

iuta aktuell

Mitteilungen aus dem Institut für Umwelt & Energie, Technik & Analytik e. V.

02 / 2026



Sicherer Umgang mit Zytostatika

Membranes for Climate

IUTA auf der FILTECH 2026

Termine

02.11.2026	10. AnalytikTag
02.11.2026	kombinierte Mitgliederversammlung IUTA und Verwaltungsratssitzung
02.11.2026	Mitgliederversammlung FVEU
03.11.2026	17. FiltrationsTag
03. + 04.11.2026	Zytostatika-Fortbildung
04.11.2026	7. ZytostatikaTag
04.11.2026	1. NachhaltigkeitsTag

IUTA-InnovationsTage 2026



Wir laden Sie herzlich zu den IUTA-InnovationsTagen 2026 ein, die in den ersten Novembertagen veranstaltet werden.

Die Veranstaltungsreihe startet mit dem Analytik-Tag, der in diesem Jahr zum zehnten Mal stattfindet. Im Fokus stehen in diesem Jahr Self-Driving Labs (autonome Labore), Automatisierung und Datenverarbeitung.

Bereits zum 17. Mal versammeln sich Filtrations-expertinnen und -experten zum FiltrationsTag, um sich darüber auszutauschen, wie sich ihre Branche auf aktuelle und zukünftige Herausforderungen einstellen kann. Unter anderem geht es um effiziente Methoden zur Entfernung klimaschädlicher Gase und Partikel sowie um die Integration neuer Entwicklungen im Bereich der Sensorik und KI in Filtrations- und Lüftungstechnologien.

Zum ersten Mal findet in diesem Jahr der NachhaltigkeitsTag statt. Er widmet sich der Frage, wie nachhaltige Laborpraxis in Forschung, Routine und Industrie erreicht werden kann.

Der ZytostatikaTag widmet sich aktuellen Trends bei der Entwicklung von Krebstherapeutika, insbesondere ihren Darreichungsformen. Dabei geht es

nicht nur um technologische Prozesse, sondern auch um organisatorische und regulatorische Herausforderungen bei der Einführung in die Praxis.

Informationen zu den Veranstaltungen und die Links zur Online-Anmeldung finden Sie hier:
<https://www.iuta.de/aktuelles/>

2. – 4. November 2026

Einladung IUTA-InnovationsTage

Sicherer Umgang mit Zytostatika: Fortbildung und wissenschaftlicher Austausch

Interview mit Martin Kläßen

Ein wesentlicher Teil der Forschung und Dienstleistungen der Abteilung Umwelthygiene und Pharmazeutika besteht in der Wissensvermittlung und der Methodenentwicklung für den sicheren Umgang mit Zytostatika.

Mit der zweitägigen Zytostatika-Fortbildung, die zweimal im Jahr veranstaltet wird, und dem ZytostatikaTag am 4. November bietet das IUTA Herstellern und Anwendern wichtige Foren zum Austausch und zur Wissensvertiefung nach jeweils aktuellem Stand. Martin Kläßen, Abteilungsleiter Umwelthygiene und Pharmazeutika, gibt Einblicke in die Hintergründe der Arbeit dieser Abteilung und bringt uns diese beiden Veranstaltungen näher.

Herr Kläßen, seit wann gibt es die Zytostatika-Fortbildung und für welche Zielgruppe ist sie gedacht?

Seit 2005 bieten wir regelmäßig Schulungsveranstaltungen zum sicheren Umgang mit Zytostatika an. Diese sind eine wichtige und notwendige Fortbildung für Mitarbeitende in Apotheken und Unternehmen, die die Applikationslösungen zubereiten. Das erfolgt nicht bei großen Pharmaherstellern, weil die Zusam-

mensetzung und Dosierung von Wirkstoffen auf jede Patientin und jeden Patienten individuell angepasst werden müssen.



Als Medikamente wirken Zytostatika leider nicht nur gegen Krebszellen, sondern wirken selbst auch krebserregend, keimzellenverändernd (mutagen) und reproduktionstoxisch, gehören also zu den KKR-Stoffen. Es klingt paradox, aber viele Mittel, die Krebspatienten helfen, können äußerst gefährlich sein für alle, die ungeschützt mit ihnen in Berührung kommen. Darüber hinaus gibt es bei der Regulierung dieser Substanzen Lücken. Allgemein gültige Grenzwerte oder Vorschriften, deren Einhaltung ausreichende Sicherheit für den Umgang garantiert, existieren nicht.

