiebung der Größenverteilungen erwartet wird. Wie sich hingegen die Lipide und Salze im Surfactant auf den Brechungsindex auswirken ist weitgehend unbekannt.

Anschließend folgen dann Messungen an unterschiedlichen Probenahmestellen entlang des Rohrs, um unterschiedliche Verweilzeiten in der konditionierten Luft zu simulieren und so das Verdunstungsverhalten zu untersuchen. In der Literatur finden sich viele Angaben zum Verdunstungsverhalten reiner Wassertropfen, das z. B. in der Atmosphärenforschung relevant ist. Entsprechend können die Untersuchungen mit reinen Wassertropfen als Grundlage und zur Validierung der Methode dienen. Zum Verdunstungsverhalten realer exhalierter Aerosolpartikel ist hingegen wenig bekannt, sodass mit diesen Experimenten nicht nur Aussagen zur Eignung optischer Aerosolmesstechnik zur Messung dieser Partikel gemacht, sondern auch wichtige Informationen zum Verhalten dieser Partikel und deren Beitrag zum aktuellen Infektionsgeschehen gemacht werden können.

Dieses Projekt wird von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) gefördert.



### 3.3 Umwelthygiene & Spurenstoffe

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

Der Bereich *Umwelthygiene & Spurenstoffe* 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 (De-

ponien). 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.

**Evaluierung der biologischen Nachbehandlung nach Ozonung an der Kläranlage Duisburg-Vierlinden**

Auf der Kläranlage Duisburg-Vierlinden ist seit 2011 eine großtechnische Ozonung zur Elimination von Mikroschadstoffen aus dem Kläranlagenablauf installiert. Aufgrund des Potenzials, durch eine Ozonung toxikologisch relevante Transformationsprodukte zu generieren, war eine biologische Nachbehandlung mittels Aufwuchskörpern in einem Wirbelbett der Ozonung nachgeschaltet. Die biologische Nachbehandlung musste jedoch aufgrund von Betriebsstörungen außer Betrieb genommen werden. Die Aufwuchskörper hatten sich als nicht langzeitstabil herausgestellt.

Durch eine Machbarkeitsstudie sollte die bestmögliche Verfahrenskonfiguration zum Weiterbetrieb der biologischen Nachbehandlung ermittelt werden. In Abb. 3-11 sind die Reaktoren 4 und 5 im Betrieb zu sehen. Am linken Bildrand befindet sich der Referenzreaktor (Reaktor 3).

Passend zum vorhandenen Reaktordesign kamen dazu zunächst Aufwuchskörper in Frage. Ein weiterer zentraler Punkt war die Betrachtung des Ablaufgrabens als „Schönungsbach“.



Abb. 3-11: Reaktoren 3 (Referenz), 4 und 5 im Betrieb

Dieser Punkt ist besonders für die Kläranlage Duisburg-Vierlinden von besonderer Bedeutung, da in vorherigen Untersuchungen festgestellt wurde, dass durch die Ozonung keine oder nur geringe Mengen an kanzerogenen Transformationsprodukten (Nitrosamine und Bromate) gebildet werden und auch bislang keinerlei toxikologisch relevanten Auswirkungen der Ozonung nachgewiesen werden konnten. Für die Durchführung der Versuche wurden Reaktoren mit unterschiedlichen Aufwuchskörpern installiert (Abb. 3-12).

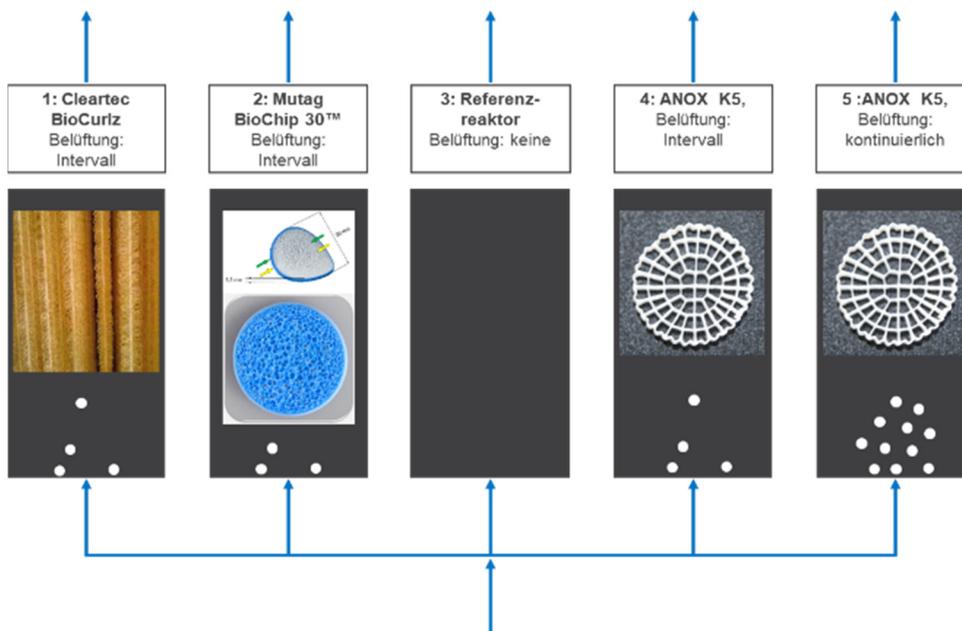


Abb. 3-12: Füllmaterial und Art der Belüftung der einzelnen Reaktoren

Die Reaktoren 1, 2 und 4 wurden stoßweise zur Durchmischung der Wirbelbetten belüftet. In einer großtechnischen Umsetzung kann diese Durchmischung durch Rührwerke verwirklicht werden. Um herauszufinden, ob eine kontinuierliche Belüftung zu einer Verbesserung der Biomassenbildung führt, wurde Reaktor 5 kontinuierlich belüftet.

Über einen Zeitraum von 8 Monaten wurden regelmäßig Proben genommen und analysiert. Ein breites Methodenspektrum kam dabei zur Anwendung. Neben Summenparametern und der Analyse von Indikatorparametern zur Bewertung der Reinigungsleistung der Ozonung, wurden auch wirkungsbezogene Analysen mittels Hefezellenassays durchgeführt. Darüber hinaus wurden neue Methoden, wie der AOC (assimilierbarer organischer Kohlenstoff) im Abwasserbereich eingesetzt. Des Weiteren wurden die Proben auf Transformationsprodukte mittels Non-Target-Screening (NTS) untersucht.

Als Fazit kann zusammengefasst werden, dass auf allen Aufwuchskörpern die Bildung von Biomasse erkennbar war. Zwischen den einzelnen Reaktoren mit Aufwuchskörpern und dem Referenzreaktor konnten mit allen Untersuchungsmethoden keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Der Ablaufgraben zeigt eine Tendenz zur Selbstreinigung auf. Aus den Beobachtungen zum Sauerstoffgehalt in den Proben lässt sich die These untermauern, dass zum Betrieb einer biologischen Nachbehandlung nach einer Ozonung kein weiterer Eintrag von Sauerstoff in das Wasser vorgenommen werden muss, um die Bildung eines Biofilms zu ermöglichen.

Aus den Untersuchungsergebnissen ergibt sich jedoch die Variante „Abklingbecken“ als Vorzugsvariante. Dies ist für die Ozonung auf der Kläranlage Duisburg-Vierlinden aufgrund der bisherigen Forschungsergebnisse möglich, da keinerlei toxikologische Effekte im Ablauf

der Ozonung nachgewiesen werden konnten. Diese Kläranlage stellt jedoch einen Spezialfall dar. Auf anderen mit einer Ozonung ausgestatteten Kläranlagen sollte immer eine Einzelprüfung der Ergebnisse erfolgen.

Da keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Aufwuchskörpern und dem Referenzreaktor (leerer Reaktor) festgestellt werden konnten, wird der Betrieb ohne biologische Nachbehandlung empfohlen. Beim Auftreten von neuen Erkenntnissen oder z. B. einer Änderung im Einzugsgebiet der Kläranlage oder geänderten gesetzlichen Anforderungen können jedoch die Cleartec® BioCurlz (Produktbezeichnung für schnurförmige, textile Aufwuchskörper) als kostengünstigste Variante ohne großen Aufwand nachgerüstet werden.

Die Tendenz zur Selbstreinigung des Wassers im Ablaufgraben sollte über einen längeren Zeitraum überwacht werden, um die Ergebnisse dieser Studie zu untermauern.

Förderhinweis:

Die Machbarkeitsstudie wurde von den Wirtschaftsbetrieben Duisburg AöR beauftragt und durch die Bezirksregierung Düsseldorf gefördert.

Bezirksregierung  
Düsseldorf



### Bestimmung von Mikroplastik in Wasser

Bei der Mikroplastikanalytik werden neben spektroskopischen Methoden (Raman und FT-IR) unterschiedliche thermoanalytische Untersuchungsmethoden eingesetzt. Die Kombination einer kaskadischen Mikroplastikfiltration mit thermoanalytischen und spektroskopischen Methoden ermöglicht eine Bestimmung von Masse und Kunststofftyp sowie Größenklassenverteilung und Morphologie. Nachfolgend werden die Ergebnisse von Proben aus zwei Kläranlagenabläufen vorgestellt. Auf die Probenahme mittels Kaskaden-Filtration folgte eine oxidative Probenaufarbeitung und die Bestimmung der Spezies mittels Thermoextraktions-Desorptions-Gaschromatografie-Massenspektrometrie (TED-GC-MS) am IUTA und beim Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) mittels Focal-Plane-Array-Mikro-FT-IR (FT-IR).

Die in Abb. 3-13 dargestellte kaskadische Mikroplastikfiltration besteht aus Korbsiebfiltern in gusseisernen Filtergehäusen mit Filterstufen von 100 µm, 50 µm und 10 µm.

Die kommunale Kläranlage (KA) 1 hat eine Ausbaugröße von 1,0 Mio. Einwohnergleichwerten (EGW) mit einem behandelten Abwasservolumen von  $3,3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Der Abwasserablauf der KA 2 beträgt bei 120.000 EGW  $0,12 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Beide Anlagen verfügen über eine

Sandfiltration als finale Reinigungsstufe. Die Probenahmen wurden unter Trockenwetterbedingungen ausgeführt.

Die TED-GC-MS besteht aus einer Kopplung von Thermodesorptions-GC-MS (vertrieben durch Gerstel GmbH & Co KG, Mülheim an der Ruhr) mit einer Thermogravimetrie TGA 2 (Mettler-Toledo, Gießen). Die Analyse erfolgt über die Sorption der Pyrolyse-Produkte aus der TGA 2 mit einer anschließenden thermischen Überführung in das GC-MS-System. Für die FT-IR Analyse wurde ein Bruker Hyperion 3000 FT-IR-Mikroskop mit einem  $64 \times 64$  FPA-Detektor und Bruker Tensor 27 FT-IR-Spektrometer verwendet. Aliquote von den 100-µm- und 50-µm-Filtern wurden zusätzlich mittels Fenton-Oxidation behandelt und für die anschließende Analyse auf Aluminiumoxidfilter (Anodisc 25, Whatman International Ltd, Maidstone, England) überführt.

In Tabelle 3-4 sind die Analysenergebnisse zusammengefasst. Die angegebenen Konzentrationen ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) umfassen die Summen der Einzelkonzentrationen aus den 100-µm-, 50-µm- und 10-µm-Korbsiebfiltern. Die Ergebnisse der FT-IR-Analyse zeigen die Summe der Partikelzahlen je  $\text{m}^{-3}$  für die Partikel aus den 100-µm- und 50-µm-Korbsiebfiltern. Beide Methoden haben mit Polystyrol (PS), Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) und Polyethylenterephthalat



Abb. 3-13: Kaskadische Filtrationsanlage zur Mikroplastikprobenahme

(PET) die gleichen Kunststoffe nachgewiesen und sind somit für die Identifizierung der vorkommenden Mikroplastikarten vergleichbar. Die Ergebnisse beider Methoden zeigen auch, dass KA 1 insgesamt weniger Mikroplastikpartikel als auch eine geringere Mikroplastikmasse als KA 2 emittiert. Die emittierten Konzentrationen liegen in einer ähnlichen Größenordnung wie die, die derzeit im BMBF Förderschwerpunkt „Plastik in der Umwelt“ auch von anderen

Arbeitsgruppen festgestellt wurden. Für eine Bilanzierung von Kläranlagen sind weitere Probenahmen und Analysen nötig. Um zukünftig Größenverteilungen und Morphologie von Partikeln besser untersuchen zu können, steht am IUTA seit Ende 2020 ein RISE-Mikroskop (Raman Imaging und Scanning Electron Microscopy) zur kombinierten Raman- und REM-Messung zur Verfügung.

Tabelle 3-4: TED-GC-MS- und FT-IR-Analyse der Proben aus den Kläranlagen 1 und 2. Aliquote aus den 100- $\mu\text{m}$ -, 50- $\mu\text{m}$ - und 10- $\mu\text{m}$ -Filtern wurden in der TED-GC-MS jeweils untersucht und die Ergebnisse wurden als Summe dargestellt ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ). Bei der FPA- $\mu$ -FTIR-Analyse der Proben aus den Kläranlagen 1 und 2 wurden Aliquote aus den 100- $\mu\text{m}$ - und 50- $\mu\text{m}$ -Filtern analysiert und zusammengefasst dargestellt als Partikelzahl  $\text{m}^{-3}$ .

	PS	PE	PP	PET
<b>TED-GC-MS: Massenkonzentration in <math>\mu\text{g m}^{-3}</math></b>				
KA 1	1,0	7,5	0,5	2,4
KA 2	1,6	53,2	2,7	16,9
<b>FPA-<math>\mu</math>-FTIR: Partikelzahl je <math>\text{m}^3</math></b>				
KA 1	5	53	4	3
KA 2	11	77	54	19

## Förderhinweis:

Die vorgestellte wissenschaftliche Arbeit wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Projektes „Kunststoff-Verbundprojekt SubµTrack – Tracking von (Sub)Mikroplastik unterschiedlicher Identitäten – Innovative Analysewerkzeuge zur toxikologischen und verfahrenstechnischen Bewertung“ (Förderkennzeichen 02WPL1443 A, C, E) gefördert. Die verwendete TED-GC-MS wurde mit Mitteln des Europäischen Fonds

für regionale Entwicklung (EFRE) 2014 – 2020 „Investitionen in Wachstum und Beschäftigung“ im Rahmen des Forschungsprojektes „Untersuchung des Einflusses von Polymeren auf ein terrestrisches Ökosystem am Beispiel von Mulchfolien in der Landwirtschaft – iMulch“ (Förderkennzeichen EFRE-0801177) mit Co-Finanzierung des Landes Nordrhein-Westfalen erworben.



## Screening-Verfahren

Ziel des Teams „Screening-Verfahren“ ist es, schnell eine qualitative Aussage über die Anwesenheit von Substanzen in einer Umweltprobe geben zu können. 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 Stoffe 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 Future-Lab.NRW, über das im Kapitel 3.8 ausführlich berichtet wird.

Die Methoden wurden z. B. bereits 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.

Aktuell arbeitet das Team im Rahmen des IGF-Forschungsprojektes „Entwicklung eines umfassenden Non-Target-Screening Verfahrens durch Kopplung von Flüssigkeits- und Gaschromatografie zur Aufklärung unbekannter chemischer Verbindungen“ (ComScreen, Vorhaben-Nr. 21309 N) daran, das Portfolio der analytischen Trenn- und Kopplungstechniken im Bereich GC und HPLC zu erweitern. Gerade bei der effektbasierten Analytik stellt sich oft die Frage nach Einzelstoffen, welche einen Effekt auslösen. Durch Vorarbeiten ist bekannt, dass nicht alle relevanten Stoffe mittels LC-HRMS, sondern ausschließlich mittels GC analysierbar sind.

Parallel arbeitet das Team daran, einen selbst entwickelten non-Target-Workflow für LC-HRMS als auch GC-HRMS weiter zu optimieren und in einer Kooperation zu einer Software zu führen, um es Laboren zu ermöglichen, die statistische Datenauswertung, welche bei einem Non-Target-Ansatz hoch komplex ist, je nach Fragestellung flexibel durchführen zu können.

## PharmaMonitor und weitere Dienstleistungen

Seit 2006 fasst IUTA unter der Marke *PharmaMonitor* ([www.pharma-monitor.de](http://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. 3-14). Marketing und Vertrieb der Wischprobensets erfolgen durch den Kooperationspartner Berner International GmbH ([www.berner-international.de](http://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. 3-14: PharmaMonitor Wischproben-Set zur Kontrolle der Arbeitsumgebung

Die in Abb. 3-15 dargestellte aktuelle Auswertung von Wischprobenergebnissen zeigt die deutliche Verbesserung der Arbeitssituation in Apotheken und Krankenhäusern. Während bei der MEWIP-Studie (2007) noch über 10 % der Proben über dem substanzunabhängigen Orientierungswert von  $0,1 \text{ ng/cm}^2$  lagen, so liegen nun über 95 % der Ergebnisse darunter. Dies verdeutlicht die kontinuierliche Verbesserung des Arbeitsschutzes durch optimierte Arbeitsweisen und das Aufdecken von Schwachstellen durch ein regelmäßiges Wischprobenmonitoring.

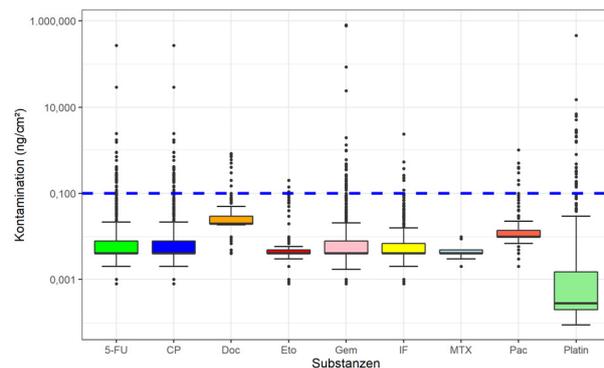


Abb. 3-15: Oberflächenkontamination in Apotheken und Krankenhäusern (n = 9566)

Ein weiterer Schwerpunkt im PharmaMonitor liegt auf produktionsbegleitenden Arbeitsplatzmessungen. Neben der direkten Untersuchung hochwirksamer Substanzen werden Prozesskontrollen mit Ersatzstoffen (u. a. Laktose, Koffein, Paracetamol), 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).

Neben dem bestehenden Angebot im Wischproben- und Luftprobenmonitoring wird das Portfolio kontinuierlich weiter ausgebaut. In Abstimmung mit Kunden/-innen 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 Bereiche *Forschungsanalytik & Umweltanalytik (ZE 1)*, *Forschungsanalytik & Miniaturisierung (ZE 2)* sowie *Umwelthygiene & Spurenstoffe (UN 3)* ge-

meinsam durch die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) akkreditiert sind. Die Akkreditierung gilt nur die den in der Urkundenanlage D-PL-19759-01-00 aufgeführten Umfang. Im Oktober 2019 wurde die Akkreditierung auf die neue DIN EN ISO/IEC 17025:2018 umgestellt und 2020 in einem Überwachungsaudit sowie mehreren Kundenaudits erfolgreich überprüft.

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
- Untersuchung von Brennstoffen und Reststoffen

**Ausstattung des Bereichs *Umwelthygiene & Spurenstoffe****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  $\mu$ LC/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

### 3.4 Gasprozesstechnik & Energiewandlung

Kernthemen des Bereichs *Gasprozesstechnik & Energiewandlung* sind die Gasaufbereitung durch adsorptive, absorptive und katalytische Prozesse sowie die Energiespeicherung und -wandlung mit absorptiven Materialien.

Diese Themenfelder werden vorwiegend über öffentlich geförderte Projekte bearbeitet, aktuelle Beispiele sind:

(1) Das Projekt „Weiterentwicklung eines thermochemischen Wärmespeichers für Hochtemperaturanwendungen bis 550 °C“ hat zum Ziel, die Eignung von Magnesiumeisenhydrid zur Hochtemperatur-Wärmespeicherung im Langzeitbetrieb zu demonstrieren. Dazu wurde in einem vorangegangenen Projekt ein Wärmespeicher-Versuchsstand entwickelt und aufgebaut, dessen identifizierte Schwachstellen im laufenden Projekt zunächst behoben werden. Weiterhin werden Untersuchungen für ein zukünftiges Upscaling der Anlage durchgeführt. Hier stehen Fragestellungen zu einzusetzenden Werkstoffen und Konstruktionsdetails im Fokus der Arbeiten. Dazu erfolgte u. a. die Entwicklung eines separaten Versuchsstandes, in dem untersucht wurde, ob weitergehende konstruktive Maßnahmen notwendig sind, um eine möglichst gleichmäßige Wasserstoffverteilung innerhalb der Reaktorrohre des als Rohrbündel ausgeführten Speichers zu realisieren. Die Ergebnisse zeigten, dass der Wasserstoff auch ohne solche Maßnahmen hinreichend schnell durch die Schüttung diffundiert. Daher kann bei den gegebenen Abmessungen der Reaktorrohre auf Verteilungskonstruktionen verzichtet und der Wasserstoff am Rohranfang direkt auf die Schüttung geführt werden. Diese Untersuchungen wurden bei systematisch variierten Temperaturen und Wasserstoffdrücken durchgeführt und lieferten dadurch auch

wertvolle Informationen zu geeigneten Betriebsparametern für den Wärmespeicher.

Im Berichtszeitraum gab und gibt es wegen der Pandemie Einschränkungen, die insbesondere auch die praktischen Arbeiten an der Wärmespeicher-Versuchsanlage im Drucktechnikum des Max-Planck-Instituts für Kohlenforschung (Mülheim a. d. Ruhr) betrafen.

(2) Ein weiteres Projekt zum Thema Hochtemperatur-Wärmespeicherung ist das in 2019 begonnene Forschungsprojekt „HyHeat-Store“. Es hat zum Ziel, einen magnesiumhydridbasierten Wärmespeicher für Hochtemperaturanwendungen im Technikumsmaßstab zu entwickeln und im Demonstrationsbetrieb zu testen. Die wichtigsten Auslegungsparameter sind eine Speicherkapazität von 250 kWh bis zu einem Temperaturniveau von 420 °C und eine Wärmeleistung von 50 kW. Der Wärmespeicher wird im Anwenderzentrum h2herren aufgebaut, da dort die notwendige Wasserstoffinfrastruktur vorhanden ist.

Im laufenden Jahr wurden der Wärmekreislauf zum Betrieb des Speichers ausgelegt, die Detailanforderungen erarbeitet und die Anlage nach öffentlicher Ausschreibung bei einem Apparatebauer bestellt. Parallel dazu liefen Vorarbeiten zur Konstruktion des Wärmespeichers und für den späteren Betrieb.

(3) Auch ein drittes Projekt beschäftigt sich mit der energietechnischen Nutzung von Metallhydriden. Hierbei werden Metallhydride genutzt, um Wasserstoff aus einem wasserstoffhaltigen Erdgas in hoher Reinheit abzutrennen. Dieses Projekt mit dem Titel „Wasserstoffabtrennung aus Erdgas-/Wasserstoffgemischen durch Metallhydride“ wird weiter unten ausführlicher vorgestellt.

Weiterhin sind Industriaufträge fester Bestandteil der Arbeiten des Bereichs. Hier standen zwei Projekte im Vordergrund:

Die nunmehr über fast zwei Jahrzehnte währende Zusammenarbeit mit diversen Unternehmen der petrochemischen Industrie auf dem Gebiet der Entwicklung und Erprobung neuer Technologien zur Abtrennung saurer Bestandteile aus kohlenwasserstoffhaltigen Brenngasen führte auch im aktuellen Berichtszeitraum zu neuen Entwicklungsarbeiten. Hierbei steht die Erprobung von neuartigen Kolonneneinbauten im Fokus der Arbeiten. Hierzu wurde ein umfangreicher Ausbau der im Technikum des IUTA installierten Aminwäsche vorgenommen, der weiter unten ausführlich beschrieben wird.

Ein weiterer Industriauftrag wird an einer Müllverbrennungsanlage in Bonn durchgeführt. Die MVA Bonn GmbH erforscht in Kooperation mit dem Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW) e.V. und weiteren Partnern die Bedingungen, unter denen ein ökonomischer Betrieb einer Carbon Capture and Utilization (CCU)-Anlage am Standort Bonn möglich ist. Dazu werden labor- und feldtechnische Anlagen zur CO<sub>2</sub>-Abtrennung sowie zur Methanolsynthese erprobt. Das IUTA stellt dafür die neuentwickelte Adsorptionsanlage mit aminfunktionalisierten Adsorbentien, die bereits mit Rauchgas aus einem Zementwerk getestet wurde, zur Verfügung. Im Gegensatz zur herkömmlichen Aminwäsche, in der das zu bindende CO<sub>2</sub> durch eine Aminlösung aufgenommen und in einem energieaufwändigen Prozessschritt wieder von diesem getrennt wird, sind die Amine im neuen Verfahren kovalent in vernetzten Polymeren gebunden, die in Form kugelförmiger Perlen vorliegen. Neben hohen Adsorptionsraten verspricht diese Technologie geringere Energieverbräuche für die Desorption des CO<sub>2</sub> von den Aminen und dementsprechend geringere Betriebskosten.

### **Wasserstoffabtrennung aus Erdgas/Wasserstoffgemischen durch Metallhydride**

Im Zuge der Energiewende erfolgt eine schrittweise Umstellung von fossilen und nuklearen auf regenerative Energien. Photovoltaik und Windkraft weisen ein Verteilungsgefälle innerhalb Deutschlands (Photovoltaik: Süd-Nord-Gefälle, Windkraft: Nord-Süd-Gefälle) und auf der kurzfristigen Zeitachse (bis zu mehreren Tagen) hohe Unstetigkeiten der Verfügbarkeit auf.

Dadurch ergibt sich die Notwendigkeit der Speicherung und des Transports regenerativer Energie, wofür bei derzeit fehlenden Speichern und Engpässen im Transport ein sekundärer Energieträger eingesetzt werden könnte. Wasserstoff ist einer der Favoriten, erzeugt durch Elektrolyse aus Solar- und Windstrom. Für Speicherung und Transport steht das Erdgasnetz zur Verfügung, in das er dem Erdgas zugemischt werden kann.

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

Nach dem Stand der Technik stehen für die Abtrennung Adsorptionsverfahren (z. B. Pressure Swing Adsorption – PSA), Membranverfahren und Tieftemperaturverfahren zur Verfügung. Eine praktisch vollständige Abtrennung von Wasserstoff aus Erdgas bei niedrigen H<sub>2</sub>-Konzentrationen (< 10 Vol.-%) ist damit jedoch problematisch.