Was bedeutet das konkret für Personen, die mit diesen Stoffen umgehen?

Es müssen natürlich geeignete technische, organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen ergriffen werden, um das Personal bestmöglich zu schützen. Hierbei ist es wichtig, Gefahren frühzeitig zu erkennen und Expositionen vorzubeugen. Beispielsweise dürfen beim sicheren Umgang mit Zytostatika Außenkontaminationen nicht außer Acht gelassen werden. An jedem Gebinde eines Wirkstoffs, das nach der Anlieferung ausgepackt wird, können Spuren der enthaltenen Chemikalie anhaften. Unsere Expertise besteht darin, dass wir Kontaminationen identifizieren und entsprechend der Ergebnisse Handlungsempfehlungen geben. Im Hintergrund erarbeiten wir

Reinigungsstrategien zur gezielten Minimierung der Kontaminationen.

Diese Maßnahmen tragen dazu bei, Sekundärkontaminationen zu reduzieren, sodass Menschen außerhalb geschützter Bereiche nicht exponiert werden.

Und schließlich müssen alle beteiligten Personen auf Havarien vorbereitet sein: Was ist zu tun, wenn eine größere Menge Wirkstoff verschüttet wird? Das trainieren wir in unseren Fortbildungsveranstaltungen bei so genannten Spill-Übungen.

Was hat sich in den 21 Jahren seit der ersten Ausgabe der Zytostatika-Fortbildung verändert?

In erster Linie haben sich die Zahl, die Vielfalt und die Wirksamkeit von Wirkstoffen in diesem Zeitraum erhöht. Während im Jahr 2000 über 70 Wirkstoffe zur Behandlung verschiedener Krebsarten zugelassen waren, verfügt die Medizin heute über mehr als 240 verschiedene Arzneistoffe.

Mit den monoklonalen Antikörpern kam Ende der 1990er Jahre eine neue Linie der Krebstherapie hinzu. Sie gehören zu den Immuntherapeutika und werden je nach ihrer Wirkweise allein oder in Kombination mit Zytostatika zur Krebsbehandlung eingesetzt. Jeder dieser Antikörper oder Antikörper-Wirkstoff-Konjugate muss ebenfalls gemäß der Risikobewertung behandelt werden. Das heißt, wir müssen uns stetig auf neue Wirkstoffe und die damit verbundenen Risiken einstellen.



Was unterscheidet den ZytostatikaTag von den Fortbildungsveranstaltungen?

Während die Fortbildungen echte Trainingsveranstaltungen sind, öffnen wir während des ZytostatikaTags unseren Blick auf neue Entwicklungen, die in der täglichen Arbeit von herstellenden Apotheken und

Unternehmen zwar heute noch keine Rolle spielen, aber für die Zukunft relevant sein können. Dazu laden wir externe Referent:innen ein, die uns von ihren Entwicklungen und Erfahrungen berichten.

Im Einzelnen werden neue Produktionsprozesse diskutiert, insbesondere Innovationen im Bereich der Automatisierung. Wenn Automaten (oder Roboter) Teile einer Produktion übernehmen, müssen wir hier ebenso alle Aspekte der sicheren Handhabung betrachten. Arbeiten die neuen Geräte genauso sauber wie ein pharmazeutisch-technischer Assistent bzw. eine Assistentin? Sind die Geräte leicht zu reinigen? Wie ändert sich der allgemeine Arbeitsablauf?

Auf dem ZytostatikaTag schauen wir uns neue Trends an, wie beispielsweise die Herstellung halbfester Tabletten mittels Extrusionsverfahren. Diese sind noch nicht in der Krebsbehandlung angekommen, es wird aber angestrebt, sie in der pädiatrischen Onkologie einzusetzen.

Darüber hinaus geht es nicht nur um technologische Fragen, sondern auch darum, ob neue Prozesse von den anwendenden Unternehmen akzeptiert werden beziehungsweise welche regulatorischen oder organisatorischen Hürden dafür noch zu überwinden sind.

Welche eigenen Forschungen führen Sie und Ihr Team hier im Haus durch?

Wir konzentrieren uns in unserer aktuellen wissenschaftlichen Arbeit unter anderem auf den Trend zur oralen Verabreichung von Zytostatika. Die Anzahl der abgegebenen Packungen oral einzunehmender Krebsmedikamente ist von 2013 bis 2023 um etwa 70 % gestiegen. Auch hier führen wir die Bewertung der externen Kontamination durch, nur geht es nicht mehr um Flaschen und Behälter für spezialisierte Labore, sondern um Blisterverpackungen für den privaten Haushalt. Für das häusliche Umfeld gibt es keinerlei Regulierungen. Wenn es sich um pflegebedürftige Patient:innen handelt, die zu Hause versorgt werden, sind auch examinierte Pflegekräfte und Pflegehilfskräfte in alle zu treffenden Schutzmaßnahmen einzubeziehen.

Ein weiteres Forschungsprojekt schaut auf die herstellenden Apotheken und Unternehmen, die auch mit Fachkräftemangel zu kämpfen haben. Bei der Herstellung individueller Medikamentendosen gilt das Vieraugenprinzip, um Fehler zu vermeiden. Das bindet spezialisiertes Fachpersonal.

Für dieses Problem haben wir im Projekt Zyto-Check, das wir soeben abgeschlossen haben,

zusammen mit dem Unternehmen LabCognition, Analytical Software GmbH & Co. KG, eine Lösung entwickelt, mit der künftig auf eine der bislang erforderlichen zwei Personen verzichtet werden kann. Die Vor-Ort-Prüfung von Zytostatika-Zubereitungen soll zukünftig mit Hilfe eines zerstörungsfreien Verfahrens möglich sein.

Herr Klaßen, vielen Dank für das Gespräch.

Das Interview führte Dr. Hildegard Lyko.

Abreinigung monoklonaler Antikörper von Edelstahloberflächen

Veröffentlichung einer Studie zur Validierung verschiedener Reinigungsroutinen

Monoklonale Antikörper (mAbs) gewinnen in der Therapie von Tumor- und Autoimmunerkrankungen zunehmend an Bedeutung, sind jedoch bislang in Studien zur Effizienz verschiedener Reinigungsmaßnahmen auf pharmazeutischen Arbeitsflächen unterrepräsentiert. Dabei sind effektive Reinigungsprozesse essenziell, um sowohl die Exposition des Personals als auch proteinbasierte Kontaminationen zu minimieren, die wiederum mikrobielles Wachstum begünstigen können. Die vorliegende Studie untersucht daher die Effizienz verschiedener Reinigungsmittel und -verfahren zur Entfernung von mAbs von Edelstahloberflächen.

Im Fokus standen die Antikörper Bevacizumab, Cetuximab, Daratumumab, Omalizumab, Rituximab und Trastuzumab. Edelstahlproben wurden mit definierten Konzentrationen dieser Wirkstoffe kontaminiert und anschließend mit unterschiedlichen Reinigungsprotokollen behandelt. Die Analyse erfolgte durch Wischproben, die enzymatisch aufbereitet und anschließend mittels Flüssigkeitschromatographie gekoppelt an die Tandem-Massenspektrometrie (LC-MS/MS) analysiert wurden.

Einsatz von alkalischen Reinigern und Isopropanol

Die Ergebnisse zeigen, dass alkalische Reinigungsmittel eine signifikant höhere Effizienz bei der Entfernung von mAbs aufweisen als 70 % Isopropanol. Während beide Reinigertypen Proteine denaturieren, erhöht Natronlauge im Vergleich zu Alkohol deren Löslichkeit. Dies zeigt sich in einer geringeren Reini-

gungsleistung des Alkohols im Vergleich zu den getesteten alkalischen Reinigungsmitteln.

Neben Einzelwischverfahren wurden auch Mehrfachzyklen untersucht. Hier zeigte sich, dass eine Kombination aus alkalischem Reiniger und anschließend Alkohol – insbesondere in einem dreifachen Reinigungszyklus – die höchsten Reinigungseffizienzen erzielt und eine vollständige Entfernung ermöglichen kann. Obwohl die Unterschiede statistisch nicht signifikant waren, spricht die Tendenz für den Einsatz mehrstufiger Reinigungsverfahren mit unterschiedlichen Reinigungsmitteln.