In dem Projekt wird daher der Ansatz verfolgt, die Abtrennung von Wasserstoff mittels geeigneter Metalle vorzunehmen, die selektiv und

reversibel Wasserstoff als Metallhydride absorbieren. Favorisiert wird Magnesium, das mit weiteren Metallen als Katalysatoren zur Verbesserung der Eigenschaften dotiert wird.

Abb. 3-16 zeigt das zugrundeliegende Prinzip: Die Absorption von Wasserstoff erfolgt bei hohen Temperaturen (bis ca. 400°C) und bei H<sub>2</sub>-Partialdrücken bis zu 20 bar in einem Reaktor als exotherme Reaktion mit Magnesium. Bei einem Wasserstoff-Erdgas-Gemisch ist dadurch nach diesem Absorptionsschritt auf der Produktseite das von Wasserstoff abgereinigte Erdgas verfügbar. Zur Wiederfreisetzung des abgetrennten Wasserstoffs wird im darauffolgenden Schritt der Druck im Reaktor abgesenkt, sowie Wärme für die endotherme Rückreaktion zugeführt. Der Wasserstoff wird desorbiert und ist dann in höchster Reinheit verfügbar.

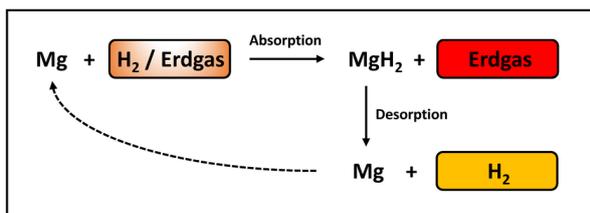


Abb. 3-16: Grundprinzip der H<sub>2</sub>-Abtrennung aus einem H<sub>2</sub>/Erdgas-Gemisch mit dem System Mg/MgH<sub>2</sub>

In dem Projekt werden vom Projektpartner MPI für Kohlenforschung systematische experimentelle Untersuchungen zum Verhalten von dotiertem Magnesium/Magnesiumhydrid (Absorbiermaterial) gegenüber Erdgas und seinen Bestandteilen und Erdgas/Wasserstoff-Gemischen vorgenommen und das Absorbiermaterial wird durch Dotierungsmetalle optimiert. Diese Arbeiten verliefen bisher sehr erfolgreich, sodass für die praktischen Untersuchungen am IUTA in einem Druckreaktor geeignetes Material (aktiviertes, mit Nickel dotiertes Magnesiumpulver) zur Verfügung steht.

Für die experimentellen Untersuchungen wurde ein Versuchsstand ausgelegt, konstruiert und aufgebaut. Kernkomponente ist ein

Durchfluss-Druckreaktor. Abb. 3-17 zeigt ein Fließschema des Versuchsstands. Das wasserstoffhaltige Erdgas wird aus einer Druckgasflasche über einen Druckminderer (Hinterdruckregler) auf das gewünschte Druckniveau gebracht und die Strömungsgeschwindigkeit im Durchfluss-Reaktor mit einem Mass-Flow-Controller im Hochdruckbereich eingestellt. Vor Eintritt in den Reaktor wird der Gasstrom vorgeheizt. Der Reaktor, in dem die Schüttung des Absorptionsmaterials (Mg) durchströmt wird, wird in einem Klappofen auf dem gewünschten Temperaturniveau gehalten. Über einen Vordruckregler hinter dem Reaktor wird der Gasdruck auf dem gewünschten Druckniveau gehalten. Die Gasanalyse bildet das Ende des Strömungswegs.

Die Versuchsanlage und die damit gewonnenen Ergebnisse bilden die Grundlage für die Entwicklung und den Aufbau einer weiteren Anlage im Labormaßstab. Diese wird – analog zu einer PSA-Anlage (pressure swing adsorption) – aus zwei Durchströmreaktoren aufgebaut.

Förderhinweis:

Das IGF-Projekt 20761 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 Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Forschungsnetzwerk Mittelstand

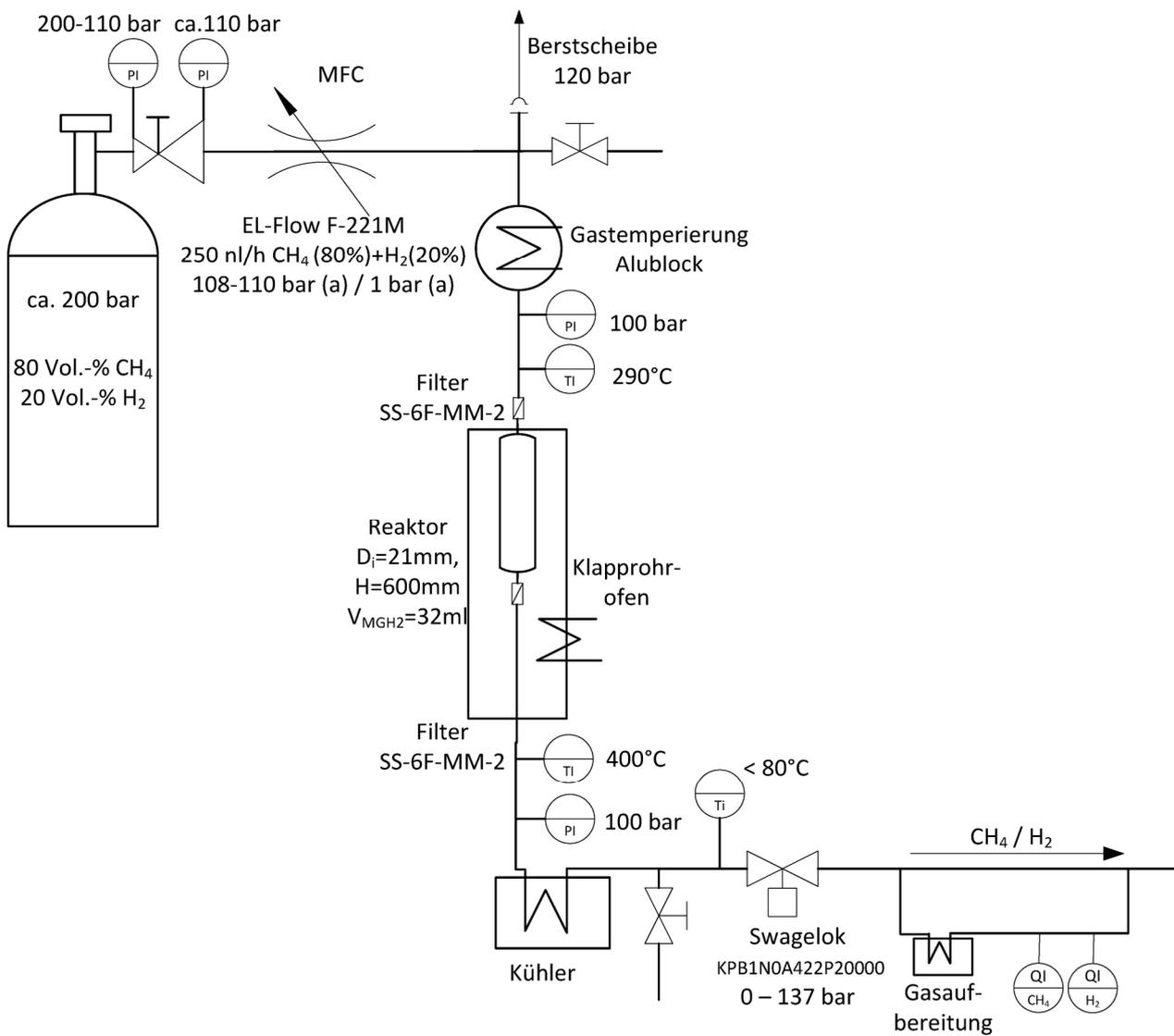


Abb. 3-17: Versuchsstand zur Untersuchung der H<sub>2</sub>-Abtrennung aus einem H<sub>2</sub>/Erdgasgemisch mit dem System Mg/MgH<sub>2</sub> mit einem Gas-Durchfluss-Druckreaktor

### Ausbau der Gaswäscher-Technikumsanlage

Das IUTA betreibt seit mittlerweile mehr als 20 Jahren eine Druckgaswäsche im Technikumsmaßstab zur Untersuchung der Abscheidung unerwünschter Bestandteile aus verunreinigten Gasströmen mithilfe von Waschlösungen. Im Vordergrund standen bislang die CO<sub>2</sub>-Abscheidung sowie die Abtrennung weiterer saurer Komponenten wie H<sub>2</sub>S. Als Waschmittel wurden neben klassischen Aminen (MEA, DGA, MDEA, Piperazin) Neuentwicklungen und Mischungen verschiedener Aminlösungen getestet.

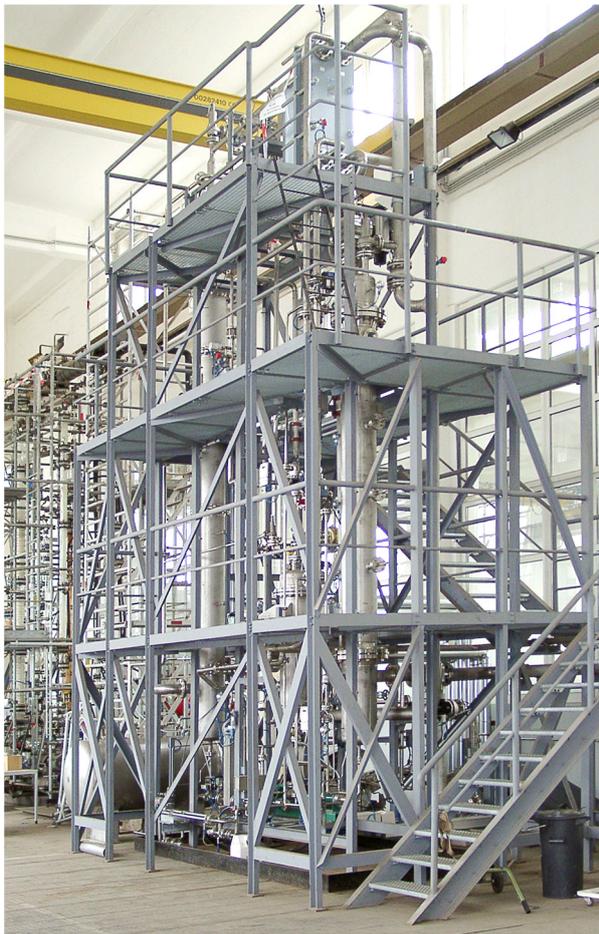


Abb. 3-18: Druckgaswäsche im Technikumsmaßstab am IUTA

Derzeit finden Ausbaumaßnahmen an der Technikumsanlage statt. In Kooperation mit einem großen Industriepartner sollen neuartige Kolonneneinbauten getestet werden, welche eine höhere Stoffaustauschfläche erreichen

und somit eine effiziente Abscheidung in Aussicht stellen. Die bestehende Anlage wird daher um zwei Absorptionskolonnen und einen NaOH-Wäscher erweitert. Die Absorptionskolonnen sind in Reihe geschaltet und dienen der CO<sub>2</sub>- und H<sub>2</sub>S-Abtrennung. Aufgrund der besonderen Einbauten werden diese bei erhöhtem Druck (40 bar) betrieben. Der NaOH-Wäscher wird zur Abtrennung saurer Gasbestandteile im Offgas genutzt. Die Technikumsanlage ist in Abb. 3-18 dargestellt.

Der rechte (im Gerüst stehende) Teil der Anlage bestand bereits vor dem Umbau, der noch im Bau befindliche linke Anlagenteil zeigt Abb. 3-19. Der höhere Druck in der Anlagenerweiterung erforderte erhebliche periphere Baumaßnahmen. Ein mehrstufiger Kompressor, welcher aufgrund seiner Größe und Schallemissionen nicht innerhalb der Technikhalle platziert werden konnte, wurde im Außengelände des IUTA installiert. Weil die zusätzlich benötigte Kompressorleistung die am Standort abrufbare elektrische Leistung übersteigt, waren umfangreiche Erdarbeiten für neue Erdkabel und ihren Anschluss an die Mittelspannungsversorgung notwendig.



Abb. 3-19: Anlagenerweiterung der Druckgaswäsche

Die Montage der Anlage erfolgte in Zusammenarbeit mit verschiedenen Anlagenbauern, Monteuren und Zulieferern. Weitere wichtige Arbeiten wie die Erstellung von CAD-Zeichnungen, R&I-Fließbildern, Verkabelungen und die SPS-Programmierung wurden ausschließlich am IUTA durchgeführt. Die

Festlegung der Sicherheitsmaßnahmen und die HAZOP-Studie zur Risikobewertung erfolgte in Kooperation mit dem Industriepartner. Die Baumaßnahmen werden voraussichtlich im Sommer 2021 abgeschlossen sein. Mit der Inbetriebnahme der Anlage können die Messkampagnen planmäßig begonnen werden.

### 3.5 Partikelprozesstechnik & Charakterisierung

Der Bereich *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. in Zellkulturmedien, eingebunden in Kompositen etc. Darüber hinaus befasst sich die Arbeitsgruppe mit Untersuchungen zur Partikelfreisetzung und dem Partikelverhalten, möglicher Exposition und gesundheitlichen Auswirkungen.

Um dem steigenden Bedarf an spezifischen Nanomaterialien Rechnung zu tragen, wurde vor neun Jahren eine Technikumsanlage zur Synthese hochspezifischer Nanopartikel aufgebaut und in Betrieb genommen (Abb. 3-20) und 2019 um einen weiteren Reaktor erweitert. Kernstück des Technikums sind fünf Reaktoren (3 Flammen-, 1 Heißwand- und 1 Plasmareaktoren) 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 Halbleitermaterialien wie  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  und Silizium. Viele potenzielle Anwendungen für nanopartikuläre Materialien erfordern den Transfer des synthetisierten Pulvers in prozessierbare Flüssigkeiten. Daher werden die Syntheseanlagen durch Waschsyste-

me ergänzt, mit deren Hilfe die Partikel direkt aus dem Prozessabgas gewaschen werden. Zur Herstellung von stabilen Suspensionen in Trägermedien werden die Partikel funktionalisiert, um Agglomeration zu verhindern.



Abb. 3-20: 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 Mikroskopsystem kombiniert. Das Gerät erlaubt eine morphologische Charakterisierung im Nanometer-Bereich und die Untersuchung der chemischen Eigenschaften sowie der Phasenzusammensetzung. Zur Untersuchung der Freisetzung von Nanomaterialien wurden im Laufe der Jahre verschiedene Teststände und Methoden entwickelt, um die Art und Menge der Freisetzung zu bestimmen.

Eine derartige Erfassung und Beurteilung ist sowohl für Nanomaterialien als auch für Umweltpartikel ( $\text{PM}_x$ ) in der Außen- und Innenraumluft durchführbar.

### Entwicklung eines modularen Systems zur präzisen Eindüsung von flüssigen Ausgangsmaterialien für die Herstellung hochspezifischer nanoskaliger Materialien

Nanopartikelartige Metalloxide besitzen ein großes Anwendungspotenzial im Bereich der Energiespeicher, Katalysatoren, Lichtabsorber und Sensoren. Die Herstellung erfolgt derzeit im Labormaßstab durch die Gasphasensynthese mittels Spray-Flamme. Hierbei werden über ein Pumpensystem flüssige Ausgangsmaterialien durch eine Düse in den Reaktionsraum geleitet und zerstäubt. Die Nanopartikel entstehen anschließend in der Flamme.

Zur Herstellung größerer Mengen im Industriemaßstab sind hohe Produktionsraten erforderlich, wobei bei der Skalierung des Laborprozesses die spezifischen Eigenschaften der Materialien erhalten bleiben müssen. Diese spezifischen Eigenschaften sind abhängig von der Partikelgröße. Deshalb ist das Ziel, Partikel herzustellen, die eine möglichst geringe Partikelgrößenverteilung und somit eine sehr hohe Qualität aufweisen. Allerdings führt die Skalierung aufgrund komplexer chemischer und physikalischer Vorgänge zu zeitlich und experimentell aufwändigen Anpassungen der Prozessparameter. Für eine gleichbleibend hohe Partikelqualität sind zusätzlich angepasste Reaktorkomponenten notwendig.

Im Pilot- oder Industriemaßstab können viele für die Synthese benötigte Komponenten aufgrund mangelnder Skalierungsmöglichkeit nicht genutzt werden. Bei Austausch der Komponenten können die Erfahrungen aus dem Labormaßstab nicht genutzt werden, da sich die Partikeleigenschaften aufgrund der Skalierung verändern und ihre hochspezifischen Eigenschaften nicht beibehalten werden.

Aktuell werden zur Förderung der flüssigen Ausgangsstoffe Spritzenpumpen im Labormaßstab eingesetzt. Sie bieten eine hohe Präzision, müssen jedoch aufgrund des begrenzten Volumens zweifach und alternierend betrieben werden. Dies führt zu einer Diskontinuität

mit negativen Auswirkungen auf die Partikelqualität. Weiterhin ist eine Skalierung der Spritzenpumpe in einen größeren Maßstab schwierig.

Hier setzt das „PumpSpray-Düse-Projekt“ an, indem es die wichtigsten Komponenten zur Herstellung von hochspezifischen Metalloxid-Nanopartikeln neu entwickelt und eine gemeinsame Basis für die Herstellung im Labor-, wie auch im Pilot- und Industriemaßstab schafft. In diesem Projekt wird ein modulares System zur präzisen Dosierung und Eindüsung von flüssigen Ausgangsmaterialien entwickelt und dieses im Labor- und Pilotmaßstab mittels der Gasphasensynthese des zukunftssträchtigen Materialsystems ( $\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2\text{-Komposit-Nanopartikel}$ ) getestet und optimiert. Es wird besonderer Wert auf die Einbindung fortschrittlicher Technologien gelegt, die bisher in diesem Industriebereich noch nicht realisiert wurden, u. a. die Integration von Industrie-4.0-Prinzipien. Damit soll dem System eine Selbstlernfähigkeit aufgeprägt werden, sodass dieses selbstständig auf unstete Prozessbedingungen während der Herstellung von Nanopartikeln reagiert.



Abb. 3-21: Konzeptidee der PumpSpray-Düse

Am IUTA werden die von dem Projektpartner HSWmaterials GmbH entwickelten PumpSpray-Düsen in den vorhandenen Reaktoren getestet. Dafür stehen Flammenreaktoren im Labormaßstab mit einer Produktionsrate im g/h-Bereich und im Pilotmaßstab im kg/h-Bereich zur Verfügung. Die Herausforderung ist, Design- und Skalierungsregeln aufzustellen, um eine Aufskalierung je nach Produktionsrate bei gleichbleibender Partikelqualität zu ermög-

lichen. Zudem sollen die Erkenntnisse aus diesen Versuchen unter realen Betriebsbedingungen konstruktive sowie softwareseitige Optimierungsmöglichkeiten aufzeigen. Bei den Versuchen werden die Synthese-Prozessparameter wie z. B. Druck, Temperatur oder Durchfluss überwacht und ausgewertet. Weiterhin wird die Flammenstabilität über eine Highspeed-Kamera beobachtet. Neben diesen prozesstechnischen Analysen wird die Pump-Spray-Düse auch hinsichtlich der Charakteristika der entstandenen Partikel bewertet. Diese werden auf ihre morphologischen, strukturellen und katalytischen Eigenschaften hin untersucht.

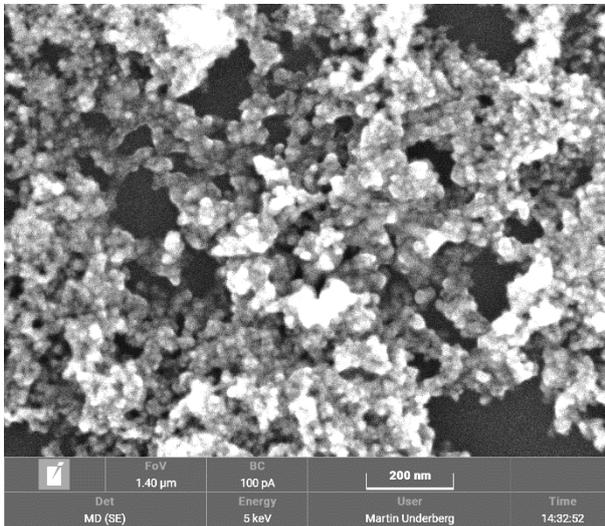


Abb. 3-22: REM-Aufnahme von Ceroxid (Referenzmaterial)

Im Rahmen der Studie sind Ceroxid-Partikel unter Variation der wichtigsten Prozessparameter in insgesamt acht Versuchen hergestellt worden. Die laufenden Partikelanalysen zeigten bereits eine große Varianz der spezifischen Oberfläche (SSA) von 57 – 139 m<sup>2</sup>/g, die wiederum mit der Partikelgrößenverteilung korreliert. Aus der Studie können optimale Prozessparameter bezüglich der Partikelqualität abgeleitet werden.

Förderhinweis:

Das Forschungsprojekt ZF 4761903RH9 wird im Rahmen des Programms „Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) – Fördermodul Kooperationsprojekte – vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



### **Entwicklung von kostengünstigen und nachhaltigen Elektrodensystemen auf Basis von optimierten Iridium/Titanoxid-Schichten für den Einsatz in der PEM-Wasserelektrolyse (IT-PEM)**

Für die Transformation des Energiesektors hin zu einem auf fluktuierenden erneuerbaren Energien basierenden System wird Wasserstoff als Speichermedium eine wichtige Rolle einnehmen. Ausgangspunkt für die nachhaltige Herstellung von grünem Wasserstoff ist die Wasserelektrolyse. Dabei wird die Polymer-Elektrolyt-Membran-Elektrolyse (PEM-Elektrolyse) eine zentrale Rolle innerhalb der Verfahrensvarianten einnehmen. Gegenüber der bisher in großen Maßstäben fast ausschließlich vertretenen alkalischen Elektrolyse zeichnet sich die PEM-Elektrolyse durch hohe Leistungsdichten und gutes Verhalten im diskontinuierlichen Betrieb aus. Die bisher hohen Anschaffungskosten dieser Technologie stehen jedoch der großtechnischen Anwendung entgegen. An dieser Stelle setzen das Forschungsprojekt IT-PEM sowie das Folgevorhaben IT-PEM 2.0 an.

Einer der größten Kostentreiber in der PEM-Elektrolyse sind die eingesetzten Flowfield-Platten an der Anode. Diese werden in diesem Projekt durch ein kostengünstiges Schichtsystem aus einem Streckmetall und einer mikroporösen Sinterstruktur ersetzt. Eine weitere Neuheit in dieser Entwicklung ist die galvanische Abscheidung des Katalysators auf der Anodenoberfläche. Im Gegensatz zur klassischen Methode, bei der Katalysatorpartikel auf die Membran aufgebracht werden, garantiert dieses Verfahren die elektrische Anbindung der Partikel an der Anode und schließt die Maskierung von Katalysatorpartikeln aus. So können theoretisch bis zu 70 % der eingesetzten Edelmetalle eingespart werden, was zu einer weiteren Reduzierung der Kosten führt.

Die größte Herausforderung ist die Herstellung einer elektrisch leitfähigen, korrosionsbeständigen, nanostrukturierten und gleichzeitig gas- und wasserdurchlässigen Schicht. Ein Materialsystem, welches diese Anforderungen erfüllt, sind Nanopartikel aus Titan-Suboxiden. Diese werden am IUTA in einem unterstöchiometrischen Verbrennungsprozess hergestellt. Zur Erhöhung der Anzahl der Sauerstoffstellen in der Kristallstruktur folgt eine thermische Behandlung des erzeugten Pulvers in reduzierender Atmosphäre, anschließend wird das Pulver in eine Dispersion überführt. Die Applikation der Nanopartikel auf das mikroporöse Trägersubstrat erfolgt mittels Sprühverfahren beim Projektpartner an der westfälischen Hochschule in Gelsenkirchen (WHS). Zur mechanischen und elektrischen Anbindung der Partikel wird die Schicht in Kooperation mit der Universität Duisburg-Essen mittels Laserverfahren gesintert. Eine Oxidation der Partikel wird in diesem Arbeitsschritt durch eine reduzierende Argon-/Wasserstoff-Atmosphäre verhindert. Durch die kurze Einwirkzeit und die Auswahl einer geeigneten Laserenergie werden die Partikel leitfähig mit dem Substrat verbunden, ohne die Nanostrukturierung zu verlieren. Auf diesem Trägersystem erfolgt die elektrochemische Abscheidung des Iridiumkatalysators beim Projektpartner Hochschule Mittweida (HSM) als finaler Schritt im Aufbau der Anode.

Die elektronenmikroskopische Untersuchung am IUTA spielt eine entscheidende Rolle unter den vielfältig eingesetzten Charakterisierungsmethoden. Sie ermöglicht eine Bewertung und somit Optimierung der einzelnen Prozessschritte unabhängig voneinander.

Abb. 3-23 zeigt beispielhaft eine elektronenmikroskopische Aufnahme der Anodenoberfläche. Die nanoskaligen Katalysatorpartikel heben sich hell über dem Untergrund hervor.

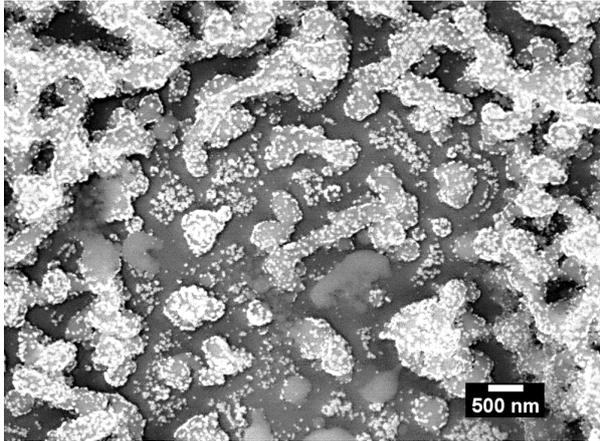


Abb. 3-23: REM-Aufnahme der Anodenoberfläche

Die abschließende experimentelle Überprüfung der Leistungsfähigkeit des entwickelten Systems erfolgt durch die WHS in einem In-situ-Test. Zu diesem Zweck werden mehrere der entwickelten Anoden mit kommerziellen Komponenten zu Membran-Elektroden-Einheiten (MEA) mittels Heißpressverfahren zusammengefügt, welche anschließend in einem aus mehreren funktionsfähigen Elektrolysezellen bestehenden Testsystem einem realitätsnahen Test unterzogen werden.