Diskussion im Kontext bestehender Empfehlungen

In der veröffentlichten Studie werden die Ergebnisse im Kontext bestehender Empfehlungen, etwa einer offiziellen Empfehlung der European Society of Oncology Pharmacy (ESOP) sowie der Kontaminationskontrollstrategie gemäß EU GMP Annex 1, diskutiert. Die Empfehlung der ESOP sieht bislang eine tägliche Reinigung mit Isopropanol vor, was nach den vorliegenden Daten zur Abreinigung von mAbs nicht ausreichend ist. Eine Ergänzung um einen alkalischen Reinigungsschritt ist daher sinnvoll, um den Anforderungen an die Kontaminationskontrolle nach

EU GMP Annex 1 gerecht zu werden und Proteinrückstände effektiv zu entfernen.

Zusammenfassend liefert die Studie erstmals eine systematische Bewertung der Reinigungseffizienz verschiedener Reinigungsmittel und -verfahren für mAbs auf Edelstahl. Die Studie entstand im Rahmen eines Industrieauftrags in Kooperation mit der Schülke & Mayr GmbH.

Publikation: J. Thissen, L. M.-H. Reinders, J. Tuerk, M. D. Klassen: Cleaning validation of different cleaning procedures for monoclonal antibodies on stainless steel. The European Journal of Oncology Pharmacy (2026) 9:1(e60)

<http://dx.doi.org/10.1097/OP9.000000000000060>

Membranes for Climate – Wasseraufbereitung für die Elektrolyse

Präsentation auf der IFAT 2026

Welchen Beitrag leisten Membranen für die Erreichung der Klimaziele und wie kann die Membranproduktion selbst klimafreundlicher werden? Antworten auf diese Fragen gaben Membranexpert:innen am 6. Mai auf der Blue Stage der Messe IFAT 2026 im Rahmen der Vortragsreihe „Membranes for Climate – Current Topics“. Gastgeber war die Deutsche Gesellschaft für Membrantechnik e.V. (DGMT), federführend der DGMT-Arbeitskreis „Membranes for Climate“.

Klimaschutz mit Membranen: ein weites Feld

Die klimarelevanten Wirkungen von Membranen sind vielfältig. Sie reichen von der Energieeinsparung über die Erhöhung der Verfügbarkeit von Wasser und die Kreislaufschließung für Wasser sowie andere Wertstoffe bis zur Entfernung von Treibhausgasen aus Abgasen und Abwässern. Wie Norbert Selzer, Leiter des o. g. Arbeitskreises, in seiner Begrüßung hervorhob, sind die Erreichung der Klimaziele und die Schaffung von Klimaresilienz zunächst eine umfassende gesellschaftliche Aufgabe. Aber sie bedeuten auch ein enormes Potenzial für die Membrantechnologie zur Ausweitung bestehender und Erschließung neuer Geschäftsfelder. Die vier Präsentationen von Prof. Christine Kleffner (Nachhaltige Verfahrenstechnik, Hochschule Bochum), Norbert Selzer, Franziska Blauth (Abteilungsleiterin Wasseraufbereitung & Membrantechnik bei IUTA und Vorstandsmitglied der DGMT) und Dr. Daniel Breite (Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung) gaben Einblicke in unterschiedliche

Ansätze, durch Membranen klimarelevante Prozesse zu optimieren beziehungsweise zu ermöglichen.



Grüner Wasserstoff erfordert Membranen zur Wasseraufbereitung

Zu Beginn ihres Vortrags schilderte Franziska Blauth, welche Bedeutung die Verfügbarkeit von Wasser für die Wasserstofferzeugung hat und wie der Wasserverbrauch von der Rohwasserqualität abhängt. Ausgehend von der stöchiometrisch mindestens notwendigen Menge von 9 kg Wasser je produziertem Kilogramm Wasserstoff wird realistisch zurzeit etwa 1,5 – 3-mal so viel Wasser gebraucht, abhängig von der Rohwasserqualität. Denn Wasser für die Elektrolyse muss hochrein sein und fast jeder Wasseraufbereitungsschritt verbraucht Wasser, das in Konzentraten anfällt oder als Reinigungs- oder Spülwasser benötigt wird. Darüber hinaus müssen Elektrolyseure gekühlt werden – auch dazu wird Wasser verwendet. Im Gegensatz zu Trinkwasser, Kesselspeisewasser oder Rein- bzw. Reinstwasser existieren bislang noch keine klaren Vorgaben für Elektrolysewasser. Und auch die Toleranz unterschiedlicher Elektrolysezellen gegenüber Ionen, gelösten organischen Substanzen oder gelösten Gasen kann variieren. In jedem Fall sind Membranen unersetzliche Bestandteile in einem mehrstufigen Aufbereitungsprozess für Elektrolysewasser nach heutigem Stand. Eine typische Prozessfolge besteht aus der Partikelentfernung mittels Ultrafiltration, der Umkehrosmose zur Entfernung von Ionen und gelösten Molekülen, gefolgt von einer Membranentgasung und einer abschließenden Elektro-Deionisation.

Die von Frau Blauth geleitete Abteilung Wasseraufbereitung & Membrantechnik beschäftigt sich mit Forschung zur Verbesserung von Membranprozessen, Kopplung von Prozessen und Verfahren zur Effizienzsteigerung oder zur Einbindung von Sensorik

zur frühzeitigen Erkennung von Veränderungen und Optimierung von Wartungsprozessen. Die Verfahren werden vom Labormaßstab bis in den industriellen Maßstab betrachtet.

Speziell für Entsalzungsprozesse für die Erzeugung von Reinstwasser für Energieanwendungen oder andere industrielle Prozesse haben die in der Abteilung durchgeführten Schadensfallanalysen und Membranautopsien hohe Relevanz.



Vortragende der DGMT-Veranstaltung „Membranes for Climate – Current Topics“ auf der IFAT 2026: v.l.n.r.: Norbert Selzer, Leiter des DGMT-Arbeitskreises „Membranes for Climate“, Franziska Blauth (IUTA), Prof. Christine Kleffner (HS Bochum) und Dr. Daniel Breite (Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung)

IUTA auf der FILTECH 2026

Auch in diesem Jahr war die Abteilung „Filtration & Aerosolforschung“ des IUTA vom 30. Juni bis 2. Juli wieder mit einem eigenen Stand auf der FILTECH in Köln vertreten – einer der weltweit führenden Fachmessen für Filtrations- und Separationstechnik. Die FILTECH bot wieder eine ideale Plattform für den direkten Austausch mit Kund:innen und Projektpartnern

sowie zur Erweiterung des IUTA-Netzwerks um neue Kontakte. Ergänzend wurde am Stand die gesamte Bandbreite der IUTA-Dienstleistungen im Bereich der Filterprüfung sowie der Aerosolforschung vorgestellt.



Neben der Messepräsenz stellten Mitarbeitende des IUTA sowie Projektpartner bei der begleitenden dreitägigen wissenschaftlichen Konferenz in vier Fachbeiträgen aktuelle Forschungsergebnisse vor:

- Im Rahmen einer Forschungs Kooperation mit dem finnischen Forschungsinstitut VTT (Tampere) wurden umfangreiche Laboruntersuchungen zu neuen Prüfstandards für Luftreiniger durchgeführt. Im Fokus standen der Einfluss der eingesetzten Messtechnik sowie des Prüfaerosols auf die ermittelte Reinigungsleistung verschiedener Luftreiniger. Die Ergebnisse liefern wichtige Erkenntnisse für die Weiterentwicklung der internationalen Prüfnorm IEC 63086.
- In einem aktuellen IGF-Forschungsprojekt gemeinsam mit der RPTU Kaiserslautern-Landau wird untersucht, inwieweit die Entladung von Elektretfiltermedien mit den Benetzungseigenschaften von Aerosoltröpfchen auf den Fasern zusammenhängt. Darüber hinaus wird analysiert, wie sich die unterschiedliche Entladung durch verschiedene Lösemiteldämpfe erklären lässt. Erste Ergebnisse weisen auf systematische Zusammenhänge hin.
- Im EU-Projekt AeroSofd wurde untersucht, wie Nachrüstlösungen zur Reduktion verkehrsbedingter Feinstaubemissionen beitragen können. Hierzu charakterisierte das IUTA zunächst umfassend die Emissionen von Bus- und Zugbremsen und bewertete anschließend die Wirksamkeit von am Fahr-

zeug montierten Bremsstaubfiltern sowie von Luftreinigern in U-Bahn-Stationen. In beiden Anwendungsfällen konnte eine Verringerung der Feinstaubbelastung nachgewiesen werden.

- In einem laufenden Projekt der Abteilung Luftreinigung & Gasreinigung wird das Abscheideverhalten von Elektretfiltern durch die Ionisierung der Luft mit anschließender Aufladung der abzuscheidenden Partikel optimiert. Zur Auslegung der Ionisations- und Polarisationsanlage wurde ein umfassendes CFD-Modell als Erweiterung der Open-Source-Software OpenFOAM entwickelt. Das Modell berücksichtigt die physikalischen Prozesse im Detail, darunter die Ionisation, die Partikelaufladung und die Abscheidung in der Gasphase sowie den bipolaren Ladungstransport innerhalb des festen Filtermediums, und koppelt sie über räumlich aufgelöste Berechnung des elektrischen Feldes.