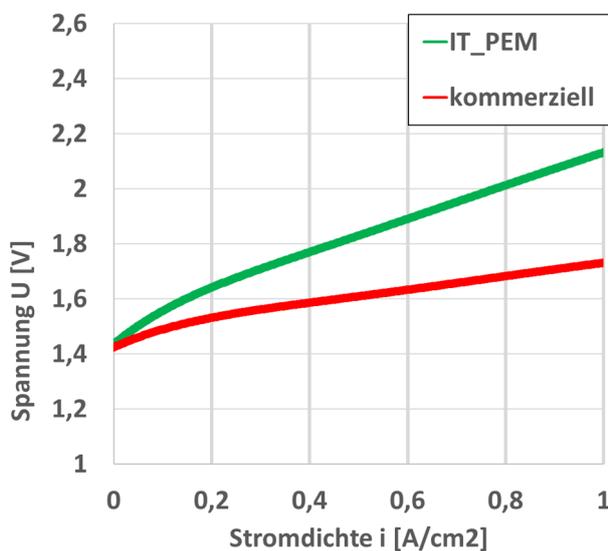


Abb. 3-24: Polarisationskurven einer Zelle mit neu entwickelter Anode im Vergleich zu einer kommerziell erhältlichen Variante

Ab einer Stromdichte von ca. 0,2 A/cm<sup>2</sup> zeigt die Zellspannung den gewünschten linearen Zusammenhang mit der Stromdichte (Abb. 3-24), was die Funktionalität der entwickelten

Elektrodenarchitektur bis zu relevanten Stromdichtewerten belegt.

Im Folgevorhaben IT-PEM 2.0 wird die Leistungsfähigkeit der Anoden weiter verbessert und durch Optimierung aller Prozessschritte eine bessere Skalierbarkeit des Produktionsverfahrens angestrebt. Die Fläche der produzierten Prototypen wird von 25 cm<sup>2</sup> auf 200 cm<sup>2</sup> erhöht.

Förderhinweis:

Das IGF-Projekt 19817 BG 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 Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Forschungsnetzwerk  
Mittelstand

### 3.6 Ressourcen & Recyclingtechnik

Der Bereich „Ressourcen & Recyclingtechnik“ vereinigt unter dem Aspekt der Kreislaufführung und Ressourcenschonung die zwei wesentlichen Anwendungsschwerpunkte Recycling von Massengütern wie z. B. Elektro- und Elektronikgeräten und Aufbereitung industrieller Prozess- und Abwässer.

#### Entsorgungszentrum

Seit 30 Jahren betreibt IUTA ein zertifiziertes Entsorgungszentrum, welches als Erstbehandlungsanlage der Stiftung EAR gelistet ist. Durch das Alleinstellungsmerkmal eines eigenen Entsorgungsfachbetriebes hat das IUTA eine besondere Praxisnähe zur Entsorgung von Elektro- und Elektronikaltgeräten und kann Problemstellungen aus der Entsorgungsbranche aus erster Hand beurteilen und in industrieller Größenordnung 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. Aktuell realisiert das IUTA in Zusammenarbeit mit dem Jobcenter Duisburg Umweltqualifizierungsmaßnahmen. Diese bieten Möglichkeiten der Qualifizierung und Ausbildung im Rahmen der Gemeinwohlarbeit. Die Maßnahme ist insbesondere auf körperlich beeinträchtigte Personen ausgerichtet und geht gezielt auf deren Bedürfnisse ein. Derzeit nehmen 23 Personen an diesem Programm teil, das auch intensive Schulungen zu den verschiedenen Tätigkeits- und Themenbereichen einschließt.

#### Kühlgeräteentsorgung

Seit über 25 Jahren befasst sich der Bereich mit der FCKW-Freisetzung, -Rückgewinnung sowie der -Analytik bei der Entsorgung von Kühlgeräten. Durch die langjährige Erfahrung ist das IUTA Ansprechpartner sowohl für Technologieentwicklungen, Technikberatung als auch insbesondere für die Prüfung und Auditierung für diese Verwertungsbranche.

2020 wurden insgesamt 20 Überprüfungen gemäß TA Luft Ziffer 5.4.8.10.3/5.4.8.11.3 und 24 technische Anlagenbegutachtungen durchgeführt. Darüber hinaus konnte die Zulassung als zertifizierter WEEELABEX-Auditor für EAR und als zertifizierter WEEELABEX-Special-Auditor für TEE erworben bzw. erneuert werden.

#### Wertstoffrückgewinnung aus heterogenen Masseströmen und komplexen Materialverbunden

Stand in den ersten 20 Jahren die trockenmechanische Aufarbeitung von Materialströmen und die Separierung von Eisen- und Nichteisenmetallen im Vordergrund der Anlagen- und Prozessentwicklungen, so werden zunehmend Untersuchungen zu elektrochemischen, pyrometallurgischen und hydrometallurgischen Verfahren notwendig, um strategische Rohstoffe mit geringeren Konzentrationen in den aufzuarbeitenden Materialverbunden aufzukonzentrieren und abzuscheiden. Neben der Rückgewinnung metallischer Grundstoffe steht die ganzheitliche, effiziente Verwertung komplexer Materialverbände z. B. Photovoltaik-Module oder Flachbildschirme im Fokus von Forschungsprojekten (beispielhaftes Material an Elektronikaltgeräten siehe Abb. 3-25). Ein für Photovoltaik-Paneele entwickeltes abrasives Verfahren, orientierende Voruntersuchungen zur nasschemischen Aufbereitung der erzeugten Metallfraktion sowie die technischen Möglichkeiten zur elektrodialytischen Anreicherung

der metallhaltigen Lösungen konnten dazu genutzt werden, die (Weiter-)Entwicklung effizienter Verwertungsverfahren und deren Umsetzung mit Industrieunternehmen zu diskutieren. Neben der elektrodialytischen Behandlung von Lösungen mit niedrigen Metallkonzentrationen wird auch die Kreislaufschließung für Prozesswässer betrachtet. Die bipolare Elektrodialyse soll dabei die Regeneration von Säuren und Basen z. B. aus Abwässern hydrometallurgischer Prozesse ermöglichen.



Abb. 3-25: Materialsichtung in Hinblick auf Schad- und Wertstoffgehalte in Elektronikaltgeräten

### **Analyse von Prozessen hinsichtlich Schad- und Gefahrstoffen sowie Gefährdungspotenziale**

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

Im Rahmen von vorsorglich beauftragten Anlagen- und Prozessbegutachtungen sowie Materialsichtungen in der Kreislaufwirtschaft werden immer wieder Problemstoffe festgestellt. Exemplarisch sind die Schadstoffe FCKW, PCB, Quecksilber und Cadmium zu nennen. Des Weiteren bestehen Gefährdungspotenziale durch nicht korrekt entfernte Bauteile wie z. B. Batterien. Anhand der Erkenntnisse

der durchgeführten Sichtungen erarbeitete das IUTA in diesen Fällen für die Unternehmen Schutzmaßnahmen für Mensch und Umwelt, Handlungsempfehlungen und/oder Arbeitsanweisungen.

### **Digitalisierung von Prozessen**

Die Entwicklung leistungsfähiger Sensoren und die zunehmende Rechnerleistung zur Verarbeitung aufgenommener Daten ermöglichen neue Konzepte zur Steuerung von bestehenden Prozessen. Die zunehmende Digitalisierung von Prozessen spielt auch im IUTA eine Rolle. Diese Form der Prozessüberwachung beinhaltet vor allem die umfassende Datenerfassung, -analyse und -verarbeitung, um intelligente Verknüpfungen und Steuerungskonzepte zu erarbeiten.

Beispielhaft ist dafür das Projekt „Sensorische Prozessüberwachung in Umkehrosmoseanlagen“ zu nennen.

Dieses vom BMWi über die AiF geförderte IGF-Projekt (Industrielle Gemeinschaftsforschung) wird in Kooperation mit der Technischen Universität Kaiserslautern durchgeführt und hat die Entwicklung intelligenter Methoden zur Online-Partikelanalyse der Prozesswässer und Datenverarbeitung zum Ziel. Diese Daten werden mit weiteren Analysedaten sowie den relevanten Prozessparametern verknüpft, um grundlegende Zusammenhänge in Umkehrosmoseprozessen zu beschreiben.

Die sensorisch generierten Daten und deren Zusammenhänge sollen im Kontext der gesamtheitlichen Betrachtung genutzt werden, um in Umkehrosmoseprozessen vorausschauend auf Änderungen im Prozess zu reagieren und die Betriebsweise im Hinblick auf Betriebssicherheit und vorbeugende Schadensvermeidung unter dem Aspekt der Energie- und Kosteneffizienz dynamisch anzupassen.

**Förderhinweis:**

Das IGF-Projekt 21335 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 Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen BundestagesForschungsnetzwerk  
Mittelstand

### **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. Dabei 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 Maritime 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 eine Probe-

nahme 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.

Vor diesem Hintergrund soll im Rahmen dieses vom Land Nordrhein-Westfalen mit Mitteln aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) geförderten 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 eine Strömungsapparatur (Abb. 3-26) aufgebaut, die die Einbindung des Sensors in ein bestehendes Rohrleitungssystem und Untersuchungen zu Strömungseinflüssen auf die zum Messsystem gehörende Probenahme ermöglicht.



Abb. 3-26: Strömungsapparatur zur Untersuchung der Strömungseinflüsse auf die Probenahme des Messsystems

**Förderhinweis:**

Das Projekt „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



EUROPÄISCHE UNION  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung

Die Landesregierung  
Nordrhein-Westfalen



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 zur

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 so genannten Membranuntersuchungen, die sowohl zerstörungsfreie und zerstörende Methoden anwenden, können Beschädigungen beurteilt und Ursachenforschung betrieben werden. Dabei werden die Module äußerlich 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 („INNO-KOM“ über den Projektträger EuroNorm GmbH vom BMWi gefördert) oder der Entwicklung spezifischer Beschichtungen für Umkehrosmosemodule (IGF-Förderung) dienen.

Die Forschungsergebnisse können z. B. dazu genutzt werden, die Schadensbegutachtungen kontinuierlich zu erweitern, konkrete Handlungsempfehlungen bei vorliegenden Schäden zu erarbeiten und gemeinsam mit KMU weiterführende Entwicklungsarbeiten für Reinigungschemikalien und -prozeduren, Erweiterung von Servicedienstleistungen oder der Entwicklung von Beschichtungskonzepten durchzuführen.

**Ausstattung Aufbereitungstechnikum Recycling**

- 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-Drehrohröfen bis 1.200 Grad, 950 mm (200/550/200 mm)
- drei Zonen Kunststoff-Extruder / 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
- VANEON PR-25t Presse Fluxana
- Veraschungssofen LVT Nabertherm
- KERN ABS 520-4N Laborwaage

### **Ausstattung Aufbereitungstechnik flüssige Medien**

- Hochdruck-Umkehrosmoseanlage bis zu einem max. Betriebsdruck von 80 bar:
  - zwei Druckrohre für je drei 8"- Spiralwickелеlemente
  - Energierückgewinnung mit Druckwechsler
- Niederdruck-Umkehrosmoseanlage bis zu einem Betriebsdruck von 20 bar:
  - zwei Druckrohre für je ein 4" Wickelement
- Mitteldruck- Umkehrosmoseanlage bis zu einem Betriebsdruck von 40 bar:
  - zwei Druckrohre für je ein 4" Wickelement
- Nanofiltration:
  - zwei Druckrohre für je ein 4" Wickelement
- 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 ICP-OES
  - 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

### 3.7 Forschungsanalytik & Umweltanalytik

Der Bereich *Forschungs- & Umweltanalytik* beschäftigt sich mit vielfältigen analytischen Detektions- und Untersuchungsverfahren. Neben der Element- und Speziesanalytik betrifft dies die Spurenanalyse organischer Verbindungen aus einem breiten Probenspektrum. Ergänzt wird das Portfolio durch Verfahren zum Nachweis verschiedener Ionen. Einen weiteren Schwerpunkt stellt neben der instrumentellen die wirkungsbezogene Analytik dar. Neue Verfahren sind Gegenstand eines eigenen Forschungsschwerpunkts.

Großes Augenmerk wird zudem auf die Rückgewinnung strategisch wichtiger Metalle aus industriellen Reststoffströmen gelegt. Dabei werden praxistaugliche Verfahren erarbeitet, mit denen man strategische Metalle wieder in den Wirtschaftskreislauf zurückführen kann.

#### Gaschromatografie

Der Bereich verfügt über sensitive GC-Systeme mit unterschiedlichen Detektionsmöglichkeiten (GC/FID, GC/MS-Systeme). Dadurch können eine Vielzahl relevanter Parametergruppen aus verschiedenen Matrices nachgewiesen werden. Der Bereich hat sich zudem auf den analytischen Nachweis von Ölen aus Druckluftmessungen gemäß ISO/CD 8573 spezialisiert. Eine parallele Untersuchung der gasförmigen Ölanteile gemäß ISO/CD 8573 und IUTA-Hausmethode ergänzt das angebotene Portfolio.

#### Element- und Speziesanalytik im Spurenbereich

Massenspektrometrische wie auch spektroskopische Verfahren sind 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 realistische Größen. 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). Zurzeit erfolgt an diesen Systemen der äußerst sensitive Nachweis von Pt-haltigen Zytostatika. Dazu konnten im Berichtszeitraum die vorhandenen Arbeitsmethoden optimiert werden. Zentraler Punkt ist eine statistische Datenauswertung, die auf Basis der freien Programmiersprache R entwickelt wurde. So gelingt in kürzester Zeit nicht nur die komplette Datenauswertung, sondern zeitgleich auch die Überprüfung und Visualisierung aller qualitätsrelevanten Anforderungen gemäß DIN EN ISO 17025. Neben platinhaltigen Zytostatika steht die Detektion kleinster Spuren metallorganischer Verbindungen im Fokus.

Neu hinzugekommen ist ein Quecksilberfeststoffanalysator zur vollautomatischen Bestimmung von Quecksilber in Feststoff- und Flüssigproben. Neben dem Nachweis von Quecksilber in verschiedenen Matrices werden erste Aussagen zu seinen Bindungsverhältnissen in der zu untersuchenden Matrix möglich.

### Entwicklung eines Anreicherungsverfahrens zur sensitiven Detektion von organischen Metallverbindungen aus Gewässern (MeXory)

Die Analytik prioritärer und hoch toxischer metallorganischer Verbindungen wie Methylquecksilber oder Tributylzinnhydrid (TBT) in Gewässern stellt Analysenlabore vor besondere Herausforderungen hinsichtlich des sicheren Umgangs mit hochkonzentrierten Stammlösungen und aufwändigen analytischen Verfahren. Sie sind kostenintensiv, erfordern speziell geschultes Personal und teure und wartungsintensive Geräte, wie z. B. ein GC-ICP-MS (Gaschromatografie gekoppelt an ein induktiv gekoppeltes Plasma-Massenspektrometer, Investitionskosten ca. 200.000 EUR). Ziel eines IGF-Vorhabens, das vom IUTA und dem Deutschen Textilforschungszentrum Nord-West (DTNW) bearbeitet wird, ist die Entwicklung eines selektiven Passivsammlers für metallorganische Verbindungen in Gewässern. Die Passivsammler sollen nach der Probenahme direkt mithilfe der Totalreflexions-Röntgenfluoreszenz-Analyse (TRFA) untersucht werden. Dadurch entfällt die aufwändige Probenvorbereitung sowie das Handling der toxischen Verbindungen im Labor. Daraus ergibt sich ein erhebliches Kosteneinsparpotenzial, sodass dieses Analyseverfahren Bestandteil der Standardroutineanalytik der Laboratorien (KMU) werden kann. Innovativer Part der Entwicklung ist eine spezielle Beschichtung auf den Untersuchungsplättchen der TRFA. Die Fertigung dieser Plättchen wird in der Regel von kleinen und mittelständischen Unternehmen übernommen, denen damit ein neuer Markt erschlossen wird. Des Weiteren ist nach Abschluss des Projekts angedacht, die entwickelte Technologie auch auf andere Medien (ggf. Textilien) zu übertragen.

#### Förderhinweis:

Das IGF-Projekt 21423 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 Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Forschungsnetzwerk  
Mittelstand

### Ressourcen ausschöpfen

In enger Anlehnung an die analytischen Arbeiten werden Fragestellungen der alternativen Wertstoffrückgewinnung bearbeitet. Der Fokus liegt auf der Entwicklung chemisch-physikalischer Verfahren zur Rückgewinnung strategisch bedeutsamer Rohstoffe aus flüssigen Reststoffströmen industrieller Fertigungsprozesse. Hierbei werden ökonomisch tragfähige und zugleich nachhaltige Lösungswege 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 orientieren sich dabei vor allem an den Erfordernissen der betrieblichen Praxis.

### Entfernung Polyfluorierter Tenside aus Wässern – Projektabschluss mit erfolgreichem Feldversuch

Die zur Stoffgruppe der Fluorchlorkohlenwasserstoffe gehörenden perfluorierten Tenside (PFT) haben einen ausschließlich anthropogenen Ursprung. Es handelt sich um Moleküle mit einer hydrophoben Kohlenstoffkette und einer hydrophilen funktionellen Gruppe. In der Kohlenstoffkette sind alle Wasserstoffatome durch Fluor ersetzt; je nach funktioneller Gruppe unterteilt man die PFTs in Perfluorcarbon- und Perfluorsulfonsäuren.

Die Eigenschaften, gleichermaßen wasser- und fettabweisend bei hoher thermischer und chemischer Stabilität zu sein, führten seit den 1950er Jahren zu einem weiten Einsatz von PFT in folgenden Hauptapplikationen:

- für Oberflächenbeschichtungen unterschiedlichster Art
- als Brandbekämpfungsmittel und
- als Betriebshilfsmittel in der galvanischen Industrie

Aufgrund dieser vielfältigen Einsatzgebiete finden sich die Spuren von PFTs in der gesamten Umwelt. Ferner existieren Hotspots mit human- und ökotoxikologisch bedenklich hohen Konzentrationen dieser persistenten Chemikalien, z. B. Altlastenstandorte der Galvanik-, Textil- und Papierindustrie sowie die Umgebung von Brandereignissen. Zu großflächigen Kontaminationsfällen führte zudem das Aufbringen PFT-haltiger Klär- und Papierschlämme auf Ackerflächen, so in Nordbaden, wo sich auf einer Fläche von 500 ha hohe Konzentrationen in Boden und Grundwasser finden.



Abb. 3-27: Labor-Versuchsaufbau

Stand der Technik für die Sanierung PFT-belasteter Wässer ist die Adsorption an Aktivkohle. Allerdings besteht eine niedrige spezifische Kapazität für kurzkettenige PFTs, was im Betrieb zu hohen Kosten führt. Beispielhaft seien die Kosten für Austausch bzw. Regenerierung der Aktivkohle eines einzigen Wasserwerks von ca. 700.000 € genannt. Das in diesem Fall zu behandelnde Wasser weist PFT-Konzentrationen von ca. 200 ng/L auf, die im Vergleich zu den oft um mehrere Größenordnungen höheren Belastungen kontaminierter Standorte als äußerst moderat einzustufen sind<sup>1</sup>.

Ein im September 2017 gemeinsam mit dem Deutschen Textilforschungszentrum Nord-West e.V. (DTNW) begonnenes IGF-Forschungsprojekt konnte zum Jahresende 2020 abgeschlossen werden. Ziel der Forschungsarbeiten war die Entwicklung und verfahrenstechnische Ausgestaltung einer praxisgerechten Immobilisierung von PFTs aus belasteten Wässern auf Basis funktionalisierter Textilien. Nach erfolgreich umgesetzter Maßstabsvergrößerung aus der Labor- in die Technikumskaalierung (s. Abb. 3-27 und Abb. 3-28) wurden hierzu Patente angemeldet.

Mit dem entwickelten Verfahren lassen sich durch einmaliges Durchströmen gepackter Säulen PFT-Konzentrationen effektiv eliminieren. Ein zum Abschluss durchgeführter Feldversuch mit ca. 2000 L PFT-belastetem Wasser eines Altstandortes der Textilindustrie führte zu Minderungen der PFT<sub>ges.</sub>-Fracht von über 80 %, langkettige PFTs konnten zu 90 % immobilisiert werden.

Besonders hervorzuheben ist, dass sich die im Labor getesteten maximalen Durchsätze im Feldversuch noch beträchtlich steigern ließen. So führte selbst die Vervierfachung der hydraulischen

Säulenbelastung von 3 auf 12 m/h weder zu Staudruckproblemen noch zu Umsatzminderungen.



Abb. 3-28: Verfahrenstest im Feldversuch

Im Vergleich zu gebräuchlichen Verfahren stellt die einfache Regeneration der Sorbentien das prägnanteste Alleinstellungsmerkmal dar. Die Arbeiten des IUTA führten im Ergebnis zu einer schnell durchführbaren PFT-Elution der befrachteten Textilien, die direkt innerhalb der Sorptionskolonnen durchgeführt werden kann und innerhalb der betrachteten Zyklen nicht zu Aktivitätseinbußen führte.

#### Förderhinweis:

Das IGF-Projekt 19678 N der Forschungsvereinigungen Forschungskuratorium Textil e.V. und Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Forschungsnetzwerk  
Mittelstand

<sup>1</sup> Water Research 182 (2020) 115913

### **Ermittlung des Einflusses der Stückigkeit/Körnigkeit von Materialien auf das Analyseergebnis von Elutionsversuchen**

Für die Ablagerung und Verwertung eines Abfalls ist die Mobilisierbarkeit der einzelnen Inhaltstoffe bei Zutritt von Wasser ein wesentliches Kriterium. Die Bestimmung dieser Stoffanteile erfolgt üblicherweise anhand von Elutionsuntersuchungen, die sich je nach Rechtsgrundlage unterscheiden. Anzuwendende Elutionsmethoden sind Schütteltests (24h) oder Säulen- bzw. Perkolationsversuche. In der Methodensammlung für Feststoffuntersuchungen<sup>2</sup> (Methosa) werden allein 37 verschiedene Verfahren für die Elution oder Perkolations von Feststoffen zitiert.

Derzeit wird davon ausgegangen, dass unterschiedliche Korngrößen für das zu untersuchende Material auch zu unterschiedlichen Analyseergebnissen bei einem Verfahren führen. Des Weiteren wird angenommen, dass nach 24 Stunden Elutionszeit ein Gleichgewichtszustand (stabiler Zustand) zwischen der flüssigen und festen Phase eintritt.<sup>3</sup> Ziel zweier LAGA-Vorhaben (L 1.18 und L 1.19) war die Erarbeitung einer Empfehlung für ein einheitliches, praktikables Vorgehen zur Materialpräparation für die Herstellung von Untersuchungsproben zur Elution von Abfällen, wobei hohe Anforderungen an die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse gestellt wurden. Neben dem Einfluss der Vorzerkleinerung auf die Stückig-

keit/Körnigkeit der Untersuchungsproben und – damit einhergehend – den Lösungsprozess sollten die Änderungen der Eluatkonzentrationen im zeitlichen Verlauf der Elution betrachtet werden. Dabei war zu bestimmen, ab wann keine signifikanten Veränderungen mehr auftreten, d. h. ein stabiler Zustand des Elutionsprozesses erreicht ist.

Für die Untersuchungen wurden zwei verschiedene Materialtypen, Ziegelbruch und Hausmüllverbrennungsschlacke (HMVA) ausgewählt. Charakteristische Merkmale beider Materialien sind in Tabelle 3-5 dargestellt.

Die zwei verschiedenen Materialien wurden in den Prüfkörnungen 10/22; 2/10; 0/32, 0/10 und 0,125/0,25 mm entsprechend der DIN-Verfahren DIN EN 12457-4, DIN 19529 und DIN 19902 (s/l=1:10 und 1:2) über einen Zeitraum von 0,17 bis 264 Stunden eluiert. Die Eluate gemäß DIN 19902 sind methodisch bedingt nur im Vergleich zum 24h-Schüttel eluat hergestellt worden. Die Einwaage der Materialien zur Elution lag bei 90 g. Nach Ablauf der jeweiligen Elutionszeit wurden die Konzentrationen von Arsen, Antimon, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Molybdän, Nickel, Vanadium, Wolfram, Zink (gemäß DIN EN ISO 17294-2<sup>4</sup>), Chlorid und Sulfat (gemäß DIN EN ISO 10304-1<sup>5</sup>) sowie pH-Wert (DIN EN ISO 10523<sup>6</sup>) und elektrische Leitfähigkeit (DIN EN 27888<sup>7</sup>) im Eluat bestimmt. Um eine Aussage über mechanisch hervorgerufene Abriebeffekte während der

<sup>2</sup> Methodensammlung Abfalluntersuchung V3.0 (14.10.2016)

<sup>3</sup> DIN EN 12457-4 (01/2003) Charakterisierung von Abfällen – Auslaugung; Übereinstimmungsuntersuchung für die Auslaugung von körnigen Abfällen und Schlämmen – Teil 4: Einstufiges Schüttelverfahren mit einem Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis von 10 l/kg für Materialien mit einer Korngröße unter 10 mm (ohne oder mit Korngrößenreduzierung)

<sup>4</sup> DIN EN ISO 17294-2 (01/2017) Wasserbeschaffenheit – Anwendung der induktiv gekoppelten Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS) – Teil 2: Bestimmung

von ausgewählten Elementen einschließlich Uran-Isotope (ISO 17294-2:2016)

<sup>5</sup> DIN EN ISO 10304-1 (07/2009) Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von gelösten Anionen mittels Flüssigkeits-Ionenchromatographie – Teil 1: Bestimmung von Bromid, Chlorid, Fluorid, Nitrat, Nitrit, Phosphat und Sulfat

<sup>6</sup> DIN EN ISO 10523 (04/2012) Wasserbeschaffenheit – Bestimmung des pH-Wertes

<sup>7</sup> DIN EN 27888 (11/1993) Wasserbeschaffenheit – Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit

Tabelle 3-5: Informationen zu den eingesetzten Materialtypen<sup>8,9</sup>

	Ziegelbruch	HMVA (Hausmüllverbrennungsasche/-schlacke)
Hauptbestandteile	überwiegend natürliche tonmineralhaltige Rohstoffe (variieren standortabhängig in ihrer Zusammensetzung); Kaolinminerale, Smektite, Illit, Quarz-Aluminium-Silikate	Calcium-Aluminium-Silikate mit Eisen
Nebenbestandteile	Eisen, Kalium, Calcium	Magnesium, Titan, Kalium, Natrium
Spuren	Fluor, Chlor, Schwefel, Übergangs- und Schwermetalle	Zink, Kupfer, Blei, Chlorid, Sulfat u. a.
Gemengeeigenschaften	durch hohe Qualitätsanforderungen relativ homogenes Gemisch, Substanzen liegen als Oxide vor	nach dem Austrag reaktives und inhomogenes Gemisch, durch Alterung/Carbonatisierung erfolgt eine Fixierung der Schwermetalle

Elution (d. h. eintretende Erhöhungen im Feinstoffanteil) auf die Eluatkonzentrationen treffen zu können, wurde aus dem Feststoffrückstand der Eluate nach Trocknung und Siebung die Abriebmenge bestimmt. Die Ergebnisse der Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Die Prüfkörnungen haben einen Einfluss auf die Eluatkonzentrationen, allerdings sind die Effekte gering. Die Versuche mit dem Ziegel zeigten, dass sich die durch Zerkleinern bzw. durch den bei der Elution gebildeten Abrieb des Probenmaterials hervorgerufenen Oberflächenvergrößerungen nicht proportional auf die Eluatkonzentrationen niederschlagen. Das Probenmaterial der HMVA war deutlich härter, sodass der Abrieb bei allen Prüfkörnungen geringer war und dementsprechend kaum zu Auswirkungen auf die Eluatkonzentrationen beitrug.

Durch eine entsprechende Menge an Feinkorn (ca. 40 – 50 % als Feinkorn, < 2 mm) im Material wird eine Unabhängigkeit von der Prüfkörnung, d. h. Nivellierung der Eluatkonzentrationen erreicht. Zumindest eine maßvolle Verkleinerung des Probenmaterials zur Verbesserung der Repräsentativität der Analysenprobe erscheint vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse vertretbar. Die einzelnen Elementkonzentrationen steigen i. d. R. während der Elutionszeiten für alle Prüfkörnungen an und nähern sich einem stabilen Zustand. Nicht für alle Parameter in den untersuchten Prüfkörnungen ist dieser nach 24 h erreicht. Es gibt auch Parameter (Blei, Chrom, Antimon) bei denen die Elementkonzentrationen mit zunehmender Elutionszeit abnehmen.

Die ermittelten relativen Standardabweichungen, die den Prozess der Materialpräparation, die Elution und die Analytik enthalten, liegen

<sup>8</sup> Hatzl, Thomas; Gehlken, Peer-L.; Mineralische Rohstoffe in der Ziegelindustrie – Wichtige Parameter in der täglichen Praxis eines Geowissenschaftlers (Teil 1); Ziegelindustrie International ZI – 11/2001

<sup>9</sup> Beck, Ralf; Kröger, Werner; Aschen aus der Müllverbrennung – Baustoff auf Deponien oder Abfall zur Ablagerung?, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 2005

für die Prüfkörnungen 0,125/0,25 mm sowie 0/10 mm am niedrigsten, d. h. die Reproduzierbarkeit ist für diese Prüfkörnungen am besten.

Für Materialien wie Ziegel, die durch einen gut messbaren Abrieb gekennzeichnet sind, scheinen Feinkornanteile in den Prüfkörnungen notwendig zu sein, um einen stabilen Zustand der Untersuchungsparameter im Eluat der Schüttelversuche mit dem bisher in den DIN-Normen vorgegebenen Zeitaufwand (24 Stunden) erreichen zu können. Mit der Untersuchung der Prüfkörnungen der HMVA konnte gezeigt werden, dass bei Auswahl einer feinen Prüfkörnung (z. B. 0,125/0,25 mm) die Elementgehalte zum Teil bereits nach 5 Stunden in der gleichen Größenordnung wie die 24-Stundengehalte liegen.

Ein signifikanter Einfluss von frisch gebrochenen Materialoberflächen auf die Höhe der Elementgehalte in den Eluaten konnte weder an

der 0/32-mm-Fraktion des Ziegels noch an der frisch gebrochenen 0,125/0,25-mm-Prüfkörnung der HMVA ermittelt werden. Somit ist für die betrachteten Parameter eine unmittelbare zeitliche Aufeinanderfolge von Zerkleinerung und Eluatansatz möglich.

Förderhinweis:

Die LAGA-Vorhaben LFP L1.18 und L1.19 wurden vom LAGA-Forum Abfalluntersuchungen initiiert und aus Mitteln des Länderfinanzierungsprogramms (LFP) „Wasser, Boden und Abfall“ finanziert.



Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall

### 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 bilden deshalb die Grundlage der Aktivitäten und Projekte des Bereichs, der die drei Kernthemen

- Kopplungstechniken,
- Automation & Digitalisierung sowie
- Bioanalytik

umfasst.

#### Entwicklung innovativer Kopplungstechniken

Der Bereich *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 wissenschaftlichen Untersuchungen stehen u. a. mehrdimensionale Trenn- und Detektionssysteme auf Basis der zweidimensionalen Flüssigkeitschromatografie (HPLC, High Performance Liquid Chromatography), der Ionen-

mobilitätsspektrometrie (IMS, Ion Mobility Spectrometry) und der (hochauflösenden) Massenspektrometrie (HRMS, High Resolution Mass Spectrometry). Aktuelle Forschungsprojekte befassen sich mit der Weiterentwicklung und Miniaturisierung technischer Produkte im Bereich der Analysetechnik.

Auf der messtechnischen Seite werden spektroskopische Verfahren mit der Flüssigkeitschromatografie auf Basis einer alternativen Detektorzelle, einem Flüssigkernlichtwellenleiter, gekoppelt. Auf diese Weise gelingt nicht nur die erstmalige Einbindung der Raman-Spektroskopie als Online-Detektor, 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 des Bereichs. Dies betrifft sowohl die Frage der Schnittstellen zwischen komplexen Analysensystemen und den 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 Insellösungen 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 Labornut-

zungsgegenstände, 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

Die wissenschaftlichen Tätigkeiten für den Arbeitsbereich Bioanalytik werden zukünftig in einem eigenständigen Team gebündelt. Die Leitung der Arbeitsgruppe „Bioanalytik“ übernimmt Herr Martin Kläßen. Das IUTA kooperiert seit Jahren mit Apotheken und Krankenhäusern, insbesondere im Bereich der Qualitätskontrolle von Zytostatikaformulierungen und dem Umgebungsmonitoring (siehe PharmaMonitor im Bereich *Umwelthygiene & Spurenstoffe*). 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 Miniaturi-

sierung der Offline-Analytik ein Mehrwert erwartet. Es soll durch ein verringertes Probenvolumen und kurze Analysezeiten möglich werden, eine vollständige Charakterisierung des Wachstumsmediums durchzuführen.

### Sensitives Verfahren zum Nachweis luftgetragener Proteine

Monoklonale Antikörper (mAk) werden zur Behandlung einer Vielzahl von Krankheiten wie z. B. Krebs, Rheumatoide Arthritis, Alzheimer, Multiple Sklerose, usw. eingesetzt. Dabei kommen die benötigten Medikamente in der Regel nicht vom pharmazeutischen Großhandel, sondern werden in spezialisierten Apotheken und Krankenhäusern aus Fertigarzneimitteln patientenindividuell zubereitet. Bei dem Zubereitungsprozess, welcher im wesentlichen Lösungs-, Überführungs- und Verdünnungsschritte enthält, kommt es immer wieder zu Druckausgleichprozessen, bei welchen Wirkstoff ungewollt freigesetzt werden kann. Diese geringen Substanzfreisetzungen können die Gesundheit des pharmazeutisch-technischen Personals gefährden, indem zum Beispiel akute Immunreaktionen auftreten oder im Laufe von Jahren Allergien entwickelt werden. Ziel dieses Forschungsprojektes war die Entwicklung eines sensitiven Nachweisverfahrens für Spurenstoffkonzentrationen monoklonaler Antikörper in der Luft auf Basis der Massenspektrometrie.

Im Rahmen des Projektes wurde eine Multi-Analyt-Methode zur Bestimmung monoklonaler Antikörper über Peptide erfolgreich entwickelt und validiert. Die Empfindlichkeit des Verfahrens reicht aus, um die maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen von luftgetragenen Antikörpern zu erfassen. Die hier durchgeführten Arbeiten münden somit in einem validierten Gesamtverfahren, das arbeitsplatzbezogene Expositionsmessungen ermöglicht.

Die erzielten Ergebnisse haben eine hohe wissenschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung.

Erstmalig steht eine vollständig validierte Multi-Analyt-Methode bereit, um eine Exposition gegenüber Antikörpern erfassen zu können. Hierauf basierend kann das Freisetzungspotenzial bei verschiedenen Produktionsprozessen während der Herstellung ermittelt werden. Die tatsächliche Exposition durch therapeutische Antikörper pro Schicht kann bestimmt und Maßnahmen zur Verbesserung des Arbeitsschutzes können abgeleitet werden. Durch Anwendung des entwickelten Verfahrens können konkrete Handlungsempfehlungen zur Minimierung der Freisetzung von monoklonalen Antikörpern formuliert werden.

Aufgrund des hohen Innovations- und Anwendungspotenzials wurden die Ergebnisse bereits während der Projektlaufzeit verwertet. Die marktreife Anwendung des Nachweisverfahrens wird im Rahmen eines aktuell laufenden INNO-KOM-MF-Projektes (FKZ: 49MF200005) angegangen. Ziel ist es, monoklonale Antikörper im Bereich der Oberflächenkontamination zu erfassen, um damit den Reinigungserfolg im pharmazeutischen Sektor zu validieren. Des Weiteren wurde erkannt, dass die Erfassung von Proteinaggregaten mittels Raman-Spektroskopie nach jetzigem Entwicklungsstand nicht empfindlich genug ist. Dennoch konnte das Potenzial dieser Technologie demonstriert werden, sodass eine technische Weiterentwicklung des Verfahrens angestrebt wird. Hierzu wurde ein IGF-Antrag (FKZ: 21280 N) bewilligt, der zurzeit bearbeitet wird.

#### Förderhinweis:

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

Gefördert durch:



**INNO-KOM**

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

#### IGF-Projekt MiniLab

Das Ziel des Forschungsprojektes IGF-MiniLab besteht in der Entwicklung eines portablen Messgerätes zur Vor-Ort-Prozesskontrolle und Erfassung von Schadstoffen in Wasser. Der im Rahmen des Projektes zu entwickelnde Demonstrator soll aus einer miniaturisierten Einheit zur Anreicherung von wässrigen Proben und der Trennung der in den Proben enthaltenen Zielanalyten mittels Nano-Flüssigkeitschromatografie (Nano-HPLC) sowie aus einem miniaturisierten Detektionssystem auf Basis der Elektrosprayionisation-Ionenmobilitätsspektrometrie (ESI-IMS) bestehen. Die Kombination aus Nano-HPLC und IMS ist ideal geeignet, da durch diese Kopplungstechnik eine hohe Trennleistung erzielt wird. Darüber hinaus lassen sich die Analyten direkt aus der Wasserphase anreichern, womit eine hochsensitive Erfassung möglich wird.

Im Rahmen des Projektes wurde u. a. ein Demonstrator für einen flexiblen Kartuschenwechsler mittels additiver Fertigung entwickelt. Die additive Fertigung dient dabei als Herstellungsmethode für Funktionsmuster. Der Fokus wird sowohl auf das Materialextrusions- (MEX) als auch auf Stereolithografieverfahren (STL) gelegt. Beim MEX-Verfahren wird Kunststoff aufgeschmolzen und schichtweise in Bahnen zu einem Bauteil zusammengefügt. Beim STL-Verfahren wird durch Belichtung eine komplette Schicht auspolymerisiert und das Bauteil Schicht für Schicht aufgebaut. Ziel ist es, die Herstellung komplexer Versuchsanlagen in einem Fertigungsschritt zu ermöglichen, indem die Genauigkeit und Materialvielfalt erhöht wird. Hierdurch werden positive Auswirkungen auf die Miniaturisierung und Automation erwartet. Dabei wird die gesamte Prozesskette, angefangen bei der Erstellung der Werkstücke im Computer, über die Fertigung selbst, bis hin zur Nachbehandlung, betrachtet. Durch das Fertigungsverfahren lässt sich die Zeit zwischen Idee und Bauteil erheblich verkürzen und ermöglicht so zusätzliche Iterationsschritte bei der Entwicklung und Konstruktion.

In Abb. 3-29 ist der aktuelle Entwicklungsstand des Kartuschenwechslers dargestellt. Die nächsten Schritte fokussieren nun auf die mechanische Optimierung und die elektronische Regelung der Aktuatorik. Dafür ist eine genaue Kraftdosierung erforderlich, um ein dichtes Abschließen zwischen dem Kartuschenwechsler und der Kartusche zu gewährleisten.

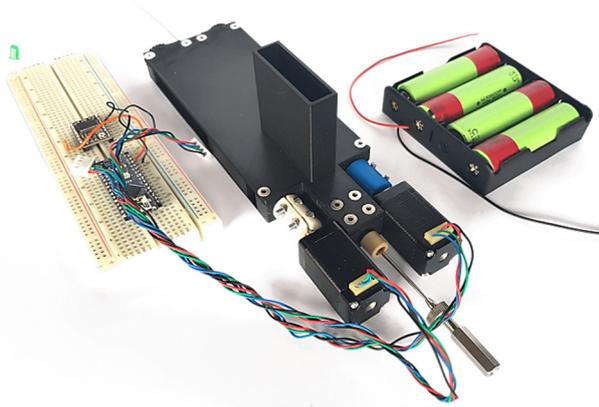


Abb. 3-29: Foto des 3D-gedruckten Kartuschenwechslers

Förderhinweis:

Das IGF-Projekt 20666 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 Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Forschungsnetzwerk  
Mittelstand

### **FutureLab.NRW: Digitalisiertes Modelllabor für die miniaturisierte instrumentelle und wirkungsbezogene Analytik der Zukunft**

Mit FutureLab.NRW verbindet das IUTA die weitere Profilierung des Leitthemas „Analytik & Messtechnik“ insbesondere im Hinblick auf die Themenschwerpunkte:

- Arbeitssicherheit
- Instrumentelle Analytik
- Kopplungstechniken
- Miniaturisierung und Automatisierung
- Wirkungsbezogene Analytik

Sowohl hinsichtlich der wissenschaftlich-technischen Kompetenzen als auch in Bezug auf den Zugang zur Industrie konnten mit dem Projekt Alleinstellungsmerkmale erarbeitet bzw. ausgebaut werden. Aus den FuE-Aktivitäten, die durch die neue Forschungsinfrastruktur entstehen, ergeben sich vielfältige Anknüpfungspunkte zu Wertschöpfungsketten mit hoher Relevanz für mittelständische Unternehmen, beispielsweise:

- der chemischen Spurenanalytik bis hin zur Entwicklung der Analysentechnik in den Bereichen Pharma und Umwelt,
- der Messung gas- sowie partikelförmiger Schadstoffe in Prozessen und in der Umwelt bis hin zur Entwicklung von Technologien zur Entfernung toxischer Schadstoffe aus Gasen und Wasser,
- die Bewertung von nano- und mikroskalierten Materialien hinsichtlich ihrer Umweltverträglichkeit.

Abgeleitet aus der übergeordneten Zielsetzung von FutureLab.NRW, das die Forschung für die Praxis, die Sicherung des Innovationsvorsprungs und damit der Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen in der Region und darüber hinaus in den Vordergrund rückt, stellen Transfermaßnahmen und die Zusammenarbeit mit insbesondere mittelständischen Unternehmen

einen Schwerpunkt der aus dem Projekt resultierenden Aktivitäten des Instituts dar. IUTA hat eine Transferstrategie entwickelt, welche die Verwertung der erzielten Resultate sicherstellen soll. Hierzu gehören:

- Ausbau der Netzwerke mit Forschungseinrichtungen, bestehenden Netzwerkorganisationen, Industrieausschüssen,
- gezielte Publikationen in Fachzeitschriften,
- Aus- und Fortbildungsveranstaltungen,
- Fachtagungen (IUTA-AnalytikTag, IUTA-ZytostatikaTag, etc.).

Adressaten sind alle Unternehmen entlang der jeweiligen Wertschöpfungsketten der technologischen Entwicklungen. Alle kooperierenden Partner und interessierten Unternehmen werden in regelmäßigen Abständen über den Projektfortschritt informiert.

Im Folgenden wird die Entwicklung der Forschungs- und Kompetenzschwerpunkte Analytik, Messtechnik und Schadstoffe im Kontext von FutureLab.NRW beleuchtet.

FutureLab.NRW zielt darauf ab, die Digitalisierung des Labors, die Entwicklung miniaturisierter Trenn- und Analyseverfahren, Kopplungstechniken und die generelle Verbindung zwischen der instrumentellen und wirkungsbasierten Analytik voranzutreiben. Eine besondere Herausforderung liegt dabei im Umgang mit hochtoxischen Substanzen.

Der Bereich der messtechnischen Fragestellungen ist aktuell durch eine rasante Entwicklung gekennzeichnet. Dabei zeigen sich zwei Entwicklungsrichtungen. Die eine versucht, die für die Umwelttechnik typischen komplexen Gemische immer genauer in immer geringeren Konzentrationen nach einzelnen Komponenten aufzulösen, die andere versucht, relevante Wirkungen der Gemische zu erfassen (z. B. östrogene oder allergene Wirkungen) ohne detailliert auf Einzelkomponenten zu zielen.

Neben der Frage nach übergeordneten Standards wird die kollaborative mobile Robotik eine zentrale Rolle einnehmen. In Abb. 3-30 ist ein erster Versuchsaufbau gezeigt, mit dem zentrale Automationslösungen umgesetzt werden sollen. Der Roboter soll zunächst einfache „Pick and Place“-Tätigkeiten übernehmen, die normalerweise von qualifiziertem Laborpersonal durchgeführt werden, wie z. B. das Bestücken eines Probengebers für die HPLC mit den entsprechenden Proben trays. Die Übertragung dieses Vorgangs auf einen Roboter ist hochkomplex und erfordert u. U. tiefgreifende Programmierkenntnisse. Um dem Problem des Fachkräftemangels, insbesondere im Bereich hochspezialisierter IT-Fachkräfte, zu begegnen, wird erstmalig eine intuitive Software eingesetzt. Diese erlaubt das „Teachen“ grundlegender Funktionen des Roboters per „Drag & Drop“. Auf diese Weise ist es nicht erforderlich, über qualifizierte Programmierkenntnisse zu verfügen. Die Software übersetzt vielmehr die einzelnen Bewegungsabläufe des Roboters in einen nativen Programm-Code, sodass eine nachträgliche Bearbeitung des Quellcodes durch einen Programmierer möglich ist. Mit Hilfe dieses Versuchsaufbaus sollen Erkenntnisse abgeleitet werden, ob und in welchem Maße ein Domänenexperte (Laborant/-in oder Technische/-r Mitarbeiter/-in) Arbeitsabläufe im Labor selbstständig ohne entsprechende IT-Fachkräfte automatisieren kann.

Nach erfolgreicher Etablierung erster Workflows sowie der datentechnischen Vernetzung aller Geräte, ist die Übertragung auf eine mobile Plattform geplant. Das IUTA ist vor diesem Hintergrund seit 2019 Mitglied der Self-driving Lab Robots Interest Group. Mitglieder dieser Gruppe sind vorwiegend die großen führenden Pharmaunternehmen. Die Zielstellung besteht u. a. in der Schaffung einer Software-Plattform, die die Vernetzung der Laborgeräte unter einem einheitlichen Standard ermöglicht. Das IUTA-FutureLab.NRW kann sich in diesem Kontext als wichtiges Bindeglied zwischen Industrie und Wissenschaft etablieren, indem es

wissenschaftlich-technische Fragestellungen bearbeitet, die in den Unternehmen aufgrund des technischen Risikos noch nicht in den Realbetrieb umgesetzt werden können.

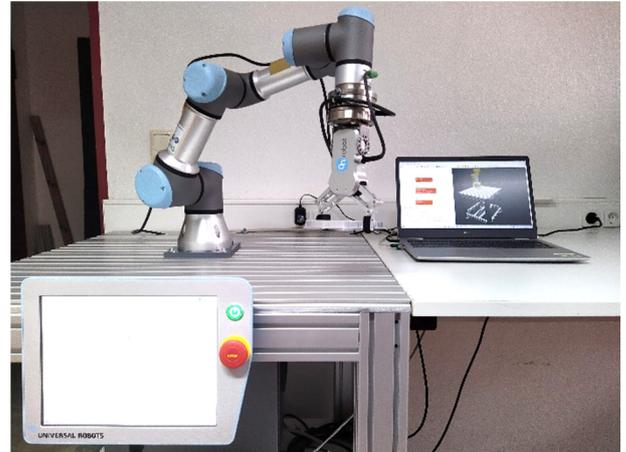


Abb. 3-30: Versuchsaufbau zur Umsetzung zentraler Automationschritte mittels kollaborativer Robotik

Um den aktuellen Stand der Technik eindeutig bewerten zu können, wurden Kontakte zu allen in Deutschland federführenden Forschungseinrichtungen geknüpft, die sich mit dem Thema Laborautomation und mobile kollaborative Robotik befassen. Hierbei handelt es sich um das Center for Life-Science Automation (celisca) an der Universität Rostock unter Leitung von Frau Prof. Kerstin Thurow sowie der nCLAS-Initiative des Fraunhofer Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung.

Darüber hinaus wurde die Kooperation mit der Deutschen Messe AG über das Konsortium „link the lab“ intensiviert. Dieses Konsortium versteht sich als überregionale Experten-Gruppe, die den Austausch und Wissenstransfer innerhalb der Laborindustrie zum Thema Kommunikationsstandards im Labor fördern möchte. Im Rahmen der geplanten SmartLAB-Initiative auf der labvolution in Hannover sowie der analytica in München können Projektergebnisse direkt auf den Messen in Form von Vorträgen und Workshops präsentiert werden. Aufgrund der Corona-Pandemie musste die für 2020 geplante analytica in München zunächst abgesagt und im Oktober 2020 als virtuelle Messe durchgeführt werden. Derzeit sehen die

Planungen der Deutschen Messe vor, die Labvolution im September 2021 in Hannover als erste Präsenzmesse mit einem neuen Hygienekonzept durchzuführen. Die bis dahin erzielten Ergebnisse aus dem Projekt Future-Lab.NRW sollen u. a. im Rahmen der Sonderchau des SmartLAB und dem in das Konferenzprogramm eingegliederten IUTA-Analytik-Tag 2021 einem breiten Fachpublikum präsentiert werden. Die Laboreröffnung ist als Hybridveranstaltung im Frühjahr 2022 geplant.

Förderhinweis:

Die Zuwendung des Landes NRW erfolgt unter Einsatz von Mitteln aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) 2014 – 2020 „Investitionen in Wachstum und Beschäftigung“.



EUROPÄISCHE UNION  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung



**EFRE.NRW**

Investitionen in Wachstum  
und Beschäftigung

### 3.9 Industrielle Gemeinschaftsforschung – Forschungsvereinigung „Energie- und Umwelttechnik“ 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 des Bereichs und Aufgaben der Forschungsvereinigung

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

#### *Evaluation von Forschungsanträgen – Forschungsbeirat*

Ein wichtiges Bindeglied zwischen den vier Partnern IUTA e.V., der mit Energietechnik und technischem Umweltschutz befassten gewerblichen Wirtschaft, der AiF und der Energie- und Umweltforschung ist der Forschungsbeirat als Organ des IUTA e.V. Die 65 Mitglieder (darunter 3 ständige Gäste) des Forschungsbeirates 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 BMWi vorgelegten IGF-Vorhaben im Hinblick auf den möglichen wirtschaftlichen Nutzen für die Unternehmen der Branche und des Technologiefeldes. Für jeden eingereichten Antrag werden zunächst fünf bis sechs schriftliche Gutachten eingeholt. Die Evaluation erfolgt anhand des zwischen dem BMWi 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 Forschungsbeirates. Im Jahr 2020 hat der Forschungsbeirat am 18. Februar 10 Anträge und am 15. September 17 Anträge begutachtet. Darüber hinaus wurden im Umlaufverfahren weitere 12 Anträge evaluiert.

Aufgrund der Empfehlung des Forschungsbeirates werden jedem Antragsteller, dem eine hohe Chance auf Förderung seines Vorhabens attestiert wird, Hinweise zur Ergänzung und Überarbeitung des vorgelegten Antrags gegeben. Zur Begleitung der Überarbeitung übernehmen Mitglieder des Beirates, 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 Forschungsbeirates.

#### *Projektbegleitung – projektbegleitende Ausschüsse*

Jedes Projekt wird von einem projektbegleitenden Ausschuss begleitet, der während der Projektlaufzeit i. d. R. ein- bis zweimal pro Jahr tagt. Den Mitgliedern der projektbegleitenden Ausschüsse (PA) 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 2020 hat der IUTA e.V. als Mitgliedsvereinigung der AiF über 259 IGF-Forschungsprojekte erfolgreich abgeschlossen, darunter 38 ZUTECH-Projekte.

#### *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. Vor dem Hintergrund der Corona-Pandemie mussten die im jährlichen Rhythmus stattfindenden Veranstaltungen wie beispielsweise der Workshop „AiF-Brennstoffzellen-Allianz“ – ausgerichtet vom Zentrum für Brennstoffzellentechnik in Duisburg (ZBT) – sowie die IUTA-Transfer- und Innovationsveranstaltungen zum Austausch mit Vertretern großer und insbesondere mittelständischer Unternehmen wie der „*FiltrationsTag*“, der „*AnalytikTag*“ sowie der „*ZytostatikaTag*“, an denen üblicherweise mehr als 300 Unternehmensvertreter teilnehmen, abgesagt werden.

Darüber hinaus ist das Institut ideeller Mitträger der VDI-Tagung „Emissionsminderung“. Seit Februar 2016 engagiert sich das IUTA als Gründungsmitglied in der AiF-Forschungsallianz Energiewende und seit 2020 in der AiF-Forschungs- und Transferallianz Wasserstoff (FTAW).

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.



**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

**DBU – 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)**

50 vorrangig mittelständische 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 vorrangig 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-foerdereverein.de

Darüber hinaus ist IUTA Mitglied in folgenden Kooperationsnetzwerken aus Forschungseinrichtungen und mittelständischen Unternehmen, die über das ZIM-Programm des BMWi 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](http://www.smartlab-netzwerk.de)

## 4 Anhang

### 4.1 Vorträge 2020

Ambrosy, J., Bittig, M., Bathen, D.  
**Adsorption von Hg(0) aus diskontinuierlichen Abluftströmen**  
 20. VDI-Fachkonferenz "Messung und Minderung von Quecksilber-Emissionen",  
 07.07.2020

Asbach, C.  
**On the applicability of optical aerosol measurement instruments for the assessment of exposure to respirable dust**  
 1st Dust Containment Day, Ludwigshafen,  
 15.01.2020

Asbach, C., Kuhlbusch, T.A.J., Quass, U., Kaminski, H.  
**10 years of experience in urban background UFP measurements with TSI SMPS and NSAM**  
 European Aerosol Conference (online),  
 Aachen, 31.08. – 04.09.2020

Asbach, C., Schunke, B., Ünal, A., Wagner, M., Dünzer, M.  
**Development and evaluation of knitted face mask materials**  
 NanoSAFE 20 (online), Grenoble,  
 17. – 20.11.2020

Bathen, D., Ambrosy, J., Bittig, M.  
**Adsorption von Quecksilber aus diskontinuierlichen Abluftströmen**  
 20. VDI-Fachkonferenz "Messung und Minderung von Quecksilber-Emissionen",  
 07.07.2020

Bittig, M., Bathen, D.  
**Grundlagen der Quecksilberminderung**  
 20. VDI-Fachkonferenz "Messung und Minderung von Quecksilber-Emissionen",  
 07.07.2020

Bläker, C., Pasel, C., Luckas, M., Bathen, D.  
**Energetische Charakterisierung von Faujasit-Zeolithen unter Verwendung eines Sensorgaskalorimeters**  
 Jahrestagung der ProcessNet-Fachgruppe Adsorption, Berchtesgaden, 26.02.2020

Blauth, F., Schiemann, J.  
**Innovationen in der industriellen Wasseraufbereitung**  
 Workshop Chemsite e.V., Herten, 05.02.2020

Broßell, D., Bäger, D., Mattenklott, M., Tromp, P., Stahlmecke, B.  
**Inventory of EM counting rules for NOAA aerosol samples with focus on fibres/platelets**  
 Workshop on Sampling and counting rules for the characterization of airborne NOAA in the workplace by scanning end transmissions electron microscopy (online), 07.09.2020

Cunha, R.  
**Engineering without Borders**  
 XXIII Jornadas de Engenharia Biologica, University of Minho, Online-Conference, Braga, Portugal, 03. – 04.12.2020

Gilles, K.D., Ligotski, R., Sager, U., Schmidt, F.  
**Verhalten von Adsorptionsfiltern und -medien für die Raumlufttechnik gegenüber innenraumrelevanten Schadstoffen während der Betriebsdauer**  
 15. Symposium Textile Filter, Chemnitz,  
 11. – 12.03.2020

Haep, S.,  
**Die Zwerge – klein und gemein? Chancen der Nanotechnologie nutzen, Risiken minimieren**  
 VDI-Bezirksverein Siegen, Wenden,  
 29.01.2020

Haep, S., Opiolka, S., Schunke, B., Schmalz, E.  
**Development and testing of masks, based on innovative nonwoven combinations**  
 AiR Filtration Seminar, Frankfurt,  
 23. – 24.09.2020

Haep, S., Opiolka, S., Schunke, B., Schmalz, E.  
**Development and Testing of masks, based on innovative nonwoven combinations**  
 Pro.vention Fachkongress, Erfurt,  
 05. – 06.11.2020

Hugo, A., Meyer-Gall, T., Lauer, D., Gutmann, J.S., König, C., Meister, M., Todt, K., Haep, S., Schmidt, F.

**Charakterisierung des Alterungsverhaltens abreinigbarer Filtermedien nach DIN EN ISO 16891 und VDI 3926-1, Anwendungsmöglichkeiten bei der Produktentwicklung**  
15. Symposium Textile Filter, STFI, Chemnitz, 10. – 11.03.2020

Itzel, F., Teutenberg, T., Türk, J.  
**Ultrasensitive Erfassung von Hormonen nach EU-Wasserrahmenrichtlinie**  
Praxistag HPLC, Digital-Konferenz, 28.05.2020

Itzel, F., Teutenberg, T., Türk, J.  
**Ultrasensitive Bestimmung von Hormonen gemäß Anforderungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie**  
Expertenzirkel Umweltanalytik, Shimadzu, Digital-Konferenz, 16.06.2020

Itzel, F., Teutenberg, T., Türk, J.  
**Ultrasensitive Erfassung von Hormonen nach EU-Wasserrahmenrichtlinie**  
Praxistag HPLC, Digital-Konferenz, 01.11.2020

Jochums, M.  
**Digitalisierung eines Workflows – Qualitätskontrolle von patientenindividuellen Zytostatika-Applikationsbeuteln**  
SmartLab-Meeting, 06.05.2020

Jochums, M.  
**Integration des OC-Lab in ein vollautomatisiertes DC-Assay**  
Justus-Liebig-Universität Gießen, 22.07.2020

Jochums, M.  
**Präsentation der FutureLab Softwarelösung**  
Forschungszentrum Jülich (online), 23.07.2020

Kerner, M., Schmidt, K., Schumacher, S., Asbach, C., Antonyuk, S.  
**Charakterisierung des Alterungsverhaltens von Elektret-Filtern durch Partikeleinlagerung**  
15. Symposium Textile Filter, Chemnitz, 10. – 11.03.2020

Kerner, M., Schmidt, K., Schumacher, S., Asbach, C., Antonyuk, S.  
**Numerische und experimentelle Untersuchung der beladungsabhängigen Aerosolabscheidung in Elektret-Filtern**  
ProcessNet Gasreinigung 2020, Chemnitz, 10. – 11.03.2020

Klaßen, M.D., Fischer, B., Plachetka, U., Teutenberg, T.  
**Qualitätskontrolle von Biologika: Lösungsansätze unter Verwendung der Raman-Spektroskopie**  
LocaSenZ-Netzwerkmeeting (online), 24.09.2020

Klöfer, I., Bittig, M., Bathen, D.  
**Analyse von Quecksilber-Spezies mittels TDS zur Interpretation der Reaktionswege von Quecksilber während der Gipsbildung in einer REA**  
20. VDI-Fachkonferenz “Messung und Minderung von Quecksilber-Emissionen”, 08.07.2020

Klöfer, I., Bittig, M., Bathen, D.  
**Vermeidung von Hg-Reemissionen in der REA-Wäsche, Untersuchungen mit Sulfit als Ligand im Hg-Halogenid-System**  
52. Kraftwerkstechnisches Kolloquium, Dresden, 06. – 07.10.2020

Klöfer, I., Bittig, M., Bathen, D.  
**Investigation of mercury species in FGD gypsum**  
VGB Workshop Mercury Control 2020, 20.11.2020

Klöfer, I., Bittig, M., Bathen, D.  
**Quecksilberminderung in der REA-Wäsche, Untersuchungen mit Sulfit als Ligand im Hg-Halogenid System**  
Kraftwerkstechnisches Kolloquium, Dresden, 07.10.2020

Kochale, K.  
**Der automatisierte Dünnschichtchromatografie-Assay – von der Konzeptionierung zur getrennten Probe**  
SmartLab-Meeting (online), 20.05.2020

Kochale, K.  
**Digitalisierung und Automatisierung im FutureLab**  
SmartLab-Meeting (online), 15.12.2020

Kube, C., Flieter, I., Bialucha, R., Leson, M.  
**Einfluss von Körnigkeit und Stückigkeit auf den Löseprozess von Elutionsversuchen**

BEW – Fachgespräch Feststoffuntersuchungen 2020, Essen, 09. – 10.03.2020

Kunze, F., Kuns, S., Spree, M., Hülser, T., Wiggers, H., Schnurre, S.M.

**Thermophoretic in operando sampling of gas-borne nanoparticles from reactive fluids**

EAC, Aachen (Web-Konferenz), 31.08. – 04.09.2020

Muthmann, J., Bläker, C., Pasel, C., Lucas, M., Bathen, D.

**Einfluss von strukturellen und chemischen Eigenschaften auf die Adsorptionsleistung von Aktivkohlen**

Jahrestagung der ProcessNet-Fachgruppe Adsorption, Berchtesgaden, 28.02.2020

Reinders, L.M.H., Kerstein, J., vom Eyser, C., Korczowska, E., Türk, J.

**Bewertungskonzepte und aktuelle Daten aus dem Umgebungsmonitoring mittels Wischproben**

12. NZW-Dresden, Dresden, 23.10.2020

Reinders, L.M.H., Kläßen, M.D., Nölle, D., vom Eyser, C., Teutenberg, T., Türk, J.

**Expositionsmessungen von monoklonalen Antikörpern**

12. NZW-Dresden, Dresden, 23.10.2020

Reinders, L.M.H., vom Eyser, C., Türk, J.

**Workshop: Effektive Reinigung belasteter Oberflächen und Materialien**

12. NZW-Dresden, Dresden, 23.10.2020

Schumacher, S.

**Möglichkeiten und Grenzen von Raumluftreinigern**

Raumluftreiniger Anwendertag (online), 03.12.2020

Schumacher, S., Jasti, R., Däuber, E., Engelke, T., Schuldt, T., Schmidt, F., Asbach, C.  
**Einfluss von optischem Partikelzähler und Aerosolmaterial auf die Prüfung von Elektretfiltern nach ISO 16890**

15. Symposium Textile Filter, Chemnitz, 10. – 11.03.2020

Teutenberg, T.

**Is chromatography still at the heart of the future lab?**

16th International Symposium on Hyphenated Techniques in Chromatography and Separation Technology, Ghent, Belgien, 30.01.2020

Teutenberg, T., Gehrmann, L., Abdulin, N., Türk, J.

**FutureLab NRW: Digitalisiertes Modelllabor für die miniaturisierte instrumentelle und wirkungsbezogene Analytik der Zukunft**

ZEA – 3 Kolloquium, Forschungszentrum Jülich, 08.01.2020

Teutenberg, T., Gehrmann, L., Abdulin, N., Türk, J., Jochums, M.

**FutureLab NRW: Digitalisiertes Modelllabor für die miniaturisierte instrumentelle und wirkungsbezogene Analytik der Zukunft**

BASF (online), 02.07.2020

Todt, K., Bumann, M., Fleger, H., Bittig, M., Liebau, M., Kasprick, M., Suprun, W., Haep, S., Gläser, R.

**Optimierung von NT-SCR-Katalysatoren zur Anwendung im Flugstromverfahren – Stand der Entwicklung**

Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppen „Computational Fluid Dynamics“ und Gasreinigung“, Bamberg, 10. – 11.03.2020

Türk, J., Rübel, A., Jochums, M., Kochale, K., Itzel, F., Abdulin, N., Gehrmann, L., Teutenberg, T.

**Digitalisierung und Automatisierung in der Wasseranalytik**

4. Mülheimer Wasseranalytisches Seminar – MWAS 2020, 17.09.2020

Underberg, M., Primus, P.A., Chemura, S., Hülser, T., Kumke, M.U.,

**Spray-Flame Synthesis of Eu doped Ce/Zr/Gd-oxide Nanoparticles for catalytic applications – Correlation of Macroscopic and Microscopic Properties**

4th International Symposium „Gas-phase Synthesis of Functional Nano-materials“ (Web-Konferenz), 06.10. – 08.10.2020

Vogt, M., Meschede, S., Haep, S.

**Potenziale der TAB bei der Wasserstoff-  
erzeugung und CCU**

VDI-/ITAD-Spezialtag „Zukunft der thermischen Abfallbehandlung“, Würzburg, 05.10.2020

Vogt, M., Meschede, S., Kuhn, S., Seitz, N., Lutz, M.

**Ermittlung der technischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen für den Betrieb von chemischen Speichertechnologien in einem Unternehmensverbund**

Sitzung des Fachausschusses „Leichtmetall-, Sand- und Kokillenguss“, Baddeckenstedt, 04. – 05.03.2020

Welp, L., Hugo, A., Haep, S.

**Bioaerosolabscheidung – Probenahme von Legionellen am Auslass von Verdunstungskühlanlagen**

Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppen „Computational Fluid Dynamics“ und Gasreinigung“, Bamberg, 10. – 11.03.2020

## 4.2 Veröffentlichungen 2020

Albert, R., Wagner, C., Urbanczyk, R., Felderhoff, M.

**Cycle stability of the effective thermal conductivity of nickel-activated magnesium hydride powder under operating conditions**

Energy Technology 2020, 8, 2000356

Ambrosy, J., Pasel, C., Luckas, M., Bittig, M., Bathen, D.

**Influence of oxygen on Hg<sup>0</sup> adsorption on non-impregnated activated carbons**

ACS Omega 5 (2020), S. 17051-17061

Asbach, C., Kuhlbusch, T.A.J., Quass, U., Kaminski, H.

**10 Jahre Messungen der Anzahl- und lungeponierbaren Oberflächenkonzentration ultrafeiner Partikel im städtischen Hintergrund im Ruhrgebiet**

Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 80, Nr. 01-02, 25-32, 2020

Bahla, A., Hellack, B., Wiemann, M., Giustia, A., Werle, K., Haase, A., Wohlleben, W.

**Nanomaterial categorization by surface reactivity: A case study comparing 35 materials with four different test methods**

NanoImpact 19 (2020), 100234

DOI: 10.1016/j.impact.2020.100234

Bahners, T., Tsarkova, L., Gebert, B., Gutmann, J.S., Opiolka, S., Haep, S., Neudeck, A.G., Gampe, D.M.

**Textilien mit ladungsspeichernden Eigenschaften für Anwendungen in Elektronik und Umwelttechnik**

Technische Textilien, 2020, 3, 102-103

Bahners, T., Tsarkova, L., Gebert, B., Gutmann, J.S., Opiolka, S., Haep, S., Neudeck, A.G., Gampe, D.M.

**Textiles with charge storage properties for applications in electronics and environmental technology**

Technical Textiles, 2020, 3, E119-120

Becker, C., Deeb, A.A., Teutenberg, T., Jochmann, M.A., Schmidt, T.C.

**Determination of liquid chromatography/flame ionization detection response factors for N-heterocycles, carboxylic acids, halogenated compounds, and others**

Anal. Bioanal. Chem. 2020 Jan., 412(1):171-179. DOI: 10.1007/s00216-019-02222-1

Becker, C., Jochmann, M.A., Teutenberg, T., Schmidt, T.C.

**A nebulizer interface for liquid chromatography – Flame ionization detection: Development and validation**

Talanta. 2020 Jan. 1;206:120229.

DOI: 10.1016/j.talanta.2019.120229.

Bläker, C., Luckas, M., Pasel, C., Dreisbach, F., Bathen, D.

**A study on the load-dependent heat of adsorption and interactions during adsorption of C5 and C6 hydrocarbons on zeolites 13X and ZSM-5 and an activated carbon**

Mic. & Mes. Mat. 302 (2020) 110205

Blauth, F., Schiemann, B., Schiemann J.

**Reverse flow adsorption with integrated regeneration for retaining critical trace substances in aqueous media**

Filtrieren und Separieren, International Edition 2020, S. 49-53

Böck, R., Berry, A.

**Entwicklung eines katalytischen Wärmeübertragers**

WOMag 1-2 (2020), S. 6-10

Broßell, D., Meyer-Plath, A., Kämpf, K., Pnitzko, S., Wohlleben, W., Stahlmecke, B., Wiemann, M., Haase, A.

**A human risk banding scheme for high aspect-ratio materials**

(Buchkapitel) in: Synthetic Nano- and Microfibres, Wetsus.nl., 2020, ISBN: 978-1-71663-242-6, Editors: Martijn Wagterveld, R., Marijnissen, J.C.M., Gradoń, L., Moskal, A.

Chemura, S., Haubitz, T., Underberg, M., Primus, P.A., Hülser, T., Kumke, M.U.

**Europium-doped ceria–gadolinium mixed oxides: PARAFAC analysis and high-resolution emission spectroscopy under cryogenic conditions for structural analysis**

J. Phys. Chem. A 2020, 124, 24, 4972–4983

Cokic, S.M., Asbach, C., De Munck, J., Van Meerbeek, B., Hoet, P., Seo, J.W., Van Landuyt, K.L.

**The effect of water spray on the release of composite nano-dust**

Clinical Oral Investigations 24, 2403-2414 2020

Cunha, J.R., Schott, C., van der Weijden, R., D., Leal, L.H., Zeeman, G., and Buisman, C.

**Calcium phosphate granules recovered from black water treatment: A sustainable substitute for mined phosphorus in soil fertilization**

Resources, Conservation and Recycling, 158 (2020), <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104791>.

Funck, M., Yildirim, A., Nickel, C., Schmidt, T.C., Tuerk, J.

**Vergleich zweier thermoanalytischer Methoden für die Mikroplastikanalytik – Pyrolyse-GC-MS vs. TED-GC-MS**

Kurzreferate zur Wasser 2020, 2020, 433-437. Wasserchemische Gesellschaft – Fachgruppe in der Gesellschaft Deutscher Chemiker

Funck, M., Yildirim, A., Nickel, C., Schram, J., Schmidt, T.C., Tuerk, J.

**Identification of microplastics in wastewater after cascade filtration using Pyrolysis-GC-MS**

MethodsX, 7: 100778, 2020

<https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.100778>

Funck, M., Yildirim, F., Itzel, F., Schmidt, T.C., Tuerk, J.

**Mikroplastikanalytik in Abwasser – Kombination einer Kaskaden-Filtration und Filament-Pyrolyse-GC-MS**

GIT Labor-Fachzeitschrift 2020, <https://analyticalscience.wiley.com/doi/10.1002/was.00050089>

Giubilato, E., Cazzagon, V., Amorim, M.J.B., Bloisi, 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.

**Risk management framework for nano-bio-materials used in medical devices and advanced therapy medicinal products**

Materials 2020, 13, 4532,  
DOI: 10.3390/ma13204532

Hohrenk, L.L., Itzel, F., Baetz, N., Tuerk, J., Vosough, M., Schmidt, T.C.

**Comparison of software tools for liquid chromatography-high-resolution mass spectrometry data processing in nontarget screening of environmental samples**

Anal Chem. 2020 Jan 21;92(2):1898-1907,  
DOI: 10.1021/acs.analchem.9b04095.

Hoyer, A.B., Struk, S., Spree, M., van der Zwaag, T., Haep, S., Hülser, T.

**Herstellung prozessierbarer Dispersionen von Nanopartikeln aus der Gasphase durch direkten Transfer in Trägerflüssigkeiten**

Chem. Ing. Tech. 2020, 92, No. 9, 1316  
DOI: 10.1002/cite.202055259

Hund-Rinke, K., Sinram, T., Schlich, K., Nickel, C., Dickehut, H.P., Schmidt, M., Kühnel, D.

**Attachment Efficiency of Nanomaterials to Algae as an Important Criterion for Ecotoxicity and Grouping**

Nanomaterials 2020, 27;10(6):1021,  
DOI: 10.3390/nano10061021

Itzel, F., Baetz, N., Hohrenk, L.L., Gerhmann, L., Antakyali, D., Schmidt, T.C., Tuerk, J.

**Evaluation of a biological post-treatment after full-scale ozonation at a municipal wastewater treatment plant**

Water Research 2020, 170:115316.  
DOI: 10.1016/j.watres.2019.115316.

Itzel, F., Kerstein, J., Gassner, O., Teutenberg, T., Türk, J.

**Ultrasensitive Bestimmung von Hormonen**  
Chrom+Food FORUM 10/2020, 48-49

Kerner, M., Schmidt, K., Schumacher, S., Asbach, C., Antonyuk, S.

**Ageing of electret filter media due to deposition of submicron particles – experimental and numerical investigations**

Separation and Purification Technology 251, 117299 (2020)

Kerner, M., Schmidt, K., Schumacher, S., Asbach, C., Antonyuk, S.

**Electret filters – From the influence of discharging methods to optimization potential**

Atmosphere 2021, 12(1), 65;  
<https://doi.org/10.3390/atmos12010065>

Kerner, M., Schmidt, K., Schumacher, S., Puderbach, V., Asbach, C., Antonyuk, S.

**Evaluation of electrostatic properties of electret filters for aerosol deposition**

Separation and Purification Technology 239,116548, 2020

Kirchner, J.S., Berry, A., Ohnemüller, F., Schnetger, B., Erich, E., Brumsack, H.-J., Lettmann, K.A.

**Reducing CO<sub>2</sub> emissions of a coal-fired power plant via accelerated weathering of limestone: Carbon capture efficiency and environmental safety**

Environ. Sci. Technol. 2020, 54, 7, 4528–4535

Korczyńska, E., Crul, M., Tuerk, J., Meier, K.

**Environmental contamination with cytotoxic drugs in 15 hospitals from 11 European countries—results of the MASHA project**  
European Journal of Oncology Pharmacy (2020) 3:2

Kunze, F., Kuns, S., Hülser, T., Wiggers, H., Schnurre, S. M.

**Thermophoretic particle sampling on a TEM grid: A new design for sample preparation with high spatial accuracy**

Chem. Ing. Tech. 2020, 92, No. 9, 1330  
<https://doi.org/10.1002/cite.202055256>

- Ligotski, R., Sager, U., Stoffel, T., Schmidt, F.  
**Investigation of the loading and ageing condition of activated carbon in the adsorptive supply air treatment of a major european airport**  
 F & S Global Guide 2020-2022, 181 – 192,  
 Hrsg.: E. von der Lühe, ISBN 978-3-00-059320-8, 2020
- Mahy, J.G., Wolfs, C., Mertes, A., Vreuls, C., Drot, S., Smeets, S., Dircks, S., Boergers, A., Tuerk, J., Lambert, S.D.  
**Advanced oxidation processes for Wastewater treatment: From lab-scale model water to on-site real Wastewater**  
 Environmental Technology, 2020 Jul 28:1-13.  
 DOI: 10.1080/09593330.2020.1797894
- Muthmann, J., Bläker, C., Pasel, C., Lucas, M., Schledorn, C., Bathen, D.  
**Characterization of structural and chemical modifications during the steam activation of activated carbons**  
 Mic. & Mes. Mat. 309 (2020) 110549
- Niemann, H., Winner, H., Asbach, C., Kaminski, H., Frenz, G., Milczarek, R.  
**Influence of disc temperature on ultrafine and fine particle emissions of passenger car disc brakes with organic and inorganic pad binder materials**  
 Atmosphere 11, 1060 (2020)
- Nocker, A., Schulte-Illingheim, L., Frösler, J., Welp, L., Sperber, O., Hugo, A.  
**Microbiological examination of water and aerosols from four industrial evaporative cooling systems in regard to risk of Legionella emissions and methodological suggestions for surveillance**  
 Int. J. of hygiene and environmental health 2020, Vol. 229, S. 113591
- Reinders, L.M.H., Teutenberg, T., Kläßen, M., D., Eßer, D., Türk, J.  
**Ionensuppression in der Massenspektrometrie von Biomolekülen – Notwendigkeit und Einfluss von Additiven in der mobilen Phase**  
 GIT Labor-Fachzeitschrift 6/2020
- Schmidt, F., Däuber, E., Schuldt, T., Engelke, T.  
**The testing of air filters for general ventilation in accordance with EN ISO 16890**  
 F & S International Edition. 2020; No. 20: 59-62
- Schuldt, T., Däuber, E., Engelke, T., Schmidt, F.  
**Air filters for indoor environments: Interlaboratory evaluation of the new international filter testing standard ISO 16890**  
 Indoor Air. 2020; 30:473–480,  
<https://doi.org/10.1111/ina.12660>
- Stoffel, T., Sager, U., Engelke, T., Däuber, E., Haep, S.  
**Luftfilter, die alles können? Charakteristika von Kombifiltern für die allgemeine Raumluftfiltration und für Kfz-Innenräume**  
 Filtrieren & Separieren 34(1), 6-10 (2020)
- Sun, J., Birmili, W., Hermann, M., Tuch, T., Weinhold, K., Merkel, M., Rasch, F., Sonntag, A., Müller, T., Schladitz, A., Bastian, S., Löschau, G., Cyrys, J., Gu, J., Flentje, H., Briel, B., Asbach, C., Kaminski, H., Ries, L., Sohmer, R., Gerwig, H., Wirtz, K., Meinhardt, F., Schwerin, A., Bath, O., Ma, N., Wiedensohler, A.  
**Decreasing Trends of Particle Number and Black Carbon Mass Concentrations at 16 Observational Sites in Germany from 2009 to 2018**  
 Atmospheric Chemistry and Physics 20, 7049-7068, 2020
- Svendsen, C., Walker, L., Matzke, M., Lahive, E., Harrison, S., Crossley, A., Park, B., Lofts, S., Lynch, I., Vázquez-Campos, S., Kaegi, R., Gogos, A., Asbach, C., Cornelis, G., von der Kammer, F., van den Brink, N., Mays, C., Spurgeon, D.J.  
**Contemporary environmental exposure assessment for nanotechnology applications: theory and future practice**  
 Nature Nanotechnology 15, 731-742, 2020
- Teutenberg, T., Kochale, K., Jochums, M., Dronov, M., Gehrman, L., Abdulin, N., Tuerk, J.  
**The bot on the bench – cooperative robotics and the routine lab**  
 G.I.T. Laboratory Journal 1/2020, 24-25, 2020

Teutenberg, T., Kochale, K., Jochums, M., Dronov, M., Gehrman, L., Abdulin, N., Türk, J.

**Der Roboter auf meiner Bench**  
GIT Labor-Fachzeitschrift 2/2020

Teutenberg, T., Küppers, S.

**Blick in die Zukunft – Werden wir in 10 Jahren noch Analysen selbst durchführen?**

chrom+food forum 10, 50-52, 2020

Todea, A.M., Schmidt, F., Schuldt, T., Asbach, C.

**Development of a method to determine the fractional deposition efficiency of full scale HVAC and HEPA filter cassettes for nanoparticles  $\geq 3.5$  nm**

Atmosphere 11, 1191, 2020

Todt, K., Bumann, M., Fleger, H., Bittig, M., Liebau, M., Suprun, W., Haep, S., Gläser, R.

**Niedertemperatur-Entfernung von NO<sub>x</sub> aus industriellen Abgasen mittels katalytisch wirkenden Stäuben**

Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft 80 (2020) Nr. 5, S. 207-212

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**

Science of the total environment, 2020

Oct 6;142727,

DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.142727.

### 4.3 Poster 2020

Baetz, N., Jochums, M., Kläßen, M., Schmidt, T.C., Tuerk, J.

**Neurotoxicity in the aquatic environment acetylcholinesterase-inhibition bioassay and combination with high-performance thin-layer chromatography (HPTLC)**

ELRIG-Forum, Darmstadt, 04. – 05.03.2020

Baetz, N., Rothe, L., Wirzberger, V., Schmidt, T.C., Tuerk, J.

**Hochleistungsdünnschicht-Chromatografie (HPTLC) in Kombination mit einem hefebasierten Multi-Effekt Bioassay zur Bestimmung hormoneller Effekte in Umweltproben**

3. Fortschrittswerkstatt Wasser. Heiß. Nass. Trocken. Stürmische Zeiten für die Wasserwirtschaft?, Essen, 23.01.2020

Blauth, F.

**Investigation of silica fouling on reverse osmosis membranes**

Membrane-Symposium der DGMT, Essen, 07.02.2020

Broßell, D., Meyer-Plath, A., Plitzko, S., Wendel, W., Stahlmecke, B., Wiemann, M., Haase, A.

**A human risk banding scheme for high aspect-ratio materials**

NanoSafe 2020 (Web-Konferenz), 16. – 20.11.2020,

Dircks, S., Boergers, A., Lambert, S., Vreuls, S., Tuerk, J.

**Assessment of advanced photocatalytic oxidation process for micropollutant elimination in municipal and industrial wastewater treatment plants (AOPTi)**

Poster presentation, CORNET Project (IGF-FV 202 EN), final SME meeting, Herve, Belgium, 13.02.2020

Hoyer, A., Struk, S., Spree, M., Segets, D., van der Zwaag, T., Haep, S., Hülser, T.

**Continuous transfer of highly specific nanoparticles from the gas-phase into processable dispersions**

European Aerosol Conference (EAC), online, 31.08. – 04.09.2020

Hoyer, A, Struk, S., Spree, M., van der Zwaag, T., Haep, S., Hülser, T.

**Herstellung prozessierbarer Dispersionen von Nanopartikeln aus der Gasphase durch direkten Transfer in Trägerflüssigkeiten**

10. ProcessNet-Jahrestagung und 34. DECHEMA-Jahrestagung der Biotechnologen 2020 (online), 21. – 24.09.2020

Hoyer, A.B., Struk, S., Spree, S., Kunze, F., van der Zwaag, T., Haep, S., Hülser, T.

**Production of stable dispersions by direct transfer of highly specific nanoparticles from the gas-phase into liquids by electrophoresis**

CENIDE Conference, Bergisch Gladbach, 02.03. – 04.03.2020

Kerner, M., Schmidt, K., Schumacher, S., Asbach, C., Antonyuk, S.

**Untersuchung der Aerosolabscheidung in elektrostatisch geladenen Mikrofaservliesen**

Innovationstag Mittelstand des BMWi, Berlin, 09.05.2020

Kochale, K.

**Automated coupling of instrumental analysis and effect-directed analysis**

ELRIG-Forum, Darmstadt, 04. – 05.03.2020

Korczywska, E., Jankowiak-Gracz, H., Crul, M., Tuerk, J., Arnold, D., Meier, K.

**Surface contamination with cytostatic drugs in European hospital wards**

25th Congress of the EAHP, Gothenburg, Sweden, 25 – 27.03.2020

Kunze, F., Kuns, S., Spree, M., Hülser, T., Wiggers, H., Schnurre S.M.

**Synthesis of silicon nanoparticles in a low pressure microwave plasma reactor on a pilot plant scale: Characterization of particle growth and influence of different process conditions on particle characteristics**

CENIDE Conference, Bergisch Gladbach, 02.03. – 04.03.2020

Kunze, F., Kuns, S., Spree, M., Hülser, T., Wiggers, H., Schnurre S.M.

**Thermophoretic particle sampling on TEM grids: A new design for high-speed sampling with high spatial accuracy**

ProcessNet Jahrestagung, Web-Konferenz, 21. – 24.09.2020

Kunze, F., Kuns, S., Spree, M., Hülser, T., Wiggers, H., Schnurre S.M.

**Thermophoretic particle sampling on TEM grids with high spatial accuracy**

4th International Symposium Gas-Phase Synthesis of Functional Nanomaterials, Web-Konferenz, 08. – 09.10.2020

Ligotski, R., Gilles, K.D., Sager, U., Schmidt, F.

**Adsorption und In-situ-Desorption raumlufttechnisch relevanter VOC an aktivkohlebasierten Filtermedien bei unterschiedlichen relativen Feuchten**

Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppen Fluidverfahrenstechnik, Adsorption und Extraktion, Berchtesgaden, 26. – 28.02.2020

Mauer, V., Bläker, C., Pasel, C., Luckas, M., Bathen, D.

**Energetische Charakterisierung von Faujasit-Zeolithen unter Verwendung eines Sensorgaskalorimeters**

10. ProcessNet-Jahrestagung (online), 21. – 24.09.2020

Mohamadi Nasrabadi, A., Todea, A.M., Wolf, C., Habryka, D., Türk, J., Asbach, C.

**Experimental investigation of effective parameters on removing NO<sub>2</sub> in the presence of TiO<sub>2</sub> aerosolized nanoparticles under UVA light exposure**

European Aerosol Conference 2020, Aachen (online), 31.08. – 04.09.2020

Nickel, C., Kerstein, J., Funck, M., Fischer, B., Nehren, K., Bertling, R., Duhme, M., Hennecke, D., Weinfurter, K., Hollert, H., Kämpfer, C., Roß-Nickoll, M., Seiler, T.B., Weltmeyer, A., Bitter, K., Blank, L.M., Tuerk, J., Asbach, C.

**What is the impact of agricultural mulch films on terrestrial ecosystems?**

SETAC 2020, online conference, Dublin, 03.05 – 07.05.2020

Nickel, C., Stahlmecke, B., Kaminski, H., Fenoglio, I., Huelser, T., Asbach, C.

**Solubility of different nanomaterials used in biomedicine**

SETAC 2020, online conference, Dublin, 03.05 – 07.05.2020

Schumacher, S., Caspari, A., Banda Sanchez, A., Schneiderwind, U., Asbach, C.

**New test methods for indoor air cleaners considering ultrafine particles**

European Aerosol Conference 2020, Aachen (online), 31.08. – 04.09.2020

Schumacher, S., Schneiderwind, U., Banda Sanchez, A., Sichma, L.K., Schultze, T., Asbach, C.

**A low-cost sensor setup for measuring the air quality and CO<sub>2</sub> content in schools**

European Aerosol Conference 2020, Aachen (online), 31.08. – 04.09.2020

Todea, A.M., Sim, H.L., Asbach, C.

**Determination of the counting efficiency of condensation particle counters for micron-sized particles**

European Aerosol Conference 2020, Aachen (online), 31.08. – 04.09.2020

Wirzberger, V., M., Klein, V.I., Merkus, L.E., Rothe, M., Woermann, N., Bätz, L.L., Hohrenk, L.L., Lutze, H.V., Schmidt, T.C.

**Welche Transformationsprodukte können nach der Ozonung in einer Kläranlage nachgewiesen werden und welche öko-toxikologische Relevanz haben sie?**

3. Fortschrittswerkstatt Wasser. Heiß. Nass. Trocken. – Stürmische Zeiten für die Wasserwirtschaft?, Essen, 23.01.2020

Zeiner, T., Engelke, T., Schumacher, S., Kreckel, S., Todt, K., Haep, S.

**Entwicklung von Methoden und Modellen zur Beschreibung aerosoldynamischer Vorgänge in (verfahrens-)technischen Prozessen**

Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppen Computational Fluid Dynamics und Gasreinigung, Bamberg, 10. – 11.03.2020

#### 4.4 Vorträge auf Fortbildungsveranstaltungen

Dahmke, H., Türk, J.,

**Praxis Effektive Reinigung von Oberflächen, Desinfektion und Validierung**

Sicherheitstraining für Zytostatika, LEAC Hamburg, Online-Seminar, 07.11.2020

Dahmke, H., Türk, J.,

**Praxis Effektive Reinigung von Oberflächen, Desinfektion und Validierung**

Sicherheitstraining für Zytostatika, LEAC Hamburg, Online-Seminar, 12.12.2020

Diekhoff, M., Türk, J.,

**Praxis Verhalten in Notfallsituationen: Praktische Anwendung von SpillKits**

Sicherheitstraining für Zytostatika, LEAC Hamburg, Online-Seminar, 07.11.2020

Diekhoff, M., Türk, J.,

**Praxis Verhalten in Notfallsituationen: Praktische Anwendung von SpillKits**

Sicherheitstraining für Zytostatika, LEAC Hamburg, Online-Seminar, 12.12.2020

Klaßen, M.D., Reinders, L.M.H., vom Eyser, C., Bruckmann, J., Teutenberg, T., Jäger, M., Schmidt, T.C., Türk, J.

**Monoklonale Antikörper & Arbeitsschutz Sicherer Umgang mit Zytostatika**

München, 04.09.2020

Klaßen, M.D., Reinders, L.M.H., vom Eyser, C., Bruckmann, J., Teutenberg, T., Jäger, M., Schmidt, T.C., Türk, J.

**Monoklonale Antikörper und Arbeitsschutz – Praxisseminar Sicherheitstraining Zytostatika**

LEAC Hamburg, Online-Seminar, 11.12.2020

Reinders, G., Klaßen, M.D., Türk, J.

**Workshop: Spill-Kit Übung**

Sicherer Umgang mit Zytostatika, München, 04.09.2020

Reinders, G., Klaßen, M.D., Türk, J.

**Workshop: Umgang mit Kontamination – Desinfektion, Reinigung und Wischproben Sicherer Umgang mit Zytostatika**

München, 05.09.2020

Reinders, L.M.H., Klaßen, M.D., vom Eyser, C., Bruckmann, J., Teutenberg, T., Jäger, M., Schmidt, T.C., Türk, J.  
**Monoklonale Antikörper und Arbeitsschutz – Praxisseminar Sicherheitstraining Zytostatika**, LEAC Hamburg, Online-Seminar, 06.11.2020

Türk, J.  
**Effektive Reinigung und Desinfektion in der Zytostatika-Herstellung – Außenkontamination – Realität und Konsequenzen – Sicherheitstraining für Zytostatika**, LEAC, Hamburg, 28.02.2020

Türk, J.  
**Praxis: Effektive Reinigung von Oberflächen, Desinfektion und Validierung – Sicherheitstraining für Zytostatika**, LEAC, Hamburg, 29.02.2020

Türk, J.  
**Einführung in die LC-MS**  
analytica-special: LC/MS: Grundlagen und Anwendung, Dr. Klinkner & Partner GmbH, Online-Seminar, 19.10.2020

Türk, J.  
**LC/MS in der Praxis**  
analytica-special: LC/MS: Grundlagen und Anwendung, Dr. Klinkner & Partner GmbH, Online-Seminar, 19.10.2020

Türk, J.  
**Screeningverfahren, Applikationsbeispiele und Auswertung**  
analytica-special: LC/MS: Grundlagen und Anwendung, Dr. Klinkner & Partner GmbH, Online-Seminar, 19.10.2020

Türk, J.  
**Effektive Reinigung und Desinfektion in der Zytostatika-Herstellung Außenkontamination – Realität und Konsequenzen**  
Sicherheitstraining für Zytostatika, LEAC, Hamburg, 18.09.2020

Türk, J.  
**Praxis: Effektive Reinigung von Oberflächen, Desinfektion und Validierung**  
Sicherheitstraining für Zytostatika, LEAC, Hamburg, 19.09.2020

Türk, J., Reinders, L.M.H., vom Eyser, C.  
**Effektive Reinigung und Desinfektion in der Zytostatika-Herstellung Außenkontamination – Realität und Konsequenzen: Sicherheitstraining für Zytostatika**, LEAC, Online-Seminar, Hamburg, 07.11.2020

Türk, J., Reinders, L.M.H., vom Eyser, C.  
**Effektive Reinigung und Desinfektion in der Zytostatika-Herstellung Außenkontamination – Realität und Konsequenzen: Sicherheitstraining für Zytostatika**  
LEAC, Online-Seminar, Hamburg, 12.12.2020

Türk, J., Reinders, L.M.H.  
**Effektive Reinigung und Desinfektion in der Zytostatika-Herstellung**  
MEDAC Fortbildungsreihe Pharmazeutische Onkologie, Hamburg, 15.02.2020

Türk, J., Reinders, L.M.H.  
**Gefährdungspotenzial von monoklonalen Antikörpern und Biosimilars**  
MEDAC Fortbildungsreihe Pharmazeutische Onkologie, Hamburg, 15.02.2020

Türk, J., Reinders, L.M.H., vom Eyser, C., Klaßen, M.D.  
**Gehaltsbestimmungen von Zytostatika-Applikationslösungen**  
Sicherer Umgang mit Zytostatika, München, 04.09.2020

Türk, J., Reinders, L.M.H.  
**Effektive Reinigung und Desinfektion in der Zytostatika-Herstellung**  
MEDAC Fortbildungsreihe Pharmazeutische Onkologie, Dresden, 07.03.2020

Türk, J., Reinders, L.M.H.

**Gefährdungspotenzial von monoklonalen Antikörpern und Biosimilars**

MEDAC Fortbildungsreihe Pharmazeutische Onkologie, Dresden, 07.03.2020

Türk, J., Reinders, L.M.H.

**Monoklonale Antikörper im Arbeitsschutz**

Sicherheitstraining für Zytostatika, LEAC, Hamburg, 29.02.2020

Türk, J., Reinders, L.M.H.

**Monoklonale Antikörper im Arbeitsschutz**

Sicherheitstraining für Zytostatika, LEAC, Hamburg, 19.09.2020

#### 4.5 IGF-Forschungsberichte

Im Jahr 2020 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: 202 EN

**Assessment of Advanced Photocatalytic Oxidation process for Micropollutant Elimination in Municipal and Industrial Waste Water Treatment Plants**

Laufzeit: 01.05.2017 – 29.02.2020

Beteiligte Forschungsstelle(n):

IUTA

Forschungsvereinigung: Energie- und Umwelttechnik

IGF-Forschungsvorhabennummer: 19624 N

**Energieeffiziente Luftentfeuchtung auf Basis lichtsensitiver Hydrogele**

Laufzeit: 01.05.2017 – 31.07.2020

Beteiligte Forschungsstelle(n):

Forschungsinstitut für Reinigungstechnologie e.V., Krefeld

IUTA

Forschungsvereinigung: Energie- und Umwelttechnik

IGF-Forschungsvorhabennummer: 19681 N

**Entwicklung eines hochselektiven und ultrasensitiven Verfahrens zur quantitativen Bestimmung ausgewählter Hormone in Wasser auf Basis der Fluoreszenzdetektion**

Laufzeit: 01.09.2017 – 31.01.2020

Beteiligte Forschungsstelle(n):

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

IUTA

Forschungsvereinigung: Energie- und Umwelttechnik

IGF-Forschungsvorhabennummer: 18661 N

**Entwicklung eines kompakten Adsorbens mit integrierter Durchbruchswarnung zur Abscheidung von Quecksilber aus kleinen diskontinuierlich anfallenden Abluftströmen**

Laufzeit: 01.08.2016 – 31.12.2019

Beteiligte Forschungsstelle(n):

Universität Duisburg-Essen, Fakultät Ingenieurwissenschaften, Lehrstuhl Thermische Verfahrenstechnik

IUTA

Forschungsvereinigung: Energie- und Umwelttechnik

IGF-Forschungsvorhabennummer: 19403 N

**Entwicklung eines Messgerätes zur Bestimmung des oxidativen Potenzials von luftgetragenen Partikeln mit Hilfe eines Particle Into Liquid Samplers (PILS) und der Elektronen Spin Resonanz (ESR) Spektrometrie**

Laufzeit: 01.03.2017 – 31.12.2019

Beteiligte Forschungsstelle(n):

IUTA

Forschungsvereinigung: DECHEMA, Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.

IGF-Forschungsvorhabennummer: 18199 BG

**Entwicklung eines mikrofluidischen Slip-Chips zur schnellen Analyse komplexer Stoffgemische mittels online Anreicherung und zweidimensionaler Nano-Flüssigkeitschromatografie**

Laufzeit: 01.01.2017 – 31.12.2019

Beteiligte Forschungsstelle(n):

Universität Duisburg-Essen, Instrumentelle Analytische Chemie

IUTA

Forschungsvereinigung: Energie- und Umwelttechnik  
 IGF-Forschungsvorhabenummer: 18233 BG  
**Entwicklung eines strömungsoptimierten HT-PEM-Brennstoffzellenstapels mithilfe eines neuartigen hochauflösenden Strömungssensors und effizienter Simulationsverfahren**  
 Laufzeit: 01.12.2016 – 30.11.2019  
 Beteiligte Forschungsstelle(n):  
 Zentrum für BrennstoffzellenTechnik gGmbH, Duisburg  
 Technische Universität Dresden, Institut für Grundlagen der Elektrotechnik und Elektronik, Professur für Mess- und Prüftechnik

Forschungsvereinigung: Energie- und Umwelttechnik  
 IGF-Forschungsvorhabenummer: 18593 N  
**Entwicklung und Anwendung eines funktionsintegrierten Microactors auf Basis ionischer Polymer-Metallkomposite**  
 Laufzeit: 01.01.2017 – 31.03.2020  
 Beteiligte Forschungsstelle(n):  
 Zentrum für BrennstoffzellenTechnik gGmbH, Duisburg  
 Institut für Mikro- und Informationstechnik der Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung e.V., Villingen-Schwenningen

Forschungsvereinigung: Energie- und Umwelttechnik  
 IGF-Forschungsvorhabenummer: 19742 N  
**Ermittlung der technischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen für den Betrieb von chemischen Speichertechnologien in einem Unternehmensverbund**  
 Laufzeit: 01.10.2017 – 31.03.2020  
 Beteiligte Forschungsstelle(n):  
 Technische Universität München, Forschungsinstitut Unternehmensführung, Logistik und Produktion  
 IUTA

Forschungsvereinigung: Energie- und Umwelttechnik  
 IGF-Forschungsvorhabenummer: 19144 N  
**Mikrofluidische Charakterisierung miniaturisierter Systeme auf Basis der Flüssigkeitschromatografie zur Steigerung der Effizienz und des Probendurchsatzes**  
 Laufzeit: 01.01.2017 – 31.12.2019  
 Beteiligte Forschungsstelle(n):  
 IUTA

Forschungsvereinigung: Energie- und Umwelttechnik  
 IGF-Forschungsvorhabenummer: 19650 BG  
**Modifikation und Prozessparameter zur Optimierung von NT-SCR-Katalysatoren hinsichtlich Stabilität, Deaktivierung und Wirtschaftlichkeit**  
 Laufzeit: 01.09.2017 – 29.02.2020  
 Beteiligte Forschungsstelle(n):  
 Universität Leipzig, Institut für Technische Chemie  
 IUTA

Forschungsvereinigung: Energie- und Umwelttechnik  
 IGF-Forschungsvorhabenummer: 19623 N  
**Ressourcenschonende Kleinserienproduktion durch Kunststoff-Laser-Sintern – Einfluss der Anisotropie und Oberflächenstruktur auf die statischen und dynamischen Langzeiteigenschaften von laser-gesinterten Bauteilen (LZE-LS II)**  
 Laufzeit: 01.07.2017 – 31.12.2019  
 Beteiligte Forschungsstelle(n):  
 Universität-Duisburg-Essen, Fakultät Ingenieurwissenschaften, IPE – Fertigungstechnik  
 Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Kunststofftechnik

## 4.6 Forschungsprojekte der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)

### ... der Forschungsvereinigung „Energie- und Umwelttechnik“ im Jahr 2020

AiF-Vorh.-Nr.		Titel/Thema	Forschungsstellen	Laufzeit	
				Anfang	Ende
15	EWN	Entwicklung von Lithium-Schwefel-Batterien auf Basis polymerummantelter Li <sub>2</sub> S-Kathodenmaterialien und innovativer Silizium-Anoden	ZBT, AOC Uni Köln, ET UDE	01.04.2017	30.09.2020
22	EWBG	Entwicklung von Membran-Elektroden-Einheiten für die alkalische Elektrolyse auf Basis ionenleitender poröser Keramikmembranen	ZBT, INP Greifswald	01.04.2017	30.09.2020
39	EWN	Entwicklung einer neuen Materialklasse von hochstabilen Elektrokatalysatoren für Kathoden von PEM-Brennstoffzellen (PEMFC) auf Basis von laser-generierten 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	31.08.2021
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
202	EN	Assessment of Advanced Photocatalytic Oxidation process for Micropollutant Elimination in Municipal and Industrial Waste Water Treatment Plants	IUTA	01.09.2017	29.02.2020
18593	N	Entwicklung und Anwendung eines funktionsintegrierten Microactors auf Basis ionischer Polymer-Metallkomposite	ZBT, HSG IMIT	01.01.2017	31.03.2020
19402	N	Entwicklung von nachweisstarken Verfahren zur Bestimmung von Asbest in flächigen Baustoffen	IUTA	01.03.2017	31.12.2020
19526	BG	Entwicklung poröser papiertechnisch hergestellter Titan-Stromverteiler für die PEM-Elektrolyse	ZBT, FhG IFAM, PTS-IZP	01.05.2017	31.10.2020
19624	N	Energieeffiziente Luftentfeuchtung auf Basis lichtsensitiver Hydrogele	wfk, IUTA	01.05.2017	31.07.2020
19650	BG	Modifikation und Prozessparameter zur Optimierung von NT-SCR-Katalysatoren hinsichtlich Stabilität, Deaktivierung und Wirtschaftlichkeit	IUTA, TAC Leipzig	01.09.2017	29.02.2020
19658	N	„FormicFuel“: Immobilisierung eines selektiven heterogenen Katalysators für die kontinuierliche Ameisensäurezerersetzung zum direkten Betrieb einer Brennstoffzelle	ZBT, ITMC RWTH Aachen	01.01.2018	30.06.2021
19681	N	Entwicklung eines hochselektiven und ultrasensitiven Verfahrens zur quantitativen Bestimmung ausgewählter Hormone in Wasser auf Basis der Fluoreszenzdetektion	IUTA, PTB HHU	01.09.2017	31.01.2020
19694	N	Gradierte Aktivschichten auf Basis von Graphenoid-schaum-geträgerten Legierungskatalysatoren für NT-PEM-Kathoden (GRA2KAT)“	DFI, MX Uni Saarland, ZBT	01.10.2017	30.09.2020
19695	N	Weiterentwicklung eines thermochemischen Wärmespeichers für Hochtemperaturanwendungen bis 550 °C	IUTA, MPI KF	01.10.2017	31.03.2021
19742	N	Ermittlung der technischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen für den Betrieb von chemischen Speichertechnologien in einem Unternehmensverbund	BWL TU München, IUTA	01.10.2017	31.03.2020

AiF-Vorh.-Nr.	Titel/Thema	Forschungsstellen	Laufzeit	
			Anfang	Ende
19815 N	Entwicklung von Präventions- und Regenerierungsmaßnahmen zur Erhöhung der Standzeiten von Hochtemperatur-PEM-Brennstoffzellen unter realen Betriebs- und Schadgasszenarien	ZBT, NEXT ENERGY	01.01.2018	30.09.2020
19816 N	Entwicklung eines Dauerhaften PEMFC Stacks bei zyklischer Frost-Tau-Wechsel Belastung	ZBT	01.01.2018	30.06.2021
19817 BG	Entwicklung von kostengünstigen und nachhaltigen Elektrodensystemen auf Basis von optimierten Iridium/Titanoxid-Schichten für den Einsatz in der PEM-Wasserelektrolyse	IUTA, WEI WHS, FT Mittweida	01.11.2017	31.10.2020
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
19918 N	Verbesserung der Drainageeigenschaften von Koaleszenzfiltermedien durch gemusterte Funktionalisierung	IUTA, DTNW	01.01.2018	31.12.2020
19976 BG	Entwicklung katalytisch aktiver Materialien auf Ceroxid- und Zirkoniumoxid-Basis für die Anwendung in Festoxid-Brennstoffzellen. (KatCe)	IUTA, UP Transfer	01.02.2018	31.12.2020
19977 N	Verhalten von Adsorptionsfiltern und -medien für die Raumluftechnik gegenüber innenraumrelevanten Schadstoffen während der Betriebsdauer	NPPT UDE, IUTA	01.02.2018	31.12.2020
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-Tool 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	30.06.2021
20198 N	Organisation und Steuerung von Baustellenprozessen in der modularen Gebäudenachverdichtung zur Optimierung von Kosten, Zeit sowie Ressourceneffizienz	BWL TU München, IPH Hannover	01.11.2018	31.10.2020
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	31.07.2021
20254 N	Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten von Elektrofiltern in der Raumluftechnik unter besonderer Berücksichtigung der Energieeffizienz	NPPT UDE, IUTA	01.11.2018	30.06.2021
20305 N	Mehrphasenströmungssimulation zur verfahrenstechnischen Optimierung der Herstellung prozessierbarer Dispersionen aus hochspezifischen gasgetragenen Nanopartikeln mittels direkter Überführung in Trägerflüssigkeiten (ODIN)	IUTA	01.03.2019	31.08.2021
20388 BG	Absorptions- und Reemissionsvorgänge von Quecksilber in Wäschern zur Entschwefelung von Verbrennungsabgasen	IUTA, EVT TUD	01.01.2019	30.06.2021

AiF-Vorh.-Nr.	Titel/Thema	Forschungsstellen	Laufzeit	
			Anfang	Ende
20392 N	Der Einfluss der Staubbelastung 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-)Wasser-aufbereitung mittels Ozon (Nitr-O-zon)	IUTA, IDT H-BRS	01.02.2019	30.04.2021
20664 BG	Entwicklung einer stufenorientierten IoT-Strategie für KMU der Spritzgussindustrie zum Aufbau interoperabler Plattformökosysteme	IPRI, WI Uni P	01.02.2020	31.01.2022
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	31.10.2021
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	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	30.06.2021
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	31.10.2021
20939 BG	H2BS – Neuartige Barrierschichten für kostengünstige sowie hochfeste Stähle für die Wasserstofftechnologie	INP Greifswald, HZG, MPI EF	01.01.2020	31.12.2021
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 <sub>2</sub> S-Kompositmaterialien zur Steigerung der Hochstromfähigkeit und Lebensdauer von Lithium-Schwefel-Batterien (LISKO)	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	31.03.2022
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

AiF-Vorh.-Nr.	Titel/Thema	Forschungsstellen	Laufzeit	
			Anfang	Ende
21283 N	Praxisnahe Labortests mobiler Entstaubungssysteme mit abreinigbaren Filtern	IVG UDE, IUTA	01.11.2020	31.10.2022
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
21423 N	Entwicklung eines Anreicherungsverfahrens 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
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

### Forschungsprojekte anderer Forschungsvereinigungen mit Beteiligung des IUTA im Jahr 2020

AiF-Vorh.-Nr.	Titel/Thema	Forschungsstellen	Laufzeit	
			Anfang	Ende
19678 N	Adsorption von Perfluorierten Tensiden (PFT) an textilen Filtermedien	DTNW, IUTA	01.09.2017	31.12.2020
21330 N	Einfluss der lokalen Außenluftqualität und der empfohlenen RLT-Feinstaubfilter auf die Zuluftqualität während des Realbetriebs	IVG UDE, IUTA	01.10.2020	30.09.2022

<b>Institutskürzel</b>	<b>Name der Forschungsstelle</b>
AMO	Gesellschaft für Angewandte Mikro- und Optoelektronik mbH, Aachen
AOC Uni Köln	Universität Köln, Institut für Anorganische Chemie, Lehrstuhl für Anorganische und Materialchemie
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
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 Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik UMSICHT, Oberhausen
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 für Material- und Küstenforschung GmbH, Geesthacht
IDT H-BRS	Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg, Institut für Detektionstechnologien
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
KLU	Kühne Logistics University, Hamburg
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, Physikalische Chemie
NEXT ENERGY	DLR-Institut für vernetzte Energiesysteme e.V., Oldenburg
NPPT UDE	Universität Duisburg-Essen, Nanopartikel-Prozesstechnik
PTB HHU	Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Institut für Pharmazeutische Technologie und Biopharmazie
PTS-IZP	Papiertechnische Stiftung Papiertechnisches Institut PTS-IZP, Heidenau
TAC Leipzig	Universität Leipzig, Institut für Technische Chemie
TCHEM UDE	Universität Duisburg-Essen, Lehrstuhl für Technische Chemie I (Prof. Barcikowski)
TCHEM II UDE	Universität Duisburg-Essen, Lehrstuhl für Technische Chemie II (Prof. Ulbricht)
TFT KIT Karlsruhe	Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Thermische Verfahrenstechnik, Professur Thin Film Technology
UP Transfer	UP Transfer GmbH an der Universität Potsdam
WEI WHS	Westfälische Hochschule Gelsenkirchen, Westfälisches Energieinstitut, AG Wasserstoffenergiesysteme
wfk	wfk – Cleaning Technology Institute e.V., Krefeld
WI Uni P	Universität Potsdam, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Electronic Government
ZBT	Zentrum für BrennstoffzellenTechnik gGmbH, Duisburg

## 4.7 Veranstaltungen

### Fortbildung: „Sicherer Umgang mit Zytostatika“

04. + 05.09.2020 in München und  
10. + 11.11.2020 als Online-Seminar

Die Fortbildung „Sicherer Umgang mit Zytostatika“ wird seit über 20 Jahren regelmäßig vom IUTA durchgeführt. Bedingt durch die Corona-Pandemie mussten 2020 neue Wege beschritten werden. Nach Absage der Ende März geplanten Veranstaltung konnte diese Anfang September mit einem neuen Hygienekonzept mit 24 Teilnehmer/-innen in München durchgeführt werden. Durch die halbierte Teilnehmeranzahl und die Vergrößerung der Raumgrößen durch das Hotel konnten Abstände von mehr als zwei Meter gewährleistet werden, sodass am Platz keine Masken getragen werden mussten. Alle Teilnehmer/-innen hatten fest zugeordnete Sitzplätze und maximal vier Kontakte in den Workshops, wobei das Tragen eines Mund-Nasen-Schutzes ebenso verpflichtend war wie innerhalb des Gebäudes. Die Effektivität der Lüftungsmaßnahmen konnten aufgrund der kontinuierlich erfassten CO<sub>2</sub>-Konzentration bestätigt werden. Alle Teilnehmer/-innen haben die Präsenzveranstaltung sehr positiv bewertet und konnten durch die kleinen Gruppengrößen in den Workshops viele Tipps für die Praxis mitnehmen. Das entwickelte Hygienekonzept wurde mit kleineren Anpassungen (u. a. wurde hier ein Mindestabstand von 1,5 m festgelegt) an die Räumlichkeiten der LEAC in Hamburg auch bei dem am 18./19.09.2020 durchgeführten Praxisseminar Zytostatika angewandt.

Aufgrund des erneuten Anstiegs der COVID-19 Inzidenzzahlen wurde die Fortbildung am 10./11.11.2020 erstmals als rein virtuelle Veranstaltung durchgeführt. Durch ein neu entwickeltes „Workshop-at-Home-Konzept“ konnte der hohe Praxisanteil erhalten bleiben. Zukünftig soll die Fortbildungsveranstaltung auch als Hybridveranstaltung angeboten werden. Hierzu werden im Rahmen der Infrastrukturmaßnahme FutureLab.NRW auch neue Schulungsmöglichkeiten am IUTA geschaffen.



Abb. 4-1: Online Praxis-Workshop:  
Spill-Kit-Training @ home

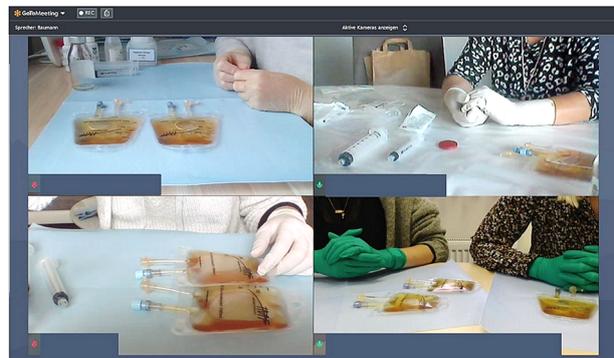


Abb. 4-2: Online Praxis-Workshop:  
Mikrobiologische Validierung @ home

**IUTA-Veranstaltungskalender 2020**

22. Januar	Industrieausschuss IGF-Projekt 19681 N: „Entwicklung eines hochselektiven und ultrasensitiven Verfahrens zur quantitativen Bestimmung ausgewählter Hormone in Wasser auf Basis der Fluoreszenzdetektion“	Düsseldorf
23. Januar	Fortschrittswerkstatt Wasser	Essen
13. Februar	Industrieausschuss IGF-Cornet-Projekt 202 EN: „Assessment of advanced photo-catalytic oxidation process for micropollutant elimination in municipal and industrial waste water treatment plants (AOPTi)“	Herve, Belgien
18. Februar	Sitzung des Forschungsbeirates	online
19. Februar	3. ZIM-Netzwerktreffen Phase I „LocaSenZ – Sensorik und Messtechnik für die schnelle qualitative und quantitative Vor-Ort-Analytik“	Obernburg
19. Februar	3. Projektmeeting zum BMBF-Vorhaben „Erforschung und Erschließung des Bioraffinerie-Nutzungspotenzials phosphorhaltiger Biomoleküle für nachhaltige Anwendungen im Sinne einer effizient-ökonomischen Rohstoff-Veredelung“ NPBioPhos	Duisburg
19. Februar	Projekttreffen „Funktionale ultradünne Werkstoffe durch Atomlagenabscheidung für die nächste Generation der Nanosystemtechnik – FunALD“ Leitmarkt NRW, Abschlussveranstaltung“	Düsseldorf
27. Februar	Industrieausschuss IGF-FV Nr. 20666 N: „Entwicklung eines portablen Messgerätes zur Vor-Ort-Prozesskontrolle und Erfassung von Schadstoffen in Wasser auf Basis der Nano-Flüssigkeitschromatografie und Ionenmobilitätsspektrometrie (MiniLAB)“	Hannover
27. Februar	Industrieausschuss IGF-FV Nr. 20478 N: „Entwicklung von Verfahren zur Bestimmung und Elimination von Nitrosaminen bei der (Ab-)Wasseraufbereitung mittels Ozon (Nitr-O-zon)“	Hannover
2.-4. März	CENIDE Conference (Mitorganisation)	Bergisch Gladbach
4. März	6. Sitzung der DWA-Arbeitsgruppe GB-5.1 „Spurenstoffmonitoring von Eintragspfaden und Fließgewässern“	Essen / online (Hybrid)
10. März	Industrieausschuss IGF-FV Nr. 20781: „Verfahrensentwicklung zur Bestimmung der Proteinkonformation auf Basis der oberflächenverstärkten Ramanspektroskopie am Beispiel monoklonaler Antikörper (SERS-PC)“	Duisburg
11. März	Projekttreffen BMBF Projekt InnoMat.Life – Innovative Materialien und neue Produktionsverfahren: Sicherheit im Lebenszyklus und der industriellen Wertschöpfung	BAuA, Berlin
13. März	Projektmeeting, LeitmarktAgentur NRW NW-2-2-012 „Entwicklung von textilen Adsorbentien zur Adsorption von Spurenstoffen aus kommunalen Abwässern nach biologischer Aufbereitung (texSorb)“	Duisburg
24. März	Industrieausschuss IGF-Projekt 19742 N: „Ermittlung der technischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen für den Betrieb von chemischen Speichertechnologien in einem Unternehmensverbund“	online
5. Mai	Industrieausschuss IGF-Vorhaben Nr. 19976 N: „Entwicklung katalytisch aktiver Materialien auf Ceroxid- und Zirkoniumoxid-Basis für die Anwendung in Festoxid-Brennstoffzellen“ (Katalytisches Ceroxid)	online
6. Mai	14. ZIM-Netzwerktreffen „SmartLAB – Intelligentes Labor der Zukunft“	online
7. Mai	Projektmeeting „Hybrider plasmonisch verstärkter Photokatalysator zur Erzeugung solarer Brennstoffe (HyperSol)“, Leitmarkt Agentur NRW NW-2-2-022	online
8. Mai	Projekttreffen zum r+Impuls-Verbundvorhaben: Kompass – „Kontinuierliche Öl und Metallrückgewinnungs-Prozessanlage für Schlämme und Späne“	RHM-Gruppe, Herne
20. Mai	15. ZIM-Netzwerktreffen „SmartLAB – Intelligentes Labor der Zukunft“	online
25. Mai	6. Projektmeeting zum BMBF-Projekt „Tracking von (Sub)Mikroplastik unterschiedlicher Identität – Innovative Analysetools für die toxikologische und prozesstechnische Bewertung (SubµTrack)“	online

28. Mai	Industrieausschuss IGF-Projekts 19624 N: „Energieeffiziente Luftentfeuchtung auf Basis lichtsensitiver Hydrogele“	online
4. Juni	Mitgliederversammlung IUTA und Verwaltungsratssitzung	online
16. Juni	39. Sitzung DIN-Arbeitskreis NA 119-01-03-02-16 „LC-MS/MS Verfahren“	online
17. Juni	Industrieausschuss IGF-Vorhaben 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
23. Juni	Industrieausschuss IGF-Projekt 20305 N: „Mehrphasenströmungssimulation zur verfahrenstechnischen Optimierung der Herstellung prozessierbarer Dispersionen aus hochspezifischen gasgetragenen Nanopartikeln mittels direkter Überführung in Trägerflüssigkeiten (ODIN)“	online
26. Juni	Projekttreffen „Entwicklung eines neuartigen Katalysators mittels Laserablation zur Generierung von Iridium-Nanopartikeln auf oberflächenmodifizierten Keramikträgern für den effizienten Einsatz in PEM-Elektrolysezellen – LIKELY“ Leitmarkt-NRW	Duisburg, Universität Duisburg-Essen
26. August	Industrieausschuss IGF-Projekt 20254 N: „Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten von Elektrofiltern in der Raumlufttechnik unter besonderer Berücksichtigung der Energieeffizienz“	online
27. August	Industrieausschuss IGF-FV 19678 „Adsorption von Perfluorierten Tensiden (PFT) an textilen Filtermedien“	online
31. August - 4. September	European Aerosol Conference	online
4./5. September	Fortbildung „Sicheren Umgang mit Zytostatika“	München
7. September	CEN – Workshop: Sampling and counting rules for the characterization of airborne NOAA in the workplace by scanning and transmission electron microscopy.	online
8. September	CEN – Workshop: Application of Direct-Reading Low-Cost Sensors for Measuring NOAA in the Workplace	online
14. September	7. Sitzung der DWA-Arbeitsgruppe GB-5.1 „Spurenstoffmonitoring von Eintragspfaden und Fließgewässern“	online
15. September	Sitzung des Forschungsbeirates	online
24. September	1. ZIM-Netzwerktreffen Phase II „LocaSenZ – Sensorik und Messtechnik für die schnelle qualitative und quantitative Vor-Ort-Analytik“	online
24. September	4. Projektmeeting zum BMBF-Vorhaben „Erforschung und Erschließung des Bioraffinerie-Nutzungspotenzials phosphorhaltiger Biomoleküle für nachhaltige Anwendungen im Sinne einer effizient-ökonomischen Rohstoff-Veredelung“ NPBioPhos	online
27. Oktober	ISO-TC118-SC4-WG1 N382	online
28. September	40. Sitzung DIN-Arbeitskreis NA 119-01-03-02-16 „LC-MS/MS Verfahren“	online
19. Oktober	Fortbildung „Einführung in die LC-MS“	online
19.-21. Oktober	BIORIMA (BIOMaterial Risk MAnagement) Annual Meeting	online
29. Oktober	Industrieausschuss IGF-Vorhaben Nr. 19817 N: „Entwicklung von kostengünstigen und nachhaltigen Elektrodensystemen auf Basis von optimierten Iridium/Titanoxid-Schichten für den Einsatz in der PEM-Wasserelektrolyse“ (IT-PEM)	online
9. November	Mitgliederversammlung IUTA und Verwaltungsratssitzung	online

10./11. November	Fortbildung „Sicherer Umgang mit Zytostatika“	online
11. November	Sitzung des Wissenschaftlichen Kuratoriums	online
16. November	Industrieausschuss IGF-Projekt 21330 N: „Einfluss der lokalen Außenluftqualität und der empfohlenen RLT-Feinstaubfilter auf die Zuluftqualität während des Realbetriebs“	online
17. November	Industrieausschuss IGF-FV Nr. 21423 N: „Entwicklung eines Anreicherungsverfahrens zur sensitiven Detektion von organischen Metallverbindungen aus Gewässern (MeXory)“	online
25. November	Industrieausschuss IGF-FV Nr. 19407 N: „Entwicklung von nachweisstarken Verfahren zur Bestimmung von Asbest in flächigen Baustoffen“	online
26. November	Industrieausschuss IGF-FV Nr. 20478 N: „Entwicklung von Verfahren zur Bestimmung und Elimination von Nitrosaminen bei der (Ab-)Wasseraufbereitung mittels Ozon (Nitr-O-zon)“	online
26. November	Industrieausschuss IGF-FV Nr. 20666 N: „Entwicklung eines portablen Messgerätes zur Vor-Ort-Prozesskontrolle und Erfassung von Schadstoffen in Wasser auf Basis der Nano-Flüssigkeitschromatografie und Ionenmobilitätsspektrometrie (MiniLAB)“	online
26. November	Industrieausschuss IGF-Projekts 20388 BG „Absorptions- und Reemissionsvorgänge von Quecksilber in Wäschern zur Entschwefelung von Verbrennungsabgasen“	online
26. November	NanoCare4.0-Clustertreffen (Projekt InnoMat.Life)	online
30. November	7. Projektmeeting zum BMBF-Projekt „Tracking von (Sub)Mikroplastik unterschiedlicher Identität – Innovative Analysetools für die toxikologische und prozesstechnische Bewertung (SubµTrack)“	online
3. Dezember	Industrieausschuss IGF-Projekt 20392 N: „Der Einfluss der Staubbelastung auf die chemische Alterung abreinigbarer Filtermedien – Laborversuche vs. Alterung im realen Einsatz industrieller Anlagen“	online
08. Dezember	Industrieausschuss IGF-Projekt 19977 N: „Verhalten von Adsorptionsfiltern und -medien für die Raumluftechnik gegenüber innenraumrelevanten Schadstoffen während der Betriebsdauer“	online
9. Dezember	Workshop „Herstellerunabhängige Auswertung massenspektrometrischer Daten“	online
9. Dezember	Industrieausschuss IGF-FV Nr. 21309 „Entwicklung eines umfassenden Non-Target-Screening Verfahrens durch Kopplung von Flüssigkeits- und Gaschromatografie zur Aufklärung unbekannter chemischer Verbindungen“	online
10. Dezember	Industrieausschuss IGF-FV Nr. 20781 „Verfahrensentwicklung zur Bestimmung der Proteinkonformation auf Basis der oberflächenverstärkten Ramanspektroskopie am Beispiel monoklonaler Antikörper (SERS-PC)“	online
14. Dezember	5. Projektmeeting zum BMBF-Vorhaben „Erforschung und Erschließung des Bioraffinerie-Nutzungspotenzials phosphorhaltiger Biomoleküle für nachhaltige Anwendungen im Sinne einer effizient-ökonomischen Rohstoff-Veredelung“ NPBioPhos	online
15. Dezember	16. ZIM-Netzwerktreffen „SmartLAB – Intelligentes Labor der Zukunft“	online
16. Dezember	Industrieausschuss IGF-FV 19678 „Adsorption von Perfluorierten Tensiden (PFT) an textilen Filtermedien“	online
17. Dezember	Industrieausschuss IGF-Projekt 19918 N: „Verbesserung der Drainageeigenschaften von Koaleszenzfiltermedien durch gemusterte Funktionalisierung“	online

## 4.8 Mitarbeit in Ausschüssen und Arbeitskreisen

**Dipl.-Ing. J. Schiemann**

### **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 e.V.  
 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

Berufenes Mitglied im Richtlinienausschuss VDI 2343 „Recycling elektrischer und elektronischer Geräte“

Berufenes Mitglied im Normenausschuss VDI 2292 „Emissionsminderung bei Kühlgerätereyclinganlagen – 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

### **Dr.-Ing. C. Asbach**

Präsident und Vorstandsmitglied der Gesellschaft für Aerosolforschung  
 Berufenes Mitglied im ProcessNet-Fachausschuss „Partikelmesstechnik“  
 Chairman der EU-US Community of Research „Exposure“  
 Chairman der Working Group Aerosol Measurement Techniques der European Aerosol Assembly  
 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“  
 Mitglied des lokalen Organisationskomitees der European Aerosol Conference 2020 in Aachen (online)  
 Berufenes Mitglied der VDI-DIN-Arbeitsgruppe „Messen von Partikeln in der Außenluft – Bestimmung der Partikelanzahl“ in der KdRL  
 Mitglied des CEN/TC137/WG3: Assessment of Workplace Exposure – Particulate Matter, sowie des DIN-Spiegelgremiums NA 095-03-01-01 AK „Staub“  
 Mitglied des CEN TC264-WG32 „Ambient Air – Particle Number Concentration“  
 Gutachter für die Max-Buchner-Forschungsförderung 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

#### **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. Gehrman**

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“

#### **Dr. rer. nat. F. Itzel**

Berufenes Mitglied im DIN-Arbeitskreis NA 057-04-01-05 AK – E-Zigarette und Liquids für E-Zigaretten

#### **Dr. rer. nat. S. Peil**

Mitglied im ProcessNet-Arbeitsausschuss Thermische Energiespeicherung

#### **Dr. rer. nat. S. Schumacher**

Nationaler WG17 Experte und Vorsitzender der Unterarbeitsgruppe 1 im Normenausschuss IEC TC 59 WG 17 „Household and similar air treatment electrical appliances“  
 Mitglied im Normungsgremium DKE/UK 513.10 Kleingeräte  
 Mitglied im Normungsgremium DKE/AK 513.2.5 Dunstabzughauben

Mitglied im DIN-Spiegelausschuss NA 060-09-21 AA zu CEN/TC 195 und ISO/TC 142 im Fachbereich Allgemeine Lufttechnik  
 Mitglied im VDI/VDE-6MA FA 262 Multigas-sensorik  
 Gasteditor der Fachzeitschrift Atmosphäre

#### **Dr. rer. nat. J. Türk**

Dr. rer. nat. J. Türk  
 DIN-Arbeitskreis NA 119-01-03-02-16 „LC-MS/MS 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)  
 VDI-Fachausschuss „Nachhaltigkeit im Bau und Betrieb von Krankenhäusern (VDI 5800)“

#### **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 Ausbruchmanagement 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*

MR a. D. Holger Ellerbrock,  
Duisburg

Prof. Dr.-Ing. Bernd Neukirchen,  
München

##### *Berufene Mitglieder*

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

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

Niederrheinische Industrie- und Handelskam-  
mer Duisburg-Wesel-Kleve, Duisburg

Stadt Duisburg

Universität Duisburg-Essen

##### *Gewählte Mitglieder*

Dr. Birgit Beisheim,  
Duisburg

Dr. Frieder Dreisbach,  
Waters GmbH – UB TA Instruments, Bochum

Dr. rer. nat. Günther Holtmeyer,  
Oberhausen

Dipl.-Ing. Leander Mölter,  
Wörth am Rhein

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, Bensheim	Idealfilter GmbH, Wuppertal
Axel Semrau GmbH & Co. KG, Sprockhövel	IPH – Institut für integrierte Produktion Hannover gGmbH, Hannover
Befesa Zinc Duisburg GmbH, Duisburg	K + K Wissen GmbH & Co. KG, Köln
Berner International GmbH, Elmshorn	Mann+Hummel GmbH, Ludwigsburg
Blücher GmbH, Erkrath	more-Cat GbR, Kamp-Lintfort
Boll & Kirch Filterbau GmbH, Kerpen	National-Bank AG, Duisburg
Carbon Service & Consulting GmbH & Co. KG, Vettweiß	New Environmental Technology GmbH, Mannheim
DELBAG GmbH, Herne	Palas® GmbH, Partikel- und Lasermesstechnik, Karlsruhe
Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V., Quakenbrück	PAN Applied Chemistry GmbH, Kerpen
Deutsches Reinraum-Institut e.V., Berlin	Parker Hannifin Manufacturing Germany GmbH & Co. KG, Kaarst
Donaldson Filtration Deutschland GmbH, Haan	QVKE e.V., Grevenbroich
EGK Entsorgungsgesellschaft Krefeld GmbH & Co. KG	Stadt Duisburg
Ehrler Prüftechnik Engineering GmbH, Niederstetten	Stadtwerke Duisburg AG, Duisburg
EMW Filtertechnik GmbH, Dietz	Topas GmbH, Dresden
ete.a – Ingenieurgesellschaft für Energie- und Umweltengineering & Beratung mbH, Lich	TSI GmbH, Essen
Evonik Operations GmbH, Hanau	Trox GmbH, Neukirchen-Vluyn
FST GmbH, Essen	TWE GmbH & Co. KG, Emsdetten
Gebrüder Lödige Maschinenbau GmbH, Paderborn	Universität Duisburg-Essen
Green Chiller Verband für Sorptionskälte e.V., Berlin	Vaillant GmbH, Remscheid
Hauser Umweltservice GmbH, Krefeld	Verein zur Förderung des ZBT, Duisburg
Hengst SE, Münster	VSS Umwelttechnik GmbH, Troisdorf
Hochschule Niederrhein, Krefeld	Waters GmbH – UB TA Instruments, Bochum
Hollingsworth & Vose GmbH, Hatzfeld/Eder	Zentrum für BrennstoffzellenTechnik ZBT GmbH, Duisburg
	sowie 23 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 Paderborn, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

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 Forschungsbeirates des IUTA e.V.**

##### *Vorsitzender*

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

##### *Stellvertreter*

Prof. Dr.-Ing. Klaus Gerhard Schmidt, Klein-  
machnow

##### *Mitglieder – Industrie*

24 Mitglieder

##### *Mitglieder – Forschungseinrichtungen*

4 Mitglieder

##### *Mitglieder – Universitäten*

9 Mitglieder

##### *Mitglieder (Persönliche Mitglieder / ohne Zuordnung)*

13 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. Welpé,  
Technische Universität München

## 4.13 Kompetenzen der Bereiche – expertise of departments

<p><b>Bereich:</b></p> <p><b>Department:</b></p> <p>Bereichsleitung/head of unit:</p>	<p><b>Luftreinhaltung &amp; Aerosole</b></p> <p><b>Air Quality &amp; Aerosols</b></p> <p>Dr.-Ing. Stefan Haep (-204), haep@iuta.de</p>	
<p><b>Gasreinigung hinter verfahrenstechnischen Prozessen</b></p> <p>Aerosolbildung und Abscheidung in der Abgasreinigung, Quecksilberabscheidung aus Abgasen, Vermessung von Wäschereinbauten im Technikumsmaßstab (z. B. Tropfenabscheider), Komponenteoptimierung (z. B. Nass-elektrofilter), Konzeptanalysen und Gutachtenerstellung</p>	<p><b>Flue gas cleaning technologies</b></p> <p>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</p>	<p><b>Ansprechpartner/Contact person:</b></p> <p>Dr.-Ing. Margot Bittig (-300) bittig@iuta.de</p> <p>M. Sc. Isabelle Klöfer (-223) kloefer@iuta.de</p> <p>Dipl.-Ing. Achim Hugo (-257) hugo@iuta.de</p> <p>M. Sc. Katharina Todt (-223) todt@iuta.de</p>
<p><b>Stoffstromaufbereitung durch Adsorptionsprozesse</b></p> <p>Adsorptive Aufbereitung flüssiger und gasförmiger Prozessmedien, Abreinigung toxischer Stoffe (z. B. Quecksilber, NO<sub>x</sub>) und produktschädigender Verunreinigungen (z. B. organische Komponenten) Anwendungsspezifische Ermittlung und Charakterisierung von Adsorbentien</p>	<p><b>Mass flow treatment by adsorption</b></p> <p>Separation processes for solutions from liquid and gaseous process streams by adsorption, removal of toxic substances (e. g. mercury, NO<sub>x</sub>) and product interfering impurities (e. g. organic substances), determination and characterization of custom-designed adsorbent materials</p>	<p><b>Ansprechpartner/Contact person:</b></p> <p>Dr.-Ing. Margot Bittig (-300) bittig@iuta.de</p> <p>Dipl.-Ing. Achim Hugo (-257) hugo@iuta.de</p> <p>M. Sc. Isabelle Klöfer (-223) kloefer@iuta.de</p>
<p><b>Sonderentwicklungen zur Luftreinhaltung</b></p> <p>Einsatz modifizierter Lichtwellenleiter zur oberflächennahen Beleuchtung TiO<sub>2</sub>-beschichteter Strukturen für die Entwicklung photokatalytisch aktiver Filter, Anwendung von Ionisatoren zur bedarfsabhängigen Optimierung der Filtrationsleistung von Elektretfiltern</p>	<p><b>Special applications for air purification</b></p> <p>Application of light distributing textile structures with TiO<sub>2</sub>-coating for the development of photocatalytically active filters. Application of ionizers to increase filtration performance of electret filters.</p>	<p><b>Ansprechpartner/Contact person:</b></p> <p>Dr.-Ing. Siegfried Opiolka (-255) opiolka@iuta.de</p> <p>Dipl.-Ing. Ahmed Bankodad (-255) bankodad@iuta.de</p>
<p><b>Numerische Mehrphasen-Strömungssimulation</b></p> <p>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</p>	<p><b>Computational fluid dynamics (CFD)</b></p> <p>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</p>	<p><b>Ansprechpartner/Contact person:</b></p> <p>Dipl.-Ing. Till van der Zwaag (-131) vanderzwaag@iuta.de</p> <p>Dipl.-Ing. Thomas Engelke (-131) engelke@iuta.de</p> <p>Dipl.-Ing. Thomas Zeiner (-219) zeiner@iuta.de</p>
<p><b>Modellbildung verfahrenstechnischer Prozesse</b></p> <p>Abbildung verfahrenstechnischer Prozesse durch Simulationssoftware (Aspen Plus), Verfahrens-Optimierung (auch in Zusammenarbeit mit anderen Fachabteilungen des IUTA)</p>	<p><b>Chemical process modeling</b></p> <p>Chemical process modeling by software-tools (Aspen Plus), Process design and optimization of unit operations and process plants (in cooperation with other IUTA departments)</p>	<p><b>Ansprechpartner/Contact person:</b></p> <p>Dipl.-Ing. Achim Hugo (-257) hugo@iuta.de</p> <p>M. Sc. Sven Meschede (-155) meschede@iuta.de</p>

**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

**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, Gutachterstellung

**Rationelle Energienutzung**

Energiekonzepte und Betriebsuntersuchungen, Energiewirtschaftliche Bewertung von Optimierungsmaßnahmen, Beurteilung der Energie- und CO<sub>2</sub>-Effizienz von Anlagen, Entwicklung von Benchmarkinginstrumenten zur Beurteilung der Energie- und Emissionseffizienz von energieintensiven Produktionsprozessen

**Optimierung von CCS**

Optimierung der Effizienz und Effektivität der CO<sub>2</sub>-Gaswäsche durch alternative Kolonneneinbauten, Optimierung der Waschmittelaufbereitung, innovative Konzepte zur CO<sub>2</sub>-Abtrennung im Kraftwerksprozess, Rauchgaskonditionierung, Prozesskontrolle und -analytik

**Luftqualität Emissionen und Immissionen**

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

**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

**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

**Energy efficiency**

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

**Optimization of CCS**

Optimization of efficiency and effectiveness of CO<sub>2</sub> gas scrubbing by alternative packings, optimization of bleed stream recycling, innovative concepts of CO<sub>2</sub> capture in power plants, flue gas conditioning, process control and analysis

**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:**

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

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

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

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

**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

**Bereich:** Luftreinhaltung & Filtration  
**Department:** Air Quality & Filtration  
 Bereichsleitung/head of unit: Dr.-Ing. Christof Asbach (-409), asbach@iuta.de

**Kfz-Innenraum Filterprüfung**

DIN 71460, Teil 1: Partikelfiltration, Bestimmung von Fraktionsabscheidegraden und Differenzdruck, Standzeitprüfung, Pollenabscheidung, z. B. für Kfz-Innenraumfilter,  
 DIN 71460, Teil 2: Gasfiltration, Prüfung von adsorptiven Filtermedien, z. B. für Kfz-Innenraumfilter,  
 Prüfung von unkonfektionierten Filtermedien, konfektionierten Filtern, Schüttungen, Prüfung bei Temperaturen bis 100 °C oder relativen Luftfeuchten bis ca. 100 %

**Filtertests für die Druckluftreinigung**

A) Messung nach ISO 12500 zur Bestimmung der Ölaerosolgehalte, Partikelgehalte, Öldampfgehalte und organischen und anorganischen Gase,  
 B) Messung in Anlehnung an ISO 12500 zur Bestimmung der Ölaerosolgehalte und Partikelgehalte für Volumenströme bis 3000 m<sup>3</sup>/h,  
 C) Bewertung von Koaleszenzfiltern

**Filtertests für die allgemeine Raumlufttechnik**

ISO 16890 (DIN EN 779): Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik (Bestimmung der Filtrationseigenschaften), Bestimmung des Abscheidegrades bei hohen Feuchten, Messung der Partikelabscheidung aus Dieselabgas-aerosolen

**Test von Geruchsfiltern (Olfaktometrie)**

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

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

**Maßgeschneiderte Filterprüfung**

Tests neuartiger Filter bzw. bestehender Filter unter Bedingungen, die über die o. g. Normen hinausgehen

**Filter testing**

DIN 71460, part 1: Particle filtration, determination of fractional collection efficiency, measurement of pressure difference, service life testing, e. g. cabin air filters, DIN 71460, part 2: gas filtration, e. g. cabin air filters,  
 testing of filters, packed beds, flat sheets, testing at temperatures up to 100 °C or relative humidities up to 100 %

**Filter tests for compressed air cleaning**

A) Measurements according to ISO 12500 for determination of oil aerosol content, solid particle content, oil vapour content and organic and inorganic gaseous contents  
 B) Measurements in the style of ISO 12500 for determination of oil aerosol content and solid particle content for flow rates up to 3000 m<sup>3</sup>/h  
 C) Evaluation of coalescence filters

**Testing of air filters for general ventilation**

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

**Test of odour-filters (Olfactometry)**

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

Olfactometric measurement (VDA 270 and 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 modeling for odour with AUSTAL2000G, applied research and expertises

**Tailored Filter Tests**

Tests of novel or existing filters under conditions beyond those defined in the aforementioned standards

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

David Habryka (-408)  
 habryka@iuta.de

**Ansprechpartner/Contact person:**

Dr. rer. nat. Matthias Wittmar (-424), wittmar@iuta.de

Anna Caspari (-401)  
 Caspari@iuta.de

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

Dr. rer. nat. Stefan Schumacher (-407)  
 schumacher@iuta.de

Dr. rer. nat. Stefan Schumacher (-407)  
 schumacher@iuta.de

**Ansprechpartner/Contact person:**

Dr.-Ing. Christof Asbach (-409)  
 asbach@iuta.de

Dr. rer. nat. Ana Maria Todea (-209)  
 todea@iuta.de

**Prüfung von Anlagen zur Luftreinigung und Filtration**

Untersuchung der Partikelabscheidung, z. B. durch Zyklone, Koaleszer, Staubsauger; Dieselruß-Abscheidung; Entwicklung von Prüfmethode zur Beurteilung von technischen Systemen/Anlagen

**Adsorptive Gasreinigung**

Untersuchungen zum Adsorptionsgleichgewicht und zur Adsorptionskinetik mit der Strömungsmethode, Aufnahme von Durchbruchskurven, zyklische Ad- und Desorptionsprozesse, Mehrkomponenten-adsorption

Entfernung von hochtoxischen Komponenten aus Gasen

**Bewertung von Raumluftreinigern**

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  $\leq 20$  nm, Definierte Alterung von Raumluftreinigerfiltern mit Zigarettenrauch

**Aerosolerzeugung und Aerosolmesstechnik**

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

**Modellierung**

Partikeldynamik und -deposition in Koaleszenzfiltern, dynamische Adsorptionsprozesse in Festbetten

**Gasanalytik**

Bestimmung gasförmiger Substanzen im unteren ppb-Bereich mittels Online-Massenspektrometer PTR-MS

**Nanofiltration**

Untersuchung der Abscheidung nanoskaliger Partikel ( $> 3$  nm) an verschiedensten Filtern

**Testing of air conditioning/ filtration facilities**

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

**Adsorptive gas separation**

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

Removal of toxic components from gas flows

**Evaluation of Indoor Air Purifiers**

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  $\leq 20$  nm, Well defined ageing of filters for indoor air purifiers with cigarette smoke

**Aerosols**

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

Measurement of particle number size distributions from the lower nano- to the micrometer size range, Measurement of surface area and mass concentration

**Modeling**

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

**Analysis of gases**

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

**Nanofiltration**

Determination of the collection efficiency for nanoscale particles ( $> 3$  nm) for a large variety of filters

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

Dr.-Ing. Uta Sager (-402)  
sager@iuta.de

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

Dr. rer. nat. Stefan Schumacher (-407)  
schumacher@iuta.de

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

Dr.-Ing. Christof Asbach (-409)  
asbach@iuta.de

Dr. rer. nat. Ana Maria Todea (-209)  
todea@iuta.de

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

Dr. rer. nat. Stefan Schumacher (-407),  
schumacher@iuta.de

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

Dr. rer. nat. Ana Maria Todea (-209)  
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

**Arbeitsplatzexposition und -sicherheit: Fokus (Nano-) Partikel**

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

**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

**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

**Immissionsmessungen**

Messungen von Immissionsbelastungen in der Außenluft, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub>, UFP, organische und anorganische Gase (BTXE, NO<sub>x</sub>, CO, Ozon), Analytik für spezielle relevante Tracer, z. B. Schwermetalle, Silizium, EC/OC, NCBA

**Druckluftqualitätsmessungen**

Messungen nach ISO 8573, Bestimmung von Verunreinigungen in der Druckluft und der Reinheitsklassen

**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

**Workplace exposures and safety: focus on (nano-) particles**

Measurement of airborne Nanoparticle concentrations, personal measurement; particle surface area concentrations, exposure assessment, hygroscopicity study

**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

**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

**Measurement of airborne pollutants**

Measurements of outdoor pollutants, determination of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub>, UFP, organic and inorganic gases (BTXE, NO<sub>x</sub>, Ozon), analytic of special tracer e.g. heavy metal, soot, organic carbon, anions, cations, PAH, NCBA

**Compressed air quality measurements**

Measurements according to ISO 8573, determination of impurities in compressed air and purity classes

**Ansprechpartner/Contact person:**

Dr. rer. nat. Carmen Nickel (-209)  
nickel@iuta.de

Dr.-Ing. Christof Asbach (-409)  
asbach@iuta.de

**Ansprechpartner/Contact person:**

Dr.-Ing. Christof Asbach (-409)  
asbach@iuta.de

Dr. rer. nat. Ana Maria Todea (-209)  
todea@iuta.de

**Ansprechpartner/Contact person:**

Dr. rer. nat. Carmen Nickel (-209)  
nickel@iuta.de

**Ansprechpartner/Contact person:**

Oliver Hesse (-275)  
hesse@iuta.de

**Ansprechpartner/Contact person:**

Dr.-Ing. Christof Asbach (-409)  
asbach@iuta.de

**Ansprechpartner/Contact person:**

Oliver Hesse (-275)  
hesse@iuta.de

**Bereich:****Department:**

Bereichsleitung/head of unit:

**Umwelthygiene & Spurenstoffe****Environmental Hygiene & Micropollutants**

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 in der Umwelt (Luft, Boden, Gülle, Schlamm, Wasser etc.)

**Abwassertechnik**

Kommunale und industrielle Abwasserbehandlung mit Schwerpunkt Spurenstoffelimination mittels erweiterter Oxidationsverfahren (AOP): UV-Oxidation und Ozonung, adsorptiver Verfahren und Kombinationsverfahren.  
Bildung und Abbau von Transformationsprodukten, biologische Nachbehandlung oxidativer Verfahren (MBBR), Behandlung von Krankenhausabwasser

**Analyse von e-Liquids und Zigaretten**

Screeninguntersuchung von Flüssigkeiten für elektronische Zigaretten mittels GC-FID-MS, Nikotinbestimmung, Chargenhomogenität, Beprobung und Analyse des Dampfes (Emissionsmessungen), Bestimmung von VOCs, Aldehyden und nikotinspezifische Nitrosaminen in Dampf- und Flüssigphase

**FCKW Analytik**

Analyse FCKW-haltiger Schäume, Öle, Treibmittel aus der Kühlgeräteentsorgung nach DIN CLC/TS 50625-3-4:2017 mit GC-MS.

**Screening-Verfahren**

Target-, Suspect-Target und Non-Target-Screening (GC-MS; GC-MS/MS; GC-HRMS; LC-MS; LC-MS/MS, LC-HRMS) Mikroplastikanalytik mittels TED-GC-MS (Thermoextraktions-Desorptions-Gaschromatografie-Massenspektrometrie)

**Photokatalytische Verfahren**

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

**Pharmaceuticals and micropollutants in the environment**

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

**Waste water technologies**

Urban and industrial waste water treatment with a focus on micropollutant removal:  
Advanced oxidation processes (AOP): UV oxidation and ozone, adsorption processes and combination processes  
Formation and elimination of transformation products, biological post treatment of oxidative processes (MBBR)  
Treatment of hospital waste water

**Analysis of e-liquids and cigarettes**

Screening analysis of liquids for electronic cigarettes using GC-FID-MS, assessment of the concentration of nicotine, homogeneity of batches, analysis of vapour (emission measurements), assessment of the concentration of volatile organic compounds, aldehydes and nicotine-specific nitrosamines in vapour and in the liquid phase

**CFC analysis**

Analysis of CFC-containing foams, oils, blowing agents from refrigerator disposal according to DIN CLC/TS 50625-3-4:2017 with GC-MS.

**Screening analysis**

Target-, Suspect-Target and Non-Target-Screening (GC-MS; GC-MS/MS; GC-HRMS; LC-MS; LC-MS/MS, LC-HRMS) Analysis of microplastics using TED-GC-MS (Thermal extraction-desorption-gas chromatography-mass spectrometry)

**Photocatalytic decontamination**

Testing and optimising of catalytic and photocatalytic active coatings, development of catalytic active materials for decontamination of surfaces and air, development of standardized methods for control and optimising of the efficiency of photo-catalytic active materials, Investigation of the sustainability of photocatalytic active materials, chemical and microbial analysis of photocatalytic activity

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

Dr. rer. nat. Fabian Itzel (-194)  
itzel@iuta.de

**Ansprechpartner/Contact person:**

Dr. rer. nat. Fabian Itzel (-194)  
itzel@iuta.de

**Ansprechpartner/Contact person:**

Dr. rer. nat. Fabian Itzel (-194)  
itzel@iuta.de

Dr. Ricardo Cunha (-216)  
cunha@iuta.de

**Ansprechpartner/Contact person:**

M. Sc. Martin Klaffen (-268)  
klaffen@iuta.de

**PharmaMonitor**

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.

**Tagungen, Fortbildungen**

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

**Bereich:****Department:**

Bereichsleitung/unit head:

**Katalytische Gasaufbereitung**

Oxidative Gasaufbereitung, Hydrocrackkatalysatoren, Redox-Katalysesystem zur Oxidation- und Reduktion von Kohlenwasserstoffen und NO<sub>x</sub> aus Abluftströmen, Synthese von Methanol

**Absorptive Gasreinigung**

Druckgaswäsche zur Absorption saurer Gasbestandteile, Empirische Optimierung von Druckgaswäschen, Untersuchung zur Degradation von Aminen, Einsatz verschiedener Waschverfahren zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus Rauchgasen und Biogasen

**Adsorptive Gasreinigung**

Kombinierte Druck- und Temperaturwechseladsorber mit unterschiedlichen Adsorbentien zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus Ab- und Produktgasen

**Biomasse und energetische Verwertung**

Ofenkatalysator für Kleinfeuerungsanlagen, Biomassevergasung, Vergasertechnologie, Biogasaufbereitung

**Wasserstoffspeicher**

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

**PharmaMonitor**

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.

**Training and seminars**

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

**Gasprozesstechnik & Energiewandlung****Gas Process Technology & Energy Conversion**

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

**Catalytic gas treatment**

Oxidative gas treatment, catalysts for hydrocracking, redox catalysts for oxidation and reduction of hydrocarbons and NO<sub>x</sub> in exhaust gases, synthesis of methanol

**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<sub>2</sub>-separation from flue gases and biogas with several scrubbers

**Gas cleaning by adsorption**

Combined pressure and temperature swing adsorbers with different adsorbents for CO<sub>2</sub> separation from waste and product gases

**Biomass and energy recovery**

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

**Hydrogen storage**

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

Dr. rer. nat. Claudia vom Eyser (-190)  
vomEyser@iuta.de

Jacqueline Bruckmann (-190)  
analysis@pharma-monitor.de

**Ansprechpartner/Contact person:**

Heike Glaser (-414)  
training@pharma-monitor.de

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

**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

**Bereich:****Department:**

Bereichsleitung/head of unit:

**Partikelprozesstechnik & Charakterisierung****Particle Process Technology & Characterization**

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

**Partikelprozesstechnik**

*Hochspezifische Nanopartikel-Synthese*  
Betrieb und Optimierung von Reaktoren im Technikumsmaßstab für die Produktion von hochspezifischen Nanopartikeln für verschiedene Anwendungen, Partikelherstellung, Abscheidung aus der Gasphase, Probenahme, *Prozessierung*  
Funktionalisierung, (Re-)Dispergierung von hochspezifischen Nanopartikeln, Herstellung prozessierbarer Nanodispersionen durch direkte Überführung von Nanopartikeln aus der Gasphase in Trägerflüssigkeiten

**Particle Process Technology**

*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

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

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

**Charakterisierung**

*Prozessbegleitende Analyse-Methoden*  
In-situ-Laserdiagnostik im Bereich der Partikelerzeugung, Gasphasenanalyse (GC/MS, QMS)

**Characterization**

*In process analysis*  
In-situ laser diagnostics during production of particles, Gas-phase analysis (GC/MS, QMS)

**Ansprechpartner/Contact person:**

Dipl.-Ing. Mathias Spree (-106)  
spree@iuta.de

*Ex-situ Analyse*

Rasterelektronenmikroskopie (REM) und energiedispersive Röntgenanalyse (EDX)  
Probenvorbereitung mittels Cross Section Polisher, Aggregatgrößen-Bestimmung (DLS)  
Zetapotenzial, Oberflächenanalyse (BET), Infrarotspektroskopie (FTIR/ATR), Fluoreszenzspektroskopie, Oxidatives Potenzial/ROS Potenzial, spezifische Oberfläche, 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, Aggregate size measurement (DLS), Zetapotenzial, Surface analysis (BET), Infrared spectroscopy (FTIR/ATR), Fluorescence spectroscopy, Oxidative potential / ROS potential, Specific surface area, Hydrodynamic diameter, Inorganic content analysis, Lung deposit surface area concentration

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

MSc Martin Underberg (-180) underberg@iuta.de

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

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

**Nachhaltige Nanotechnologie**

*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  
*Freisetzung und Charakterisierung*  
 Lebenszyklus-Analyse von Nanomaterialien,  
 Bestimmung der Freisetzung von Nanomaterialien

**Sustainable nanotechnology**

*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  
*Release and Characterization*  
 Life cycle analysis of nanomaterials,  
 Determination of nanomaterial release

**Ansprechpartner/Contact person:**

Dr. rer. nat. Burkhard Stahlmecke (-180)  
[stahlmecke@iuta.de](mailto:stahlmecke@iuta.de)

Dipl.-Phys. Tim Hülser (-302)  
[huelser@iuta.de](mailto:huelser@iuta.de)

**Bereich:****Department:**

Bereichsleitung/unithead:

**Ressourcen & Recyclingtechnik****Resources & Recycling Technology**

Dipl.-Ing. Jochen Schiemann (-259), [j.schiemann@iuta.de](mailto:j.schiemann@iuta.de)

**Chemisch-physikalische Aufbereitungsverfahren für industrielle Abwässer**

Fällung und Flockung  
 Ionenaustauscher  
 Adsorption  
 Machbarkeitsstudien, Pilotierungen,  
 Beurteilung der Abtrennleistung

**Chemical-physical treatment processes for industrial wastewater**

Precipitation and flocculation  
 Ion exchanger  
 Adsorption  
 Feasibility studies, piloting,  
 assessment of separation performance

**Ansprechpartner/Contact person:**

Dipl.-Ing. Franziska Blauth (-217)  
[blauth@iuta.de](mailto:blauth@iuta.de)

Kevin Koenen, M. Sc. (-109)  
[Koenen@iuta.de](mailto:Koenen@iuta.de)

**Wasseraufbereitung und -entsalzung mittels Membrananlagen**

Pilotierung von Prozessen und Optimierung von Betriebseinstellungen für unterschiedliche Anwendungen,  
 Verträglichkeitsuntersuchungen für Chemikalien an Membranmodulen,  
 Membranauswahl

**Water treatment and desalination with membranes**

Pilot tests and optimization of operating conditions for different applications, compatibility tests for chemicals with membrane modules, membrane selection

**Ansprechpartner/Contact person:**

Dipl.-Ing. Franziska Blauth (-217)  
[blauth@iuta.de](mailto:blauth@iuta.de)

Kevin Koenen, M. Sc. (-109)  
[Koenen@iuta.de](mailto:Koenen@iuta.de)

**Verfahrenstechnische Entwicklung, Beurteilung, Optimierung von Prozessen**

Verfahren zur Elimination von Mikro-schadstoffen, Verfahrenskopplungen,  
 Hybridverfahren zur Entsalzung, Kreislaufführung von Prozesswässern

**Process engineering, evaluation and optimization of processes**

Elimination of micro pollutants, coupling of processes, hybrid desalination processes, recycling of process water

**Ansprechpartner/Contact person:**

Dipl.-Ing. Franziska Blauth (-217)  
[blauth@iuta.de](mailto:blauth@iuta.de)

**Membranautopsien**

Visuelle Begutachtung, Druckhaltetests, Vakuumtests, Färbetests, permeatseitige Beprobung, Lokalisierung von Leckagen, Autopsie an Membranen und Elementen der UO, NF, UF und MF

**Membrane Autopsies**

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

Dipl.-Ing. Franziska Blauth (-217)  
[blauth@iuta.de](mailto:blauth@iuta.de)

Ermittlung der Trockenmasse, des Glührückstands 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](mailto:b.schiemann@iuta.de)

**Leistungstests an Membranmodulen**

Leistungstests an 4-Zoll-Brackwassermodule mit Betriebsdrücken bis zu 40 bar, Leistungstests an 8-Zoll-Brackwasser- und Meerwassermodule mit Betriebsdrücken bis zu 80 bar  
Leistungstests an Flachmembranen aus Brack- und Meerwassermodule mit Betriebsdrücken bis zu 65 bar

**Sensorische Prozessüberwachung**

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

**Begutachtungen und Bilanzierungen von Kühlgerätesorgungsanlagen**

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

**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

**Identifizierung von strategischen Metallen und seltenen Erden in Abfallströmen komplexer Massengüter**

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

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

**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

**Performance testing of membrane modules**

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

**Sensor based process control**

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

**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

**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

**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 glas fraction & LCD-Displays

Investigations of chemical recovery methods with regard to harmful substances and content of resources,

Investigations of electro-dialytic enrichment of solutions containing recyclable materials,

e.g. the recovery of indium from display panels, material recovery from disposed solar panels

**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:**

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

**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

**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

**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

**Bereich:****Department:**

Bereichsleitung/head of unit:

**Analytik von Umweltproben**

Probenahme, Identifizierung und Quantifizierung von Umweltproben auf Summenparameter sowie organische Spurenstoffe mittels GC-MS und LC-MS. Wirkungsbezogene Analytik mit biologischen Testverfahren zur Bestimmung von Östrogenität, Androgenität, Toxizität und mikrobiologischer Hemmung.

Sensitive Bestimmung von Hormonen in Oberflächen und Abwasserproben (GC-MS/MS, LC-MS/MS)

Nachweis von Ölen aus Druckluftuntersuchungen (GC-FID-MS), Bestimmung von VOCs (volatile organic compounds) und BTXE aus verschiedenen Matrices, Bestimmung von PAKs, PCBs, Pestiziden und Flammenschutzmitteln aus Feststoffen Entwicklung und Validierung leistungsfähiger Spezialverfahren, Screening (GC-MS; GC-MS/MS; GC-FID) Thermodesorption/GC/MS

**Examinations of contaminated materials**

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

**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

**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.

**Forschungsanalytik & Umweltanalytik****Research Analytics & Environmental Analytics**

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

**Analysis of environmental samples**

Sampling, identification and quantification of environmental samples for sum parameters and organic trace substances using GC-MS and LC-MS. Effect-related analysis with biological test methods for the determination of estrogenicity, androgenicity, toxicity and microbiological inhibition.

Sensitive determination of hormones in surface and waste water samples (GC-MS/MS, LC-MS/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

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

Dr. rer. nat. Linda Gehrmann (-215) gehrmann@iuta.de

M. Sc. Oliver Gassner (-206) gassner@iuta.de

Dr. rer. nat. Linda Gehrmann (-215) gehrmann@iuta.de

M. Sc. Oliver Gassner (-206) gassner@iuta.de

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

Yvonne Lamboy (-234) lamboy@iuta.de

Dr. rer. nat. Fabian Itzel (-194) itzel@iuta.de

**Spurenanalytik**

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

**Speziesanalytik**

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

**Ionen**

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

**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

**Bereich:****Department:**

Bereichsleitung/head of unit:

**Analysentechnik**

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

**Methodenentwicklung und Spezialanalytik für FuE-Anwendungen**

Wissenschaftlich fundierte Entwicklung und Validierung leistungsfähiger Spezialverfahren für Forschungsvorhaben, Kooperationspartner und externe Auftraggeber, breite Palette an Analysenverfahren und bestimmbarer Parametern: GC, HPLC, GC-MS, GC-MS/MS, LC-MS/MS, LC-MS<sup>n</sup>, LC-HRMS

**Trace analysis**

Quantitative determination of the elemental composition of liquid and solid sample matrices by means of ICP-MS and -AES, Solid analysis using microwave pressure digestion methods, Mercury analysis by means of Hg-AAS and direct solid analysis

**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

**Ions**

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

**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

**Forschungsanalytik & Miniaturisierung****Research Analysis & Miniaturization**

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

**Analytical technologies**

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

**Method development and specialized analytical methods for R&D applications**

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

Inga Flieter and Yvonne Lamboy (-234) flieter@iuta.de, Lamboy@iuta.de

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

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

**Bioanalytik**

Verfahrens- und Methodenentwicklung zur Identifizierung, Charakterisierung und Quantifizierung von therapeutischen Proteinen.

Anwendung verschiedener Verstärkungstechniken zur Untersuchung der Proteinkonformation mittels Ramanspektroskopie.

**Biological analysis**

Process and method development for the identification, characterisation and quantification of therapeutic proteins.

Application of different amplification techniques to study protein conformation by Raman spectroscopy.

**Ansprechpartner/Contact person:**

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

**Bereich:****Department:**

Bereichsleitung/head of unit:

**Industrielle Gemeinschaftsforschung****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-Homburg 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). 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). 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](http://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. 4-3: Skizze IUTA und Umgebung