Funktionalisierte Metallschäume als thermisch optimierte Trägerstrukturen für Adsorptionsprozesse zur CO₂-Abscheidung aus Luft (DAC-MetFoam)

Im Jahr 2024 lag die globale Durchschnittstemperatur erstmalig mehr als 1,5 °C über dem vorindustriellen Niveau. Damit wird es immer unwahrscheinlicher, die im Pariser Klimaabkommen vereinbarten Ziele ausschließlich über die Senkung oder Verhinderung von Treibhausgasemissionen erreichen zu können. Fachleute setzen deshalb zunehmend auf Negativemissionstechnologien, die der Atmosphäre Kohlendioxid aus Emissionen der Vergangenheit wieder entziehen. Direct Air Capture (DAC), die Filterung von ca. 0,04 vol% CO₂ aus der Umgebungsluft, bei der das abgeschiedene Treibhausgas entweder dauerhaft gespeichert oder stofflich genutzt wird, ist eine mögliche Strategie.

Der Nachteil aktueller DAC-Verfahren besteht darin, dass sie noch teuer und energieintensiv sind. Damit das aufgenommene CO₂ desorbieren kann, müssen die auf Polymerbasis hergestellten Materialien aufgeheizt werden. Da Polymere aber schlechte Wärmeleiter sind, dauern Aufheiz- und Abkühlphasen lange und verbrauchen viel Energie.

Hier setzt das Projekt DAC-MetFoam an: Durch die Beschichtung von Metallen, die sehr gute Wärmeleiter sind. Mit den Adsorbenzien wird die Regeneration einfacher und schneller und damit auch weniger ener-

gieintensiv. Um eine hohe Luftdurchlässigkeit und eine große, mit Adsorbensen beladene Oberfläche zu erhalten, arbeitet das IUTA-Team mit offenporigen Schäumen und Geweben aus Metallen.

Vorarbeiten zu diesem Projekt haben gezeigt, dass eine Beschichtung unterschiedlicher Metallsubstrate mit dem Adsorbens Lewatit® VP OC 1065 gut funktioniert. Allerdings hängen Beladungskapazität, die Gleichmäßigkeit der Beladung und die Luftdurchlässigkeit der beschichteten Metallsubstrate von der Partikelgröße, der Porenstruktur der metallischen Träger und dem Haftmittel ab. Diese Abhängigkeiten werden nun systematisch für mehrere Adsorbensen (Lewatit® VP OC 1065, Purolite® A110 und PEI) untersucht, um am Ende CO₂-Abscheideleistung und Energieverbrauch zu optimieren.

IGF-Projekt: 01IF22826N

Laufzeit: 01.04.2026 – 31.03.2028

Forschungsstelle:

Institut für Umwelt & Energie, Technik & Analytik e. V.

<https://www.iuta.de>

Förderhinweis:

Das Forschungsprojekt der Forschungsvereinigung Umwelttechnik wird über den Projektträger DLR im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



vereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF) sowie Mitglied der Johannes-Rau-Forschungsgemeinschaft e. V. (JRF).



Social media:



<https://www.linkedin.com/company/iuta-duisburg/>

Abbildungen:

Foto auf dem Titelblatt: Bildrechte: JRF und IUTA.

Weitere Informationen zu den abgedruckten Artikeln sowie weitere Projektberichte finden Sie auf der Website

<https://www.iuta.de>

Förderhinweis:

Die Institute der Johannes-Rau-Forschungsgemeinschaft werden vom Land NRW institutionell gefördert.

Ministerium für
Kultur und Wissenschaft
des Landes Nordrhein-Westfalen



IMPRESSUM

Redaktion: S. Haep, D. Bathen, H. Lyko

Herausgeber: Institut für Umwelt & Energie, Technik & Analytik e. V. (IUTA), Bliersheimer Str. 58 – 60, 47229 Duisburg

Vorstand:

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

Vertretungsberechtigt gemäß § 26 BGB:

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

Dipl.-Ing. Jochen Schiemann (Stellv. Vorstandsvorsitzender und Geschäftsführer)

Das IUTA ist An-Institut der Universität Duisburg-Essen, Mitglied der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungs-