



**Gesellschaft
Deutscher Chemiker**

**Fachgruppe
Analytische Chemie**

Spezial: Nachhaltigkeit

Analytik an der Uni Innsbruck

Treffen mit der ASAC

**Mitteilungsblatt
4/2025**





GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER



**Arbeitskreis
Analytik mit Radionukliden &
Hochleistungsstrahlenquellen
(ARH)**

Vorsitz 2025–2028
Dr. Veronika Rosecker
Wien

veronika.rosecker@tuwien.ac.at

**Arbeitskreis
Archäometrie**

Vorsitz 2023–2026
Dr. Anika Retzmann
Berlin
anika.retzmann@bam.de

**Arbeitskreis
Chemische Kristallographie**

Vorsitz 2025–2028
Dr. Michael Bodensteiner
Regensburg
michael.bodensteiner@ur.de

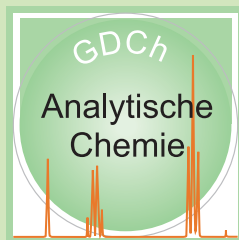
**Arbeitskreis
Chemometrik &
Qualitätssicherung**

Vorsitz 2024–2027
Dr. Claudia Beleites
Wölfersheim
claudia.beleites@chemometrix.gmbh

**Arbeitskreis
Chemo- & Biosensoren**

Vorsitz 2025–2028
PD Dr. habil. Michael Seidel
München
michael.seidel@tum.de

**Fachgruppe
Analytische Chemie**



Vorstand 2024–2027

Vorsitz
Dr. Michael Arlt
Alsbach-Hähnlein
m.arlt@go.gdch.de

Stellvertretender Vorsitz
PD Dr. habil. Björn Meermann
Berlin

Repräsentanz Hochschule
Prof. Dr. Margit Geissler
Rheinbach

Prof. Dr. Kerstin Leopold
Ulm

Repräsentanz Industrie
Prof. Dr. Tom van de Goor
Waldbronn/Marburg

Dr. Martin Wende
Ludwigshafen

Repräsentanz Junganalytiker:innen
Dr. Catharina Erbacher
Ludwigshafen

Dr. Jens Fangmeyer
Leverkusen

**Deutscher Arbeitskreis
für Analytische Spektroskopie
(DAAS)**

Vorsitz 2023–2026
Prof. Dr. Carsten Engelhard
Berlin/Siegen
carsten.engelhard@bam.de

**Arbeitskreis
Elektrochemische
Analysenmethoden (ELACH)**

Vorsitz 2024–2027
Prof. Dr. Gerd-Uwe Flechsig
Coburg
gerd-uwe.flechsig@hs-coburg.de

**Arbeitskreis
Prozessanalytik (PAT)**

Vorsitz 2025–2028
Dr. Tobias Eifert
Uerdingen
ak-pat-vorstand@go.gdch.de

**Arbeitskreis
Separation Science**

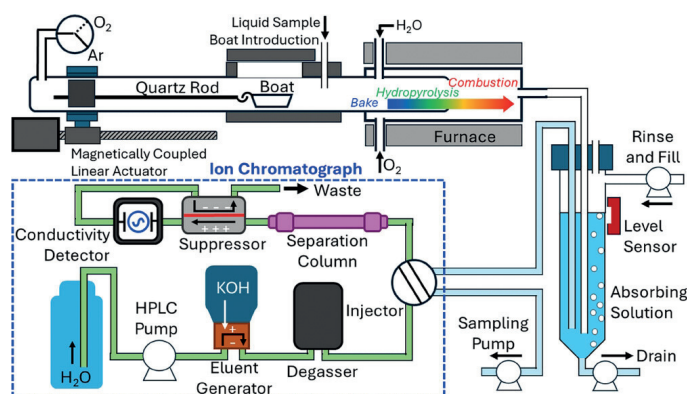
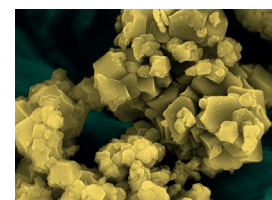
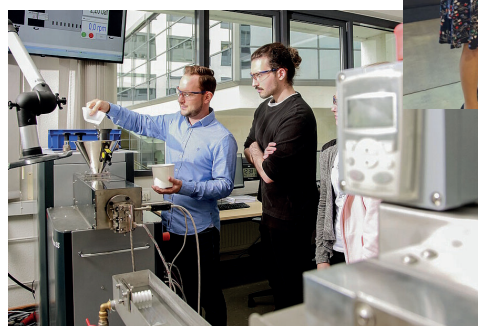
Vorsitz 2024–2027
Dr. Martin Vogel
Münster
martin.vogel@uni-muenster.de

Industrieforum Analytik

Sprecherin
Dr. Kathrin Wolter
Ludwigshafen
kathrin.wolter@basf.com

Mitglieder

Editorial	4
Aus der Fachgruppe	
Treffen mit der ASAC in Salzburg	5
Aus den Arbeitskreisen	
Neues vom AK Archäometrie	5
Analytik in Österreich	
Ganzheitliche Analytik in Innsbruck	6
Chemie Aktuell	9
Medien	
ABC in Kürze	12
Nachhaltigkeit Spezial	
Wie grün ist Ihre Analytik?	14
Nachhaltige Flüssigchromatographie	16
H ₂ statt He in der Gaschromatographie	18
Mit den richtigen Analysen zu nachhaltigeren Produkten	20
Polymere: auf dem Weg zu robusten Standards	24
Nachhaltigere Einwegartikel fürs Labor	26
Vom Abfall zum Wertstoff	28
Analytik schützt den Steamcracker	31
loopamid: Ein recyceltes Polyamid aus Textilabfällen	33
Kunststoffrecycling mit Durchblick	36
Tagungen & Fortbildungen	38
Preise & Stipendien	
Paul-Crutzen-Preis	44
EuChemS-DAC-Award	44
Personalia	
Ruth Bieringer wird GDCh-Präsidentin	45
Geburtstage	45
GDCh-Fortbildungen	46
Impressum	44



Editorial

Liebe Mitglieder der Fachgruppe Analytische Chemie,

für dieses Themenheft haben wir den Fokus auf Nachhaltigkeit in der Analytik sowie auf die Rolle der Analytik als Wegbereiter nachhaltiger Entwicklungen gelegt. Dazu haben wir ein breites Spektrum an Beiträgen zusammengetragen.

Die analytische Chemie steht vor einem Paradigmenwechsel. Wo früher allein Präzision und Reproduzierbarkeit zählten, rückt heute zunehmend auch die Frage nach der ökologischen Verantwortung in den Fokus. Dieses Sonderheft zeigt eindrucksvoll, wie vielfältig und tiefgreifend Nachhaltigkeit in der Analytik verankert werden kann – von der Methodik über die Geräte bis hin zu den Materialien und regulatorischen Rahmenbedingungen.

Den Auftakt bildet ein Beitrag zu den 12 Prinzipien der grünen analytischen Chemie, die als Leitplanken für eine umweltbewusste Laborpraxis dienen. Wie Frank Michel zeigt, sind analytische Leistungsfähigkeit und ökologisches Denken keine Gegensätze, sondern können sich gegenseitig befruchten.

Wie sich diese Prinzipien konkret umsetzen lassen, demonstrieren mehrere Beiträge: Andreas Otto stellt eine Lebenszyklusanalyse von Flüssigchromatographiesystemen vor und identifiziert Stellschrauben für mehr Nachhaltigkeit. Waldemar Weber und Manuel Braun präsentieren mit Wasserstoff eine zukunftsfähige Alternative zu Helium als Trägergas in der Gaschromatographie. Anhand der Fast-GC demonstrieren sie, wie Wasserstoff dazu beitragen kann, die Analysenzeiten deutlich zu verkürzen, ohne dabei Trennleistung zu verlieren.

Auch die Analytik selbst wird zum Werkzeug für nachhaltige Entscheidungen und regulatorische Beurteilung: Dina Gabriel, Melanie Legner und Felix Thoelen diskutieren, wie moderne Verfahren zur Detektion von PFAS und Mikroplastik helfen, Risiken zu erkennen und gesetzliche Anforderungen zu erfüllen. Vor dem Hintergrund der Revisionierung der REACH-Verordnung und einer möglichen Erweiterung der Registrierungspflicht auf Polymere beleuchtet Friederike Lünne die Komplexität der Polymeranalytik und den Bedarf an standardisierten analytischen Methoden. Eine Herausforderung, die durch Initiativen wie MeEP – Method Evaluation for Polymer REACH – adressiert wird.

Nachhaltigkeit beginnt aber nicht erst bei der Methode, sondern schon beim Material und der Rohstoffbasis: Jan Bebermeier, Florian König und Hanae König präsentieren Laborverbrauchsmaterialien wie Pipettenspitzen aus biobasiertem Kunststoff, der aus recycelten Rohstoffen besteht – ein Beitrag zur Kreislaufwirtschaft. Das von Mara Silber, Catharina Erbacher, Grit Baier und Bernhard von Vacano vorgestellte Projekt PRecycling stellt sich den Herausforderungen im Kunststoffrecycling und demonstriert, wie sich durch gezielte analytische Kontrolle hochwertige Rezyklate erhalten lassen. Die chemische Industrie nutzt zunehmend Sekundärrohstoffe, die durch chemisches Recycling im industriellen Maßstab gewonnen werden können. Beispielsweise werden Pyrolyseverfahren zur Umwandlung von Kunststoffabfällen in Pyrolyseöl



Tom van de Goor



Carsten Engelhard
(Foto: BAM)

eingesetzt. Uta Neubauer beschreibt, wie die Analytik Pyrolyseöle prüft, um Schäden in Steamcrackern zu vermeiden.

Wie sich Textilabfälle in eine wertvolle Ressource verwandeln lassen, zeigt das Beispiel von loopamid: Polyamid 6 eignet sich besonders für chemisches Recycling, da es nur aus einem Monomer besteht. Faissal-Ali El-Toufaily, Volker Neu und Maximilian Stangier erläutern den Ioopamid-Prozess und zeigen, wie eng Recycling und Analytik miteinander verknüpft sind – ein entscheidender Schritt hin zu einem geschlossenen Textil-zu-Textil-Kreislauf.

Den Abschluss bildet ein interdisziplinäres Projekt zur spektroskopischen Untersuchung des Recyclings von Kunststoffen, dessen Ziel es ist, mit Raman-Spektroskopie und datengetriebenen Methoden die Qualität von Rezyklaten zu verbessern.

Dieses Heft zeigt: Nachhaltigkeit ist kein Trend, sondern eine Notwendigkeit – und zugleich eine Chance. Die Beiträge machen Mut, neue Wege zu gehen, und laden dazu ein, die eigene Praxis kritisch zu hinterfragen. Denn die Zukunft der Analytik ist grün – wenn wir sie gemeinsam gestalten.

Wie freuen uns, Ihnen das Sonderheft zur Nachhaltigkeit vorzustellen und wünschen Ihnen viel Freude bei der Lektüre.

Tom van de Goor
Agilent Technologies Waldbronn
Vorstandsmitglied der FG Analytische Chemie

Carsten Engelhard
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) &
Universität Siegen
Vorstandsvorsitzender des Deutschen Arbeitskreises für Analytische Spektroskopie (DAAS) in der FG Analytische Chemie

Aus der Fachgruppe

Treffen mit der ASAC in Salzburg

Am 30. September trafen sich die Vorstände der Austrian Society for Analytical Chemistry (ASAC) und der Fachgruppe Analytische Chemie der GDCh (FGAC) zu einer gemeinsamen Sitzung im schönen Salzburg. Thema war, wie wir die Vernetzung und Zusammenarbeit der ASAC mit der FGAC vertiefen können.

Bereits seit der ersten Kontaktaufnahme besteht in beiden Vorständen großes Interesse an einer noch engeren Zusammenarbeit über den Rahmen der ANAKON hinaus, die im Jahr 2023 in Wien stattgefunden hat. Die Offenheit und der Wille zur Zusammenarbeit waren auch bei dem ersten gemeinsamen Treffen der beiden Vorstände zu spüren. Entsprechend produktiv war das Treffen; konkrete Aktivitäten wurden durch beidseitiges Commitment untermauert.

Beide Vorstände stellten ihre laufenden Aktivitäten über das Jahr hinweg vor, und schnell waren Schnittmengen identifiziert. Vor allem bei der Unterstützung und Förderung der Junganalytiker:innen gibt es auf beiden Seiten eine Reihe Aktivitäten, zum Beispiel:

- Junganalytiker Forum (27.-28. Mai 2026, Graz)
- Minisymposium Next Generation Analytical Chemistry (28. November 2025, BOKU Wien)
- Sommerschulen
- Massenspektrometrie-Forum (18.-19. Februar 2026, Uni Wien)
- PhD-Seminar in Hohenroda (11.-13. Januar 2026, Hohenroda)

Seitens der FGAC und der ASAC werden ab kommendem Jahr Stipendien für den gegenseitigen Besuch der Veranstaltungen zur Verfügung gestellt; auch werden die Veranstaltungen auf den Webseiten sowie den Mailverteilern der ASAC und FGAC gegenseitig beworben. Weiterhin wird die erfolgreiche Online-Vortragsreihe der FGAC „Meine ersten Tage bei...“ auch nach Österreich hin geöffnet, und es werden Berufseinsteiger:innen aus Österreich zu Vorträgen



Gemeinsames Treffen deutscher und österreichischer Analytiker:innen in Salzburg
(Foto: C. Klampfl)

eingeladen. Seit letztem Jahr läuft auch bereits erfolgreich die Rubrik „Analytik in Österreich“ im Mitteilungsblatt der FGAC (Seite 6).

Die genannten Veranstaltungen erheben entweder keine oder nur geringe Teilnahmegebühren und sind daher vor allem für Nachwuchswissenschaftler:innen (Masterarbeit oder Doktorarbeit) attraktiv; da die Veranstaltungen oftmals durch Universitätsarbeitsgruppen organisiert werden, bieten sie dem wissenschaftlichen Nachwuchs eine gute Möglichkeit, sich auf der wissenschaftlichen Bühne vor einem sachkundigen Publikum mit eigenen Arbeiten zu präsentieren.

Für 2028 ist eine gemeinsame Session der ASAC und FGAC auf der analytica conference im Gespräch. Hier könnten Übersichtsvorträge zu den jeweiligen Aktivitäten in den österreichischen und deutschen Forschungsgruppen platziert werden, um den wissenschaftlichen Austausch weiter zu fördern.

Ein weiterer Aspekt wird sein, Auszeichnungen sichtbarer zu machen, die durch die beiden Gesellschaften vergeben werden.

Das erste Treffen der beiden Vorstände war nur der Auftakt für eine engere Zusammenarbeit – auch im kommenden Jahr ist ein gemeinsames Treffen der Vorstände geplant, um die gegenseitige Vernetzung und Stärkung der analytischen Chemie in Österreich und Deutschland weiter voran zu treiben.

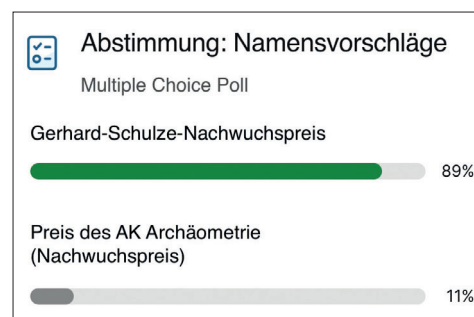
Michael Arlt, Björn Meermann
und Christian Klampfl

Aus den Arbeitskreisen

Neues vom AK Archäometrie

Der Arbeitskreis Archäometrie (AKA) hat in diesem Jahr den Gerhard-Schulze-Nachwuchspreis ins Leben gerufen und erstmals ausgeschrieben. Der mit 500 Euro dotierte Preis würdigt herausragende Abschlussarbeiten im Bereich der Archäometrie. Eingereicht werden können Bachelor-, Master- und Diplomarbeiten, vergleichbare wissenschaftliche Arbeiten sowie Dissertationen aus allen Teilbereichen der Archäometrie, mit besonderem Augenmerk auf innovativen und wirkungsvollen Ansätzen. Ziel ist es, den wissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern, Vernetzungsmöglichkeiten zu schaffen und die Sichtbarkeit der Archäometrie zu erhöhen.

Die Einrichtung des Nachwuchspreises – und speziell wie er heißen soll – wurde bei der diesjährigen Mitglieder-



Ergebnis der Online-Abstimmung: Wie soll der Nachwuchspreis des AK Archäometrie heißen?

versammlung im März 2025 in Dresden diskutiert. Im Anschluss konnten sich alle Mitglieder des Arbeitskreises Archäometrie bei einer anonymen Online-Abstimmung an der Namensfindung beteiligen. Die deutliche Mehrheit sprach sich für den Namensvorschlag Gerhard-Schulze-Nachwuchspreis aus. Der Namensgeber, Professor Gerhard Schulze, vertrat auf einer Professur das Fachgebiet analytische Chemie an der Technischen Universität Berlin, war viele Jahre auch Vorsitzender unseres Arbeitskreises und trieb die Etablierung der archäometrischen Forschung in der analytisch-chemischen Community maßgeblich voran. Die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses war ihm stets ein Herzensanliegen.

Die feierliche Verleihung des Preises erfolgt im Rahmen der Archäometrie-Session bei der *analytica conference*, die vom 24. bis 26. März 2026 in München stattfinden wird. Im Anschluss hat die Preisträgerin/der Preisträger die Gelegenheit, die ausgezeichneten Forschungsergebnisse in einem Vortrag vorzustellen.

Die vom Arbeitskreis Archäometrie organisierte Session steht diesmal unter dem Thema „Archaeometry: Novel developments and research highlights“. Der Vorstand freut sich über Zusagen hervorragender Wissenschaftler:innen. Drei weitere Vorträge präsentieren neue Entwicklungen, etwa aus der Archaeolipidomics und der Vor-Ort-Analytik in der Kulturerbeforschung. Interessierte Teilnehmende der Konferenz und der Messe sind herzlich eingeladen, die Archäometrie-Session bei der *analytica conference 2026* zu besuchen.

Anika Retzmann
Ester S.B. Ferreira
Annemarie E. Kramell

Analytik in Österreich

Ganzheitliche Analytik in Innsbruck

Das Institut für Analytische Chemie und Radiochemie der Universität Innsbruck verbindet jahrhundertealte Forschungstradition mit modernster Technik und interdisziplinären Ansätzen für Spitzenforschung.



Abb. 1. Mitarbeitende am Institut für Analytische Chemie und Radiochemie mit Institutsleiter Christian Huck (ganz rechts; Foto: IACR)

■ Die Leopold-Franzens-Universität Innsbruck zählt zu den traditionsreichsten Hochschulen im deutschsprachigen Raum. Bereits seit ihrer Gründung im Jahr 1669 hat die Chemie in Lehre und Forschung einen festen Platz. Das Institut für Analytische Chemie und Radiochemie ist heute Teil des Centrums für Chemie und Biomedizin (CCB), einem modernen Forschungsgebäude am Innrain 80–82, das zahlreiche chemische und biomedizinische Disziplinen unter einem Dach vereint.

Der Standort ermöglicht eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Chemie, Pharmazie, Biologie und Medizin. Diese Vernetzung ist ein wesentliches Merkmal der Forschungskultur in Innsbruck.

Forschungsschwerpunkte

■ Das Institut für Analytische Chemie und Radiochemie (IACR) unter der Leitung von Christian Huck deckt eine beeindruckende Bandbreite an Forschungsthemen ab. Seine Arbeiten reichen von methodischer Grundlagenforschung über praxisnahe, angewandte Fragestellungen bis hin zu interdisziplinären Projekten, die verschiedene naturwissenschaftliche Disziplinen miteinander verbinden. Am Institut sind zurzeit zwei assoziierte Professoren, sechs Postdocs, acht Doktorierende, vier Masterstudierende, drei Laborant:innen, ein Techniker und zwei Institutsreferent:innen beschäftigt (Abbildung 1).

Ein zentraler Schwerpunkt liegt in der Schwingungsspektroskopie – darunter Infrarot-(IR-), Raman-, Nahinfrarot-(NIR-) und Laser-induzierte Breakdown-Spektroskopie (LIBS). Das Institut entwickelt und optimiert moderne Spektroskopietechniken, setzt zunehmend auf portable Geräte für Analysen vor Ort und nutzt fortgeschrittene chemometrische Methoden sowie hyperspektrale Bildgebung. Quantenchemische Simulationen unterstützen diese spektroskopischen Methoden, indem sie ein tieferes Verständnis der molekularen Schwingungen ermöglichen und so die Interpretation experimenteller Daten verbessern. Diese Ansätze werden erfolgreich in der Pharmazie, der Lebensmittelchemie, der Forensik und der Umweltanalytik bis hin zur Astrophysik eingesetzt (Abbildung 2).

Ein weiterer wichtiger Bereich ist die Massenspektrometrie in Verbindung mit modernen Trenntechniken. Hier erforscht das IACR die Kopplung von Flüssigchromatographie (LC) und Kapillarelektrophorese (CE) mit Massenspektrometrie (MS) für anspruchsvolle Anwendungen in Metabolomik und Proteomik. Schwerpunkte bilden in Kombination mit Schwingungsspektroskopie unter anderem die Infektions- und Allergieforschung. Zudem werden neue Strategien zur selektiven Probenvorbereitung entwickelt, etwa durch Festphasenextraktion oder MELDI (material-enhanced laser desorption/ionization).

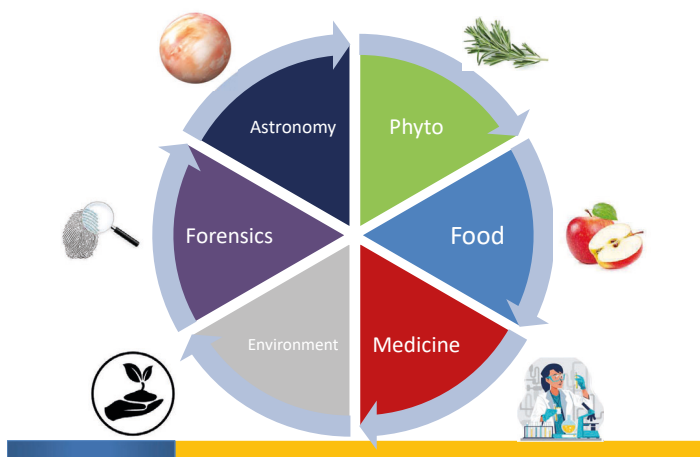


Abb. 2. Anwendungsfelder

Diese Verfahren ermöglichen es, gezielt bioaktive Substanzen in Naturstoffen und komplexen Probenmatrices zu identifizieren.

Auch die Radiochemie und nukleare Analytik haben am IACR eine lange Tradition. Darüber hinaus nimmt die Lebensmittel- und Naturstoffanalytik einen wichtigen Stellenwert ein. Die Wissenschaftler:innen arbeiten an der Authentizitätsprüfung von Produkten und dem Nachweis von Verfälschungen, charakterisieren funktionelle Inhaltsstoffe und entwickeln Methoden, um Mikroplastik und weitere Umweltkontaminanten in Lebensmitteln und biologischen Proben zu analysieren.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt in der Phytoanalytik, insbesondere in der Qualitätskontrolle von Arzneipflanzen und pflanzlichen Ausgangsstoffen für pharmazeutische Anwendungen. Zudem unterstützt das Institut die pharmazeutische Industrie, etwa beim Überprüfen von Produktionsprozessen und Ausgangsmaterialien bei der Antibiotikaherstellung. Ergänzend werden moderne Verfahren entwickelt, um per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) zu detektieren und zu quantifizieren und so diese langlebigen Umweltkontaminanten sicher nachzuweisen.

Internationale Sichtbarkeit

Das Institut für Analytische Chemie und Radiochemie ist international hervorragend vernetzt und genießt einen ausgezeichneten wissenschaftlichen Ruf.

Die Mitarbeitenden präsentieren ihre Forschung regelmäßig auf Fachkonferenzen weltweit und tragen durch Vorträge, Workshops und eingeladene Keynotes zur internationalen Sichtbarkeit des Instituts bei. Darüber hinaus engagiert sich das Institut auch als Gastgeber großer wissenschaftlicher Veranstaltungen: So wurde etwa die International Conference for Near-Infrared Spectroscopy (ICNIRS) 2023 federführend in Innsbruck organisiert, ebenso der Advanced Study Course on Optical Sensors (ASCOS) 2022, der Nachwuchswissenschaftler:innen aus aller Welt zusammenführte.

Auch in der wissenschaftlichen Publikationslandschaft ist das Institut aktiv vertreten: Mehrere Mitglieder fungieren als Gutachter:innen und Herausgeber:innen renommierter Fachzeitschriften, darunter *Spectrochimica Acta A* und *NIR News*, und tragen so zur Qualitätssicherung und Weiterentwicklung des Fachgebiets bei.

Die internationalen Kooperationen des Instituts reichen von Europa über Asien und Afrika bis nach Nordamerika. Besonders hervorzuheben sind Projekte, die den Einsatz tragbarer Spektroskopie in ressourcenlimitierten Regionen ermöglichen. Dort kommen portable Technologien unter anderem zur Authentizitätsprüfung von Lebensmitteln und zur Bestimmung der Wasserqualität zum Einsatz und eröffnen neue Perspektiven für globale Lebensmittelsicherheit und nachhaltige Entwicklung.

Lehre und Ausbildung

In der Lehre ist das IACR maßgeblich an den Bachelor- und Masterstudiengängen Chemie und Pharmazie beteiligt. Das Spektrum reicht von den Grundlagen der analytischen Chemie über Praktika bis hin zu Spezialvorlesungen in Spektroskopie, Radiochemie, Lebensmittel- und Umweltanalytik.

Doktorierende profitieren von einer engen Betreuung, modern ausgestatteten Laboren und der Einbindung in internationale Forschungsnetzwerke. Alumni des Instituts sind in Wissenschaft, Industrie, Behörden und Start-ups tätig.

Ausstattung

Das Institut für Analytische Chemie und Radiochemie (IACR) verfügt über eine moderne instrumentelle Ausstattung, die es möglich macht, vielfältige analytische Fragestellungen zu bearbeiten.

- Hochauflösende IR- und Raman-Spektrometer inklusive Imaging-

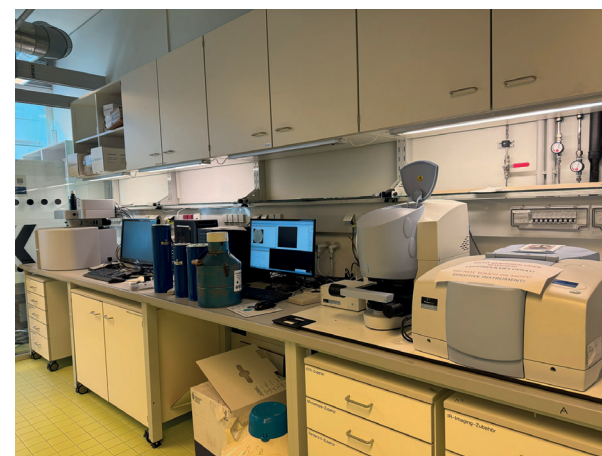


Abb. 3. Blick in das Großraum-MS- (oben) und in das Spektroskopielabor (unten; Fotos: IACR)

und Mikroskopiesysteme für detaillierte Strukturanalysen; portable Geräte für flexible Messungen außerhalb des Labors

- Mehrere NIR-Spektrometer: leistungsstarke Benchtop-Geräte für präzise Laboranalysen sowie Handheld-Systeme für schnelle Vor-Ort-Messungen und mobile Qualitätssicherung
- Massenspektrometer mit unterschiedlichen Kopplungen: LC-MS und CE-MS für Metabolomik und Proteomik; Quadrupol-Flugzeitmassenspektrometer (Q-TOF), Triple-Quadrupol-Massenspektrometer (TSQ), Orbitrap- und MALDI-Systeme (Matrix-unterstützte Laser-Desorption/Ionisation) für hochauflösende Strukturbestimmung und Molekülidentifizierung
- Geräte zur Probenvorbereitung und Festphasenextraktion für die selektive Anreicherung, Reinigung und Konzentration komplexer Proben
- Radiochemisches Labor, ausgerüstet für die sichere Bearbeitung radioaktiver Isotope und Umweltproben
- Hyperspektralkameras und chemometrische Softwarepakete, um räumlich aufgelöste chemische Informationen aufzunehmen und große Datensätze mit modernen multivariaten Auswertungsmethoden zu bearbeiten

Diese umfassende Infrastruktur ermöglicht es, komplexe analytische Fragen sowohl in der methodischen Grundlagenforschung als auch in praxisnahen, anwendungsorientierten Projekten zu bearbeiten.

Aktuelle Projekte

■ Zu den aktuell laufenden Projekten am Institut gehört unter anderem die Analytik von Mikroplastik in Lebensmitteln und Umweltproben, die einen wichtigen Beitrag zum Verständnis und zur Bewertung potenzieller Belastungen leisten. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Detektion und Quantifizierung von PFAS.

Zudem entwickeln wir neue Ansätze in der Handheld-Spektroskopie, die schnelle und präzise Vor-Ort-Analysen in der Pharmazie sowie in der Lebensmittelchemie ermöglichen. Ergänzend werden pharmakognostische Projekte in enger Zusammenarbeit mit der pharmazeutischen Industrie durchgeführt, die sich unter anderem auf die Qualitätskontrolle pflanzlicher Ausgangsstoffe und die Identifizierung bioaktiver Naturstoffe konzentrieren.

Kooperationen und Drittmittelprojekte

■ Aus der Arbeit des Instituts sind in den vergangenen Jahren mehrere erfolgreiche Ausgründungen und enge Kooperationsstrukturen hervorgegangen. So wurde das Labor für Innovative Analytik (LIA) gegründet, das hochspezialisierte Analysedienstleistungen für Industrie- und Forschungspartner anbietet. Ebenfalls aus dem Umfeld des Instituts entstand das Miqalab, ein Labor für Mikro-/Nanoplastik-Qualitätsanalytik, das moderne spektroskopische und chemische Methoden kombiniert.

Darüber hinaus besteht eine enge Zusammenarbeit mit dem Austrian Drug Screening Institute (ADSI) unter der Leitung von Günther Bonn. Diese Kooperation stärkt die Schnittstelle

zwischen Grundlagenforschung und pharmazeutischer Anwendung und fördert die Entwicklung neuer Analytik für Wirkstoffsicherheit und Arzneimittelentwicklung.

Ergänzend pflegt das Institut intensive Kooperationen mit Johannes Pallua und Rohit Arora von der Medizinischen Universität Innsbruck, die gemeinsame Projekte in der medizinischen Diagnostik und bei Spektroskopieverfahren vorantreiben.

Nachwuchsförderung und Diversität

■ Das Institut legt großen Wert auf Nachwuchsförderung. Studierende werden früh in Forschungsprojekte eingebunden, Bachelor- und Masterarbeiten sind praxisnah ausgerichtet. Zudem wird Diversität und Chancengleichheit großgeschrieben – mit gezielten Maßnahmen zur Förderung von Frauen in der Wissenschaft.

Fazit

■ Das Institut für Analytische Chemie und Radiochemie der Universität Innsbruck vereint Tradition und Moderne: Es blickt auf eine lange Geschichte analytischer Forschung zurück und setzt gleichzeitig auf hochmoderne Methoden und internationale Vernetzung. Mit seiner Forschung trägt es maßgeblich dazu bei, analytische Chemie als Schlüsselwissenschaft für Gesundheit, Umwelt, Lebensmittel und Energie sichtbar zu machen.

Christian Huck
Institut für Analytische Chemie
und Radiochemie
Leopold-Franzens-Universität Innsbruck
Christian.W.Huck@uibk.ac.at
<https://uibk.ac.at/acrc>



FACHGRUPPE
GESCHICHTE
DER CHEMIE

G D Ch
rethinking chemistry

SIGRID PEYERIMHOFF:
AB INITIO – EIN LEBEN
FÜR DIE QUANTENCHEMIE
CA. 170 S. / 80 ABB. /
39,80 €
ORDER HERE:
L-I-C.ORG/1138
X.COM/LIVESINCHEM

PFAS in Honigbienen

Insekten ermöglichen Schadstoff-Monitoring in der Umwelt

■ Forschende der Universität Graz haben mithilfe von Honigbienen das Vorkommen per- und polyfluorierter Alkylsubstanzen (PFAS) zu unterschiedlichen Zeiten und in verschiedenen Landnutzungsbereichen untersucht. Die Studie zeigt, dass sich Bienen und die von ihnen gesammelten Pollen auszeichnen für das Monitoring von Umweltgiften eignen. Die Insekten nehmen die Schadstoffe auf und lassen Rückschlüsse auf deren räumliche und saisonale Verteilung zu.

„In fast allen von uns untersuchten Bienen und Pollen wurde PFAS in quantifizierbaren Mengen nachgewiesen“, berichtet Jörg Feldmann. Der Chemiker der Uni Graz war Umweltgiften auch schon in Wildschweinen und Walgehirnen auf der Spur (siehe *Mitteilungsblatt* 04/2024, *Anm. d. Red.*). „Beim Monitoring von Schadstoffen haben Bienen diesen Säugetieren aber einiges voraus. Weil sie nur wenige Wochen leben, können sich die Chemikalien, die sie aufnehmen, nicht längere Zeit in ihrem Körper anreichern. Damit liefern die gemessenen Konzentrationen immer aktuelle Informationen über das Vorkommen der Umweltgifte“, erklärt der Biologe Robert Brodschneider.

Für ihre jüngste Studie zu PFAS in Bienen und Pollen haben die Forschenden von April bis August Daten an sechs Standorten in Oberösterreich, Niederösterreich und der Steiermark mit unterschiedlicher Landnutzung gesammelt, in städtischen und halbstädtischen, ländlichen und landwirtschaftlich genutzten Bereichen. Bemerkenswert waren zeitliche und räumliche Unterschiede. Standortspezifische PFAS-Muster wiesen auf potenzielle Kontaminationsquellen hin, wie den Einsatz von Pestiziden, die Fluor enthalten. Kein direkter Zusammenhang zeigte sich mit der Art der Landnutzung.

„Insgesamt haben wir in 90 Proben neun verschiedene PFAS nachgewiesen“, sagt Viktoria Müller, Umwelt-



Die Honigbiene sammelt mit Pollen und Nektar auch PFAS ein.

(Foto: Wikipedia/D. Delso)

chemikerin an der Uni Graz und am James Hutton Institute in Aberdeen, UK. „Bienen im Stock wiesen im Durchschnitt die höchste Summe aus allen Konzentrationen auf, gefolgt von Sammelbienen und Pollen“, führt die Forscherin weiter aus. Unterschiede im Vorkommen von PFAS zwischen den Probenotypen, insbesondere zwischen Sammlerinnen und Stockbienen, deuten auf verschiedene Kontaktwege hin, etwa die Aufnahme über Blütenstaub, Partikel aus der Luft oder kontaminierte Oberflächen. „Wir konnten zeigen, dass Sammelbienen PFAS entweder über ihren Körper oder über Nektar und Pollen in den Stock einschleppen“, sagt Müller.

„Das Wissen über saisonale und ortsgebundene Unterschiede bei den PFAS-Konzentrationen ist eine wichtige Voraussetzung, um Belastungskarten für bestimmte Gegenden erstellen zu können“, erklärt Feldmann die Bedeutung der Studie. Welche Einflussfaktoren für lokale und zeitliche Schwankungen verantwortlich sind, wird in weiteren Forschungen zu klären sein.

Quelle: Universität Graz

Originalpublikation

V. Müller, J. Feldmann, E. Prieler, R. Brodschneider, „PFAS in the buzz: Seasonal biomonitoring with honey bees (*Apis mellifera*) and bee-collected pollen“, *Environmental Pollution* 2025. doi: 10.1016/j.envpol.2025.126750

Umfrage: Fragen an den analytischen Nachwuchs

■ Wann und warum haben Sie sich für den Schwerpunkt analytische Chemie entschieden? Was ist für Sie beim Einstieg ins Berufsleben besonders wichtig? Wo möchten Sie zukünftig gerne arbeiten? Die Fachgruppe Analytische Chemie möchte einen besseren Eindruck der Studiensituation und der beruflichen Ziele unserer Nachwuchsmitglieder gewinnen. Daher lädt sie dazu ein, an einer Umfrage teilzunehmen.

Die Ergebnisse soll in einem der nächsten Mitteilungsblätter veröffentlicht werden. Die Daten werden vollständig anonym erhoben.

Fragen an den analytischen Nachwuchs



Neuer Sensor identifiziert Gase genauer mit „Blitzkamera“-System

Modulare Plattform für vielfältige Anwendungen

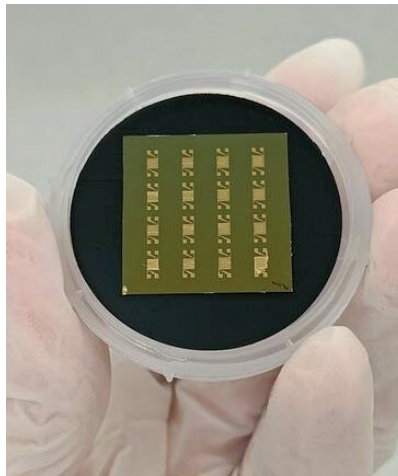
■ Von der Atemanalyse bis zur Sprengstoffdetektion: Diese Anwendungen erfordern zuverlässige elektronische Nasen. Deshalb haben Forscher der KU Leuven in Belgien eine flexible Sensorplattform entwickelt, die nicht nur Gase aufspürt, sondern auch deren Geschwindigkeit aufzeichnet – wie ein Blitz. Die Technologie, die inzwischen patentiert wurde, misst, wie schnell sich Moleküle durch ein spezielles Nanomaterial bewegen. Dies eröffnet eine breite Palette von Anwendungsmöglichkeiten.

Herkömmliche chemische Sensoren messen in der Regel, wie viel von einer bestimmten Substanz an einer Oberfläche haftet. Die Luft enthält jedoch Hunderte flüchtiger organischer Verbindungen (VOC), oft in geringen Konzentrationen und alle miteinander vermischt. Erschwerend kommt hinzu, dass Wasserdampf oft tausendmal häufiger vorkommt als die Zielsubstanzen, sodass es für viele Sensoren schwierig ist, genaue Messungen vorzunehmen. Die Folge: geringe Zuverlässigkeit und Präzision.

Die neue Sensorplattform der KU Leuven verwendet metallorganische Gerüstverbindungen (MOFs): Materialien mit einem Netzwerk von Nanoporen, die alle genau die gleiche Größe haben. Wenn sich Gasmoleküle bei einer leicht erhöhten Temperatur durch die Poren bewegen, tun sie dies je nach ihrer Struktur mit unterschiedlichen, spezifischen Geschwindigkeiten. Diese Geschwindigkeit wirkt wie ein Fingerabdruck. Durch die Messung der Geschwindigkeit können die Forscher zwischen verschiedenen Gasen unterscheiden, selbst unter schwierigen Bedingungen, bei denen herkömmliche Sensoren versagen.

Skalierbare Plattform

■ „Indem wir das metallorganische Gerüst anpassen, können wir den Sensor auf bestimmte Gase zuschneiden, ohne



Sensor auf Basis metallorganischer Gerüstverbindungen (Foto: KU Leuven)

die zugrunde liegende Technologie zu verändern“, erklärt Margot Verstreken, Bioingenieurin und Postdoktorandin an der KU Leuven. „Das System bleibt kompakt, energieeffizient und hochleistungsfähig. Selbst in feuchten Umgebungen oder bei komplexen Gasgemischen und niedrigen Konzentrationen übertrifft es die Leistung handelsüblicher elektronischer Nasen.“

Die spezifische Sensorstruktur wurde zum Patent angemeldet, denn es gibt ein breites Spektrum möglicher Anwendungen für diese Technologie. Man denke nur an einen Atemtest zur Früherkennung von Diabetes. Oder das Aufspüren von Lecks in der chemischen Industrie und von Fehlern in Lithium-Ionen-Batterien, die Überwachung der Luftqualität in Innenräumen oder im Freien oder die Verfolgung der Frische von Obst und Gemüse im Lager. Selbst versteckte Sprengstoffe oder Drogen lassen sich mit dieser Technik schneller und genauer aufspüren. Aufgrund seines modularen Aufbaus kann der Sensor an jede Aufgabe angepasst werden: Wählen Sie die richtigen MOFs, und die Plattform sorgt dafür, dass er funktioniert. „Es handelt sich nicht um einen Sensor, der für eine bestimmte Aufgabe gebaut wurde, sondern um eine modulare Plattform“, betont Verstreken.

Quelle: KU Leuven

Originalpublikation

A. Matavž, M. F. K. Verstreken, L. Boullart et al., „Kinetic selectivity in metal-organic framework chemical sensors“, *Nature Communications* 2025. doi: 10.1038/s41467-025-64199-z

Digitales Labor-managementsystem für mehr Nachhaltigkeit

Wissenschaftsministerium fördert Projekt zur Gestaltung umweltfreundlicher Laborstrukturen

■ Die Duale Hochschule Baden-Württemberg Karlsruhe startet mit dem Forschungsprojekt „ηNet – Cyber-Physical and Data Managed System“ eine Initiative zur Reduktion von Energie- und Ressourcenverbrauch in Hochschullaboren. Gefördert wird das Vorhaben durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg.

Labore sind zentrale Orte für Forschung und Lehre, verursachen jedoch zugleich einen hohen Ressourcenbedarf. Eine interne Analyse am Kunststofflabor der DHBW Karlsruhe zeigt ein bislang ungenutztes Einsparpotenzial, das sich auf einen hohen fünfstelligen Euro-Betrag pro Jahr summiert – vor allem durch fehlende Transparenz und digitale Steuerungsmöglichkeiten. Genau hier setzt ηNet an: Das cyber-physische Labormanagementsystem soll Energie-, Material- und Geräteeinsatz vernetzt erfassen, intelligent steuern und ressourcenschonend optimieren.

Zentrale Maßnahmen sind der Aufbau digitaler Zwillinge, ein smartes Energiemonitoring, KI-gestützte Planungstools sowie ein modulares Ressourcenmanagement.



Die Initiative ηNet will den Energie- und Ressourcenverbrauch in Hochschullaboren reduzieren. (Foto: DHBW KA/A. Fabry)

Pilotprojekt mit Perspektive auf landesweite Umsetzung

■ Die Pilotanwendung erfolgt im Kunststofflabor der DHBW Karlsruhe. Dort werden Maschinen, Materialien und Infrastruktur zunächst digital erfasst, um Doppelanschaffungen zu vermeiden und Nutzung effizient zu planen. Mittelfristig sollen intelligente Steuerungen den Energiebedarf einzelner Geräte reduzieren und Materialeinsätze bedarfsgerecht gesteuert werden. Langfristig wird ηNet als skalierbares System konzipiert, das auf andere Labore übertragen werden kann – mit dem Ziel, eine Grundlage für ein landesweites Roll-out zu schaffen. „Mit ηNet wollen wir zeigen, dass moderne Hochschullabore nicht nur Orte der Innovation, sondern auch Vorbilder für nachhaltiges Wirtschaften sein können“, betont Projektleiter Strand. „Durch digitale Technologien schaffen wir Transparenz, erhöhen die Effizienz und senken den Ressourcenverbrauch erheblich.“

Das Projekt läuft bis Juli 2026 und wird mit rund 35 000 Euro gefördert.

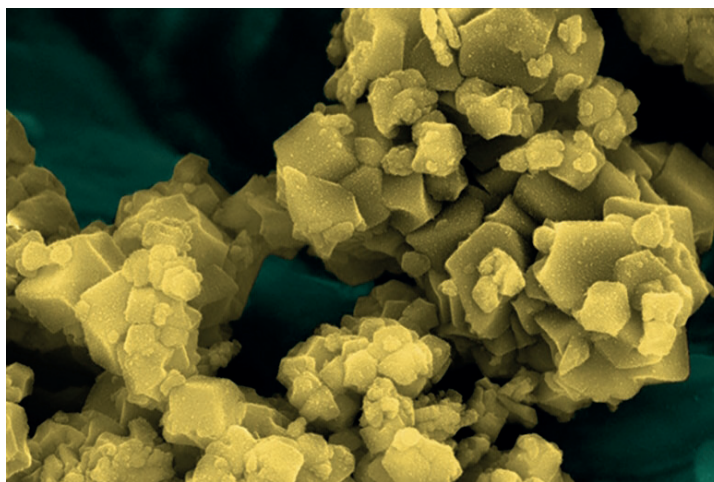
Quelle:

Duale Hochschule Baden-Württemberg
Karlsruhe

Blick ins Herz der Batterie

Dank Messtechnik der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt lassen sich chemische Prozesse in Batterien zerstörungsfrei beobachten.

■ Leistungsstarke Batterien sind der Schlüssel für E-Mobilität und Energiewende. Sie sollen zukünftig weniger knappe und schädliche Rohstoffe enthalten, umweltverträglicher produziert werden und leichter zu recyceln sein. Der Bedarf ist enorm – und innovative Messtechnik kann die Entwicklung deutlich beschleunigen. Hier setzt das neue europäische Forschungsprojekt HyMetBat (Hybrid metrology for sustainable and low-carbon footprint battery materials) an. Ziel ist es, den Übergang von Lithium-Ionen-Batterien zu ressourcenschonenderen Technologien wie Natrium-Ionen-Batterien zu unterstützen.



Synthetische Kohlenstoffe im Inneren einer Natrium-Ionen-Batterie (Bild: BAM)

„Wir wollen Herstellern Werkzeuge an die Hand geben, um Batteriematerialien präzise zu analysieren und gezielt zu verbessern“, erklärt Burkhard Beckhoff von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB), der das internationale Konsortium mit fast 30 Partnern leitet. Im Zentrum stehen neue Messverfahren und Standards, die tiefere Einblicke in die Batteriechemie und -funktion ermöglichen als bisher. So lassen sich Materialien für neue Batterietechnologien präzise charakterisieren – von der Entwicklung neuer, nachhaltiger Elektroden bis zu optimierten Recyclingverfahren.

Beteiligt sind nationale Metrologie-Institute, Universitäten und Industriepartner. „Die hohe Beteiligung zeigt, wie groß das Interesse an langlebigen, leistungsfähigen und kostengünstigen Batterien ist – nicht zuletzt für Energiesicherheit, technologische Souveränität und Wettbewerbsfähigkeit“, betont Beckhoff.

Die PTB bringt dafür eine Schlüsseltechnologie ein: die Röntgenfluoreszenzanalyse. Sie liefert hochaufgelöste Informationen über die chemischen Elemente und deren Bindungen – und das während des Betriebs einer Batterie. Ladung, Entladung und alle dabei ablaufenden chemischen Prozesse lassen sich so zerstörungsfrei und präzise beobachten. Solche Echtzeit-Einblicke waren bislang nur eingeschränkt möglich und sind für zielgerichtete Materialentwicklung von großem Wert.

Im Projekt wird die Röntgenfluoreszenzanalyse mit weiteren leistungsfähigen

Analysetechniken kombiniert. So entsteht ein vollständiges Bild der chemischen, elektrischen, strukturellen und thermischen Eigenschaften von Batteriematerialien – und damit ein tiefes Verständnis für deren komplexes Zusammenspiel, das über Kapazität, Effizienz, Energiedichte und Lebensdauer einer Batterie entscheidet.

Quelle: Physikalisch-Technische
Bundesanstalt

<https://hymetbat.inrim.it>

Lichtblick Export 2024 – aber Handelskonflikte belasten 2025

Marktzahlen Analysen-, Bio- und Labortechnik: Befragung zeigt Anpassungsstrategien der Branche

■ Die deutsche Analysen-, Bio- und Labortechnik hat 2024 trotz schwacher Inlandsnachfrage ein leichtes Umsatzplus erzielt. Der Branchenumsatz stieg um 0,8 Prozent auf 11,29 Milliarden Euro. Wachstumstreiber war das Auslandsgeschäft, das um 1,6 Prozent auf 6,07 Milliarden Euro zulegte. Die Exportquote erhöhte sich damit auf 53,8 Prozent. Im Inland ging der Umsatz leicht um 0,1 Prozent auf 5,22 Milliarden Euro zurück. Die Beschäftigtenzahl blieb mit rund 52 600 Personen stabil. (Quelle: Destatis / Spectaris, Mehrfachnennungen waren möglich) ➔

„Unsere Branche hat im vergangenen Jahr ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit unter Beweis gestellt, doch im Inland trat sie auf der Stelle. Wenn wir Deutschland als führenden Standort für Hightech und Innovation erhalten wollen, brauchen wir jetzt mutige Entscheidungen, um Bürokratie abzubauen und Investitionen zu erleichtern“, sagt Mathis Kuchejda, Vorsitzender des Fachverbands Analysen-, Bio- und Labortechnik im Deutschen Industrieverband Spectaris.

US-Zölle setzen Unternehmen unter Handlungsdruck

■ Das Auslandsgeschäft war damit der Lichtblick im Jahr 2024. Doch genau hier zeichnen sich im laufenden Jahr Probleme ab: Die internationalen Handelskonflikte verschärfen sich, vor allem durch die neuen US-Zölle. Eine Spectaris-Befragung unter Mitgliedsunternehmen der Analysen-, Bio- und Labortechnik im August 2025 zeigt, wie die Branche auf diese Herausforderung reagieren will. Rund zwei Drittel der befragten Unternehmen gaben an, ihre Preisstrategie im US-Geschäft individuell zu überprüfen. Ein gutes Drittel will sich stärker auf andere Regionen konzentrieren, ein weiteres knappes Drittel setzt auf Kosteneinsparungen im eigenen Haus. Nur wenige Unternehmen ziehen in Betracht, Investitionen in den USA zu reduzieren, sich aus dem US-Markt zurückzuziehen oder umgekehrt Produktion in die USA zu verlagern.

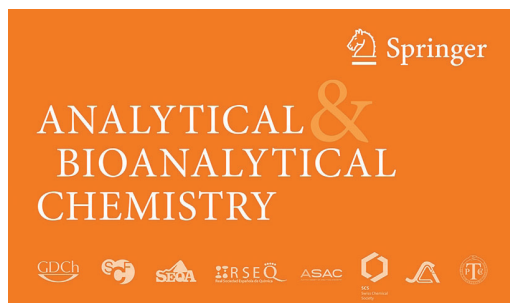
„Die Zölle treffen uns empfindlich. Unsere Unternehmen reagieren pragmatisch – mit Preisanpassungen, Effizienzsteigerungen und einer Diversifizierung der Absatzmärkte. Doch langfristig können Handelshemmnisse Innovationen ausbremsen, Investitionen am Standort gefährden und die Wirtschaft insgesamt ausbremsen. Hier braucht es politische Lösungen, unter anderem die zügige Ratifizierung des Mercosur-Abkommens“, sagt Kuchejda. Das Mercosur-Abkommen ist ein geplantes Freihandelsabkommen zwischen der Europäischen Union und den Mercosur-Staaten (Argentinien, Brasilien, Paraguay und Uruguay).

Quelle: Spectaris

Medien

ABC in Kürze

Neuigkeiten rund um Analytical and Bioanalytical Chemistry



Die neue Herausgeberin Susana Campuzano (Foto: privat)

Neues aus dem Team der ABC-Editors

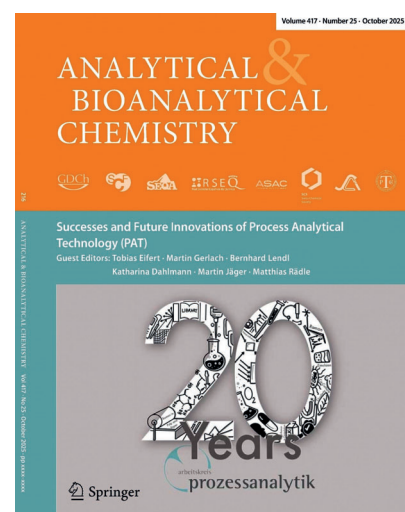
■ In dieser Ausgabe stellen wir Ihnen die dritte neue Herausgeberin von ABC vor: Susana Campuzano, Complutense Universität Madrid, Spanien. Susana war seit 2018 Mitglied des International Advisory Boards und wiederholt als Gastherausgeberin tätig. Darüber hinaus war sie Autorin und eine der aktivsten Gutachterinnen der Zeitschrift. Sie wird das Herausgeber-Team durch ihre Expertise in der elektrochemischen (Bio-)Sensorik ergänzen. Wir freuen uns auf die erweiterte Zusammenarbeit und heißen Susana herzlich willkommen!

ABC und die Themenschwerpunkte zum Jahreswechsel

■ „Celebrating Successes and Envisioning Future Innovations of PAT“: Das Gastherausgeber-Team Tobias Eifert, Martin Gerlach, Bernhard Lendl,

Katharina Dahlmann, Martin Jäger und Matthias Rädle beleuchtet anlässlich des 20-jährigen Bestehens des Arbeitskreises Prozessanalytik mit dieser Themensammlung Erfolge und Innovationen der Prozessanalytik (PAT).¹⁾ Bei Einsendeschluss waren bereits 17 Beiträge dieser Collection online mit einer breiten Themenvielfalt.

„Promising Early-Career (Bio)Analytical Researchers in 2026“: Im Januar 2026 publizieren wir wieder eine Collection, die den Forschenden gewidmet ist, die noch nicht durch eine permanente Stelle abgesichert sind.²⁾ Bei Redaktionsschluss waren 21 Beiträge online; viele weitere werden folgen. Wir danken herzlich den ABC-Herausgeber:in



Der Arbeitskreis Prozessanalytik feiert 20-jähriges Bestehen und lädt zum Lesen ein.



Fröhliche Gesichter auf der Euroanalysis in Barcelona: Martin Vogel (Universität Münster, ABC Column Editor), Slavica Ražić (Universität Belgrad, Mitglied des ABC International Advisory Boards), Nicola Oberbeckmann-Winter (Springer Nature), Marcela Segundo (Universität Porto, ABC-Herausgeberin) und Sofia Costa (Springer Nature) (von links, Foto: privat)

nen Antje Baeumner (DE), Soledad Cardenas (ES) und Alberto Cavazzini (IT).

„Green Extraction Techniques“: Miguel Herrero und Lidia Montero sind die zuständigen Gastherausgeber. Grüne Extraktionsmethoden finden zunehmend Anwendung in allen Bereichen der analytischen Chemie, da sie sich zunehmend als effizienter und nachhaltiger erweisen. Die Beiträge dieser Collection bieten Ihnen einen Einblick in dieses dynamische Forschungsfeld, das unter anderem durch Fortschritte in der grünen Probenvorbereitung eine vielversprechende Entwicklung verspricht, um ökologische und analytische Anforderungen besser miteinander zu vereinen.³⁾

ABC unterwegs

■ Das ABC-Herausgeberteam und die Redaktion freuen sich, Sie auf folgenden Veranstaltungen zu treffen oder getroffen zu haben:

- 7th International Caparica Christmas Conference on Sample Treatment 2025: 30. November – 4. Dezember in Caparica, Portugal
- Pacificchem 2025, The 2025 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies: 15.-20. Dezember in Honolulu, Hawaii, USA

- 36. Doktorandenseminar des AK Separation Science in Hohenroda: 11.-13. Januar 2026 in Hohenroda, Deutschland
- analytica: 24.-27. März 2026 in München

Im Spätsommer fand die Euroanalysis statt, dieses Mal in Barcelona. Ein großer Dank geht an Anna de Juan und das gesamte Organisationsteam für eine hervorragende Veranstaltung. Aus der Vielzahl inspirierender Vorträge möchten wir die folgenden vom Springer-Verlag gesponsorten Beiträge hervorheben:

So lesen Sie ABC online

■ Alle ABC-Ausgaben und Topical Collections sind online unter: www.springer.com/abc. Oben direkt unter dem Cover führt der Klick auf „Articles“ zu einer Übersicht der Artikel, Themenschwerpunkte („Collections“), Volumes and Issues.

Mitglieder der Fachgruppe Analytische Chemie greifen über den Mitgliederbereich MyGDCh auf den gesamten Online-Inhalt von ABC zu: www.gdch.de / MyGDCh / Fachgruppen exclusiv / FG Analytische Chemie

- „The transformative journey from green sample preparation to sustainable Analytical“: Robert-Kellner Lecture von Elia Psillakis
- „Sensors, tools for biointelligence?“: EuChemS-DAC Award Lecture von Günter Gauglitz (Seite 44)

Herzlichen Glückwunsch an ABC-Gründungsherausgeber Günter Gauglitz sowie Elia Psillakis.

Neues aus den Rubriken und mehr

■ Seit Oktober lädt wieder ein Analytical Challenge zum Rätseln ein: die „Legislative chemistry challenge“ von Column Editor Juris Meija.⁴⁾ Noch bis zum 1. Januar 2026 nehmen wir Lösungen entgegen, rätseln Sie mit!

Dieses Mal gibt es in der Rubrik „ABCs of Education and Professional Development in Analytical Science“ gleich zwei neue Beiträge, die Ihnen die Column Editors Ivo Leito, Elizabeth R. Nye, Jill Robinson und Martin Vogel zum Lesen ans Herz legen:

- Flipping the lab with AI support: a scalable model to address the theory-practice gap in analytical chemistry education⁵⁾
- Redefining the STEM PhD as a toolkit – lessons from a nontraditional career path⁶⁾

Weitere Neuigkeiten, neueste Beiträge und Schwerpunkte finden Sie auf der ABC-Homepage www.springer.com/abc.

Im Namen des Herausgeberteams und der ABC-Redaktion grüßt Sie herzlich

Nicola Oberbeckmann-Winter,
Managing Editor ABC, Springer
(ORCID iD 0000-0001-9778-1920)

Literatur

- 1) <https://link.springer.com/collections/fedcffhaja>
- 2) <https://link.springer.com/collections/gieiefgeh>
- 3) <https://link.springer.com/collections/bhfcdfhbdc>
- 4) <https://link.springer.com/article/10.1007/s00216-025-06069-7>
- 5) doi: 10.1007/s00216-025-05961-6
- 6) doi: 10.1007/s00216-025-06207-1



Wie grün ist Ihre Analytik?

Präzise Analytik und Umweltbewusstsein müssen kein Widerspruch sein: Die grüne analytische Chemie kombiniert zuverlässige Ergebnisse mit einem möglichst geringen ökologischen Fußabdruck. Zwölf Prinzipien dienen als Leitfaden nachhaltiger Laborpraxis.

■ Die Idee der grünen analytischen Chemie (GAC) entstand aus der grünen Chemie und gewann seit etwa dem Jahr 2000 in der Analytik zunehmend an Bedeutung. Ziel ist es, die Aussagekraft analytischer Ergebnisse mit einem möglichst geringen ökologischen Fußabdruck zu vereinen und einen klaren Leitfaden für eine „grünere“ Laborpraxis zu etablieren. Da die allgemeinen Prinzipien der grünen Chemie¹⁾ nicht alle Besonderheiten der Analytik adressieren, wurde ein dediziertes Set aus zwölf GAC-Prinzipien vorgeschlagen, das klassische Ziele wie Reagenzien- und Energieeinsparung, Abfall- und Risikominimierung mit analytikspezifischen Aspekten wie Direktmessungen und Miniaturisierung verbindet.²⁾

Die zwölf Prinzipien – und was sie im Labor bedeuten

■ Eine wichtige Aussage der zwölf Prinzipien der GAC (Tabelle) lautet: Wo immer möglich, sollten direkte Verfahren eingesetzt werden, um eine Probenvorbereitung zu vermeiden. Das steht im Einklang mit der Forderung nach kleinen Probengrößen und einer reduzierten Zahl an Proben – stets mit Blick auf die Repräsentativität, insbesondere bei heterogenen Matrices. In-situ-Messungen reduzieren Transport, Konservierung und damit Ressourcenverbrauch. Statistische Strategien und nichtinvasive Vortests beispielsweise mit portablen Röntgen-

fluoreszenz-(XRF-)Geräten helfen, die notwendige Probenzahl zu senken.

Methodisch fordert GAC integrierte Prozessketten, Automatisierung und Miniaturisierung: Wenn Probenvorbereitung, Reaktionen und Trennungen in einem System zusammengeführt werden, sinken die Mengen an Reagenzien, und die Abläufe werden effizienter. Ein Beispiel hierfür ist die Festphasenmikroextraktion (Solid Phase Microextraction, SPME), die eine miniaturisierte Extraktion und Probenaufreinigung umfasst und sich mit vielen GC-Autosamplern vollständig automatisieren lässt. Ebenso bevorzugt werden Multianalyten/Multiparametermethoden anstelle „ein Analyt auf einmal“ – etwa Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) statt sequenzieller Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) für Spurenmoleküle. Zusätzliche chemische Reaktionen wie Derivatisierungen sollten vermieden werden; falls unumgänglich, empfiehlt es sich, sie in bestehende Schritte zu integrieren, um Zusatzaufwand und Abfall zu minimieren.

Der Energieeinsatz ist möglichst gering zu halten, ebenso die Abfallentstehung; falls Abfall anfällt, sollten Management und Behandlung integraler Bestandteil der Methode sein. Die nachhaltigsten Verfahren generieren keinen oder nur sehr wenig Abfall (Orientierung: < 50 mL oder g); toxische Abfälle sollten möglichst online recycelt, abge-

baut oder passiviert werden. Bei Reagenzien rücken Alternativen aus nachwachsenden Quellen, ionische Flüssigkeiten, natürliche stark eutektische Lösungsmittel (Natural Deep Eutectic Solvents, NADES) oder überkritische Fluide in den Fokus. Bei den überkritischen Fluiden findet vor allem CO₂ als Extraktionsmedium in der superkritischen Flüssigextraktion (SFE) Einsatz sowie als mobile Phase in der superkritischen Flüssigchromatographie (SFC). Neben ökologischen Aspekten ist die Arbeitssicherheit explizites Ziel: weniger toxische Reagenzien, Automatisierung, Miniaturisierung und Online-Dekontamination erhöhen den Schutz des Personals.

GAC kann es erfordern, einen Kompromiss zwischen Umweltfreundlichkeit und der Leistungsfähigkeit einer Methode einzugehen. Maßnahmen wie kleinere Proben, Direktmessung oder starke Miniaturisierung können Kriterien wie Sensitivität, Präzision oder Genauigkeit beeinflussen. Viele der technologischen Fortschritte in der Analytik helfen jedoch dabei, diesen Zielkonflikt zu entschärfen.

Von Piktogrammen zu Scores

■ Um die Nachhaltigkeit analytischer Methoden zu prüfen und vergleichen zu können, wurden Bewertungswerkzeuge entwickelt.^{3,4)} Frühe Ansätze wie Life Cycle Assessment (LCA) und Environmental Impact Assessment (EIA) schufen den Rahmen, gelten aber als aufwendig; deshalb gewinnen spezifische, einfacher anwendbare Metriken an Bedeutung.

Der Analytical EcoScale (AES/ESA) arbeitet mit einem 100-Punkte-Ideal, von dem „Penalty Points“ abgezogen werden, etwa für Reagenzienmengen/-gefahren, Energie, Abfall usw.⁵⁾ Mehr als 75 Punkte gelten als exzellent, 50 bis 75 als akzeptabel, weniger als 50 als unzureichend. Al- lerdings lässt sich aus dem Zahlenwert

1. Direkte analytische Techniken einsetzen statt Probenbehandlung
2. Probenmenge und Anzahl der Proben minimieren
3. In-situ-Messungen durchführen
4. Analytische Schritte integrieren, um Energie und Reagenzien zu sparen
5. Automatisierte, miniaturisierte Methoden wählen
6. Derivatisierung vermeiden
7. Abfallmengen minimieren und Abfälle fachgerecht behandeln
8. Multi-Analyten-/Multiparameterverfahren bevorzugen
9. Energieverbrauch minimieren
10. Reagenzien aus erneuerbaren Quellen bevorzugen
11. Toxische Reagenzien eliminieren oder ersetzen
12. Sicherheit der Anwender erhöhen

Tab. Die 12 Prinzipien der grünen analytischen Chemie

nicht ableiten, welche Schritte man im analytischen Workflow hinsichtlich Nachhaltigkeit verbessern könnte.

GAPI (Green Analytical Procedure Index) bewertet 15 Kriterien von der Probenahme über Probenaufbereitung und Reagenzien bis zur Instrumentierung und Entsorgung.⁶⁾ Die Darstellung erfolgt als mehrschichtiges Piktogramm mit Fünfecken in Rot/Gelb/Grün. GAPI lässt sich auf unterschiedliche Methoden anwenden, liefert jedoch primär qualitative Informationen und eine komplexe Visualisierung. ComplexGAPI erweitert GAPI um voranalytische Schritte wie Transport, Konservierung und Lagerung. Später wurden diese Systeme mit MoGAPI und Complex-MoGAPI⁷⁾ dahingehend verbessert, dass der graphischen Darstellung eine Bewertungszahl von 0 bis 100 zugefügt wird.

AGREE (Analytical Greenness Score) bildet explizit die zwölf GAC-Prinzipien ab und generiert einen Score von 0 bis 1 in einem Piktogramm mit zwölf Segmenten für die zwölf Prinzipien.⁸⁾ Es erlaubt, die Prinzipien unterschiedlich zu gewichten, und liefert über einen fließenden Farbverlauf von Rot über Gelb nach Grün eine differenzierte graphische Darstellung, mit der sich die positiven und negativen Aspekte einer Methode einfach analysieren lassen. Ein ähnliches System, das sich nur auf die Probenvorbereitung basierend auf den zehn Prinzipien der Grünen Probenvorbereitung fokussiert, ist AGREEprep.⁹⁾ Sowohl für die GAPI-Systeme als auch für AGREE und AGREEprep sind Software-Tools frei verfügbar.

Das AGREE-Tool ist ein weit verbreitetes Werkzeug, um die Umweltfreundlichkeit analytischer Methoden zu bewerten. Die Abbildung zeigt die Anwendung von AGREE am Vergleich zweier ISO-Methoden zur Bestimmung flüchtiger organischer Verbindungen (Volatile Organic Compounds, VOCs) in Wasser. ISO-Standard 17943:2016 ist deutlich nachhaltiger, da er mit SPME eine Probenvorbereitung nutzt, die bereits fünf der zwölf Prinzipien adressiert (Miniatursierung und Automatisierung, Integration analytischer Schritte, Abfallminimierung, Sicherheit der Anwender, Eliminierung toxischer Reagenzien). Dagegen erfolgt in ISO 10103:1997 noch eine Flüssig-Flüssig-Extraktion der VOCs mit Pentan. Der einzige Punkt, in dem

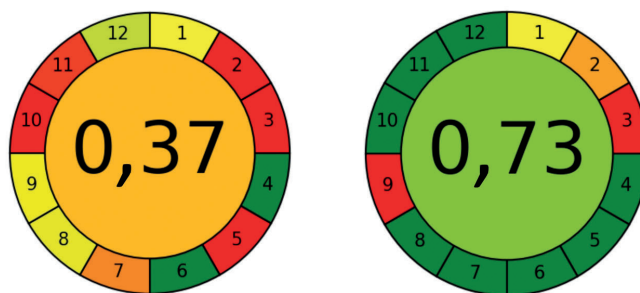


Abb. Vergleich von ISO 10103:1997 (links) und ISO 17943:2016 zur Bestimmung flüchtiger organischer Verbindungen mit dem Analytical Greenness Score (AGREE). Wie man aus dem Score ablesen kann, ist ISO-Standard 17943:2016 deutlich nachhaltiger. An den Färbungen in den zwölf Segmenten erkennt man, welche Prinzipien der grünen analytischen Chemie die Methode besser umsetzt.

ISO 17943 weniger umweltfreundlich ist, ist der Stromverbrauch: Es nutzt ein GC-MS/MS statt GC mit Flammenionisationsdetektor (FID) oder Electron Capture Dissociation (ECD). Die nachhaltigere ISO 17943 umfasst übrigens mehr Analyten (63 statt 15) und erzielt niedrigere Bestimmungsgrenzen sowie bessere Reproduzierbarkeit.

Darüber hinaus gibt es zahlreiche andere Messsysteme, die jedoch nicht alle analytischen Techniken abdecken. Zwei davon sind der Analytical Method Greenness Score (AMGS) und die Analytical Method Volume Intensity (AMVI). AMGS adressiert insbesondere LC-Methoden mit Gerätestrombedarf, Gefährlichkeit und Umweltaspekten der Lösungsmittel. AMVI quantifiziert für HPLC-Verfahren den Lösemittelverbrauch als einfache Kennzahl, ignoriert jedoch deren Toxizität und analytische Schritte wie Probenvorbereitung.

Das Konzept der weißen analytischen Chemie (WAC) adressiert neben dem Umwelteinfluss („grün“) auch die Leistungsparameter („rot“) und die Praktikabilität/Kosten („blau“) einer Methode im RGB-Modell.¹⁰⁾ Deren zwölf Prinzipien fassen zusammen: Reichweite/Anwendungsbereich, Sensitivität, Präzision und Richtigkeit (R₁–R₄), Toxizität/gefährliche Lösungsmittel, Abfall, Energie und Schutz von Mensch/Umwelt (G₁–G₄) sowie Kosten und Zeiteffizienz, Anforderungen der Analysenstufe und Handhabbarkeit/Portabilität (B₁–B₄). In Studien zeigten der RGB-Ansatz und AGREE hohe Übereinstimmung, wenn es darum geht, die nachhaltigste Methode zu identifizieren, trotz unterschiedlicher Kriterienlogik.

Fazit

Die zwölf GAC-Prinzipien liefern den inhaltlichen Rahmen, um nachhaltiger in der analytischen Chemie zu arbeiten. Messsysteme wie AES, GAPI und AGREE ermöglichen es, unterschiedliche analytische Methoden für die gleiche Fragestellung zu vergleichen, und machen so den ökologischen Einfluss transparent.

Frank Michel
Merck, Taufkirchen
www.sigmaaldrich.com
frank.michel@merckgroup.com

Literatur

- 1) P. T. Anastas, J. C. Warner, *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press, Oxford, 1998
- 2) A. Gałuszka et al., *Trends Anal. Chem.* 2013, 50, 78–84. doi: 10.1016/j.trac.2013.04.010
- 3) M. Sajid, J. Plotka-Wasyłka, *Talanta* 2022, 238, 123046. doi: 10.1016/j.talanta.2021.123046
- 4) S. I. Kaya et al., *Green Anal. Chem.* 2024, 11, 100159. doi: 10.1016/j.greeac.2024.100159
- 5) A. Gałuszka, Z. M. Migaszkowski, P. Konieczka, J. Namiesnik, *Trends Anal. Chem.* 2012, 37, 61. doi: 10.1016/j.trac.2012.03.013
- 6) J. Plotka-Wasyłka, *Talanta*, 2018, 181, 204. doi: 10.1016/j.talanta.2018.01.013
- 7) F. R. Mansour, K. M. Omer, J. Plotka-Wasyłka, *Green Anal. Chem.* 2024, 10, 100126. doi: 10.1016/j.greeac.2024.100126
- 8) F. Pena-Pereira, W. Wojnowski, M. Tobiszewski, *Anal. Chem.* 2020, 92, 10076. doi: 10.1021/acs.analchem.0c01887
- 9) W. Wojnowski, M. Tobiszewski, F. Pena-Pereira, E. Psillakis, *Trends Anal. Chem.* 2022, 149, 116553. doi: 10.1016/j.trac.2022.116553
- 10) P. M. Nowak, R. Wietecha-Posuszny, J. Pawliszyn, *Trends Anal. Chem.* 2021, 138, 116223. doi: 10.1016/j.trac.2021.116223

Nachhaltige Flüssigchromatographie

So wird Wandel selbst in konservativen Feldern der Analytik möglich: Eine Lebenszyklusanalyse für LC-Systeme beim Hersteller Agilent zeigt, wo grünes Potenzial steckt.

■ Wer im Chemiepraktikum stand, erinnert sich vielleicht an die Kjeldahlsche Stickstoffbestimmung: Proben kochen in Schwefelsäure, Ammoniak wird destilliert, per Hand titriert. Diese Methode prägte über ein Jahrhundert die Stickstoffbestimmung – zuverlässig, aber gefährlich, langsam und abfallintensiv. Dann kam die Dumas-Verbrennung: Hochtemperatur statt Säurebad, Ergebnisse in Minuten, keine giftigen Reagenzien, weitgehend automatisiert. Ziel und Ergebnisse blieben gleich, der Weg wurde sicherer und ressourcenschonender. Dieses Beispiel zeigt: Wenn Nachhaltigkeit und analytische Qualität vereinbar sind, kann eine ganze Technik durch eine bessere ersetzt werden.¹⁾

Doch nicht jede Methode lässt sich so einfach ablösen. Die Flüssigchromatographie (LC) ist in vielen Bereichen unverzichtbar. Sie hat einzigartige Trenn- und Nachweisfähigkeiten, etwa für hochpolare, nicht flüchtige oder thermisch instabile Substanzen wie Zucker, Aminosäuren oder Vitamine – für die Gaschromatographie ungeeignet. Auch komplexe Gemische, Isomere und chirale Verbindungen verlangen nach der Selektivität der LC. Wasserreiche Proben lassen sich ohne Derivatisierung analysieren, und die LC-MS ist Standard in der Spurenanalytik. LC ist etabliert, flexibel und bleibt trotz Nachhaltigkeitsdebatten oft alternativlos.²⁾

Im Spannungsfeld von Präzision und Nachhaltigkeit

■ Mit wachsendem Umweltbewusstsein hat die grüne analytische Chemie einen Paradigmenwechsel eingeleitet: Umweltbelastungen minimieren, ohne Genauigkeit und Präzision zu opfern. In der LC bedeutet das: Lösungsmittelverbrauch, Energiebedarf und Abfallströme erkennen und gezielt reduzieren. Erst wenn ökologische Hotspots messbar sind, kann aus einem grünen Konzept eine praktikable Strategie werden.³⁾

Für Gerätehersteller ergibt sich daraus ein komplexes Pflichtenheft:

Technik, Markt und Regulierung müssen zusammengedacht werden. Kundinnen und Kunden erwarten nachhaltige Lösungen – weniger Lösungsmittel, geringerer Energieverbrauch – aber nicht um jeden Preis. Das „Green Consumer Paradox“ zeigt: Die Nachfrage ist hoch, die Zahlungsbereitschaft begrenzt. Gleichzeitig wächst der regulatorische Druck, etwa durch ESG-Vorgaben (Environmental Social Governance) der Vereinten Nationen und Finanzinstituten oder durch die internationale Umweltmanagementnorm ISO 14001. Entscheidend bleibt, dass Performance und Methodenkompatibilität nicht leiden.⁴⁾

So wird die LC grüner

■ Klassische HPLC-Systeme verbrauchen große Mengen Acetonitril oder Methanol. Hersteller müssen Hardware und Software so weiterentwickeln, dass der Verbrauch sinkt – etwa durch Konzepte der Ultra High Performance Liquid Chromatography (UHPLC), schmalere Säulen, intelligente Fluss- und Temperaturprofile. Die Integration grüner Lösungsmittel wie Ethanol oder Wasser, der Einsatz superkritischer Fluidchromatographie oder die Miniaturisierung erfordern neue Materialien und Komponenten.⁵⁾ Energieeffizienz rückt in den Fokus: stromsparende Bauteile, Standby-Modi und optimierte Heiz- und Kühlkonzepte sind gefragt. Labore erwarten belastbare Metriken – etwa CO₂-Fußabdruck pro Analyse oder Lösungsmittelbilanz pro Lauf – idealerweise direkt im Gerätemanagement sichtbar.⁶⁾

Allerdings: Innovationen kosten – gleichzeitig drücken Wettbewerb und Beschaffung die Margen. Nachhaltigkeit ist als betriebswirtschaftlicher Mehrwert zu positionieren: geringere Betriebskosten, vereinfachte Entsorgung, Zeitgewinne, ESG-Compliance. Wer früh investiert, kann sich langfristige Vorteile sichern, denn Regulierung und Kundenerwartungen steigen weiter.⁷⁾

Kennzahlen für klare Entscheidungen

■ Lebenszyklusanalysen (LCA) sind prädestiniert, diese Transformation faktenbasiert zu steuern. Sie betrachten Rohstoffe, Herstellung, Nutzung und Entsorgung und machen versteckte Umweltlasten sichtbar. Eine LCA liefert vergleichbare Kenngrößen – CO₂-Fußabdruck, Energiebedarf, Abfallmengen – und schafft eine solide Grundlage für Designentscheidungen. Sie unterstützt interne Investitionen und externe Kommunikation, etwa in ESG-Berichten. Eine Herausforderung bleibt die Skalierbarkeit: Während einzelne Studien in die Tiefe gehen, ist eine breite Anwendung für Hersteller aufwendig.⁸⁾

Agilent hat im Oktober 2024 zum Produktstart der Serie Infinity III LC (Abbildung 1) eine Lebenszyklusanalyse durchgeführt – ergänzt durch eine ACT-Zertifizierung (My Green Lab). Die Analyse betrachtete die Herstellung („Cradle to Gate“) der Geräte nach ISO 14701 und zeigte, welche Komponenten den größten Umweltbeitrag leisten (Abbildung 2). So hat etwa der geringe Goldanteil (0,0004 %) durch seinen hohen



Abb. 1. Das Agilent-LC-System 1290 Infinity III wurde einer Lebenszyklusanalyse unterzogen. (Foto: Agilent)

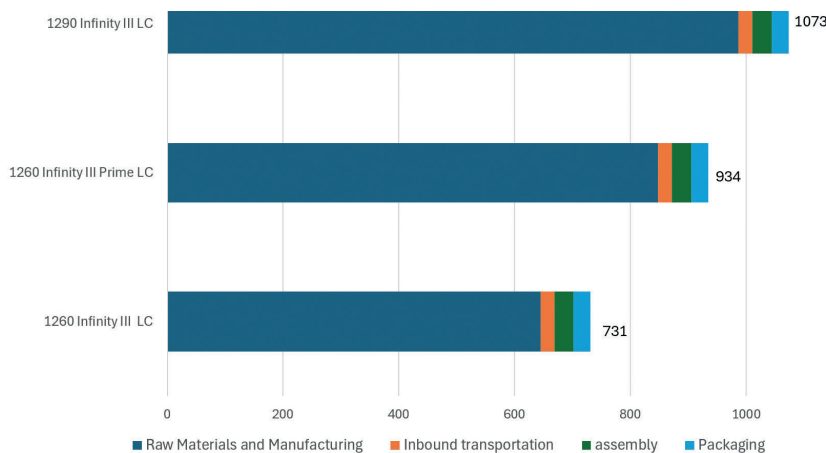


Abb. 2. Ergebnis der Analyse des CO₂-Fußabdruckes dreier Infinity-III-Systeme („Cradle to Gate“)

Umweltfaktor einen signifikanten Einfluss; Gold wird in HPLC-Geräten an Stellen verwendet, wo eine hohe Dichtigkeit unter Druck gewährleistet werden muss.

Auch Stahl ist ein relevanter Faktor: Über 20 Prozent des CO₂-Fußabdrucks eines HPLC-Systems entfallen auf diesen Werkstoff. Obwohl Stahl bereits zu 32 bis 35 Prozent aus Sekundärrohstoffen besteht, könnte der Einsatz zertifizierten Recyclingstahls mit bis zu 85 Prozent Sekundärmaterial den modellierten Wert weiter senken.

Die Analyse zeigt zudem, dass der Umstieg auf erneuerbare Energien in der Fertigung den CO₂-Fußabdruck eines 1260-Infinity-III-LC-Systems um 3,8 Prozent reduziert (Abbildung 3).

Da die bisherige LCA die Nutzungsphase nicht berücksichtigt, wird aktuell eine ergänzende Studie durchgeführt. Modellierungen deuten darauf hin, dass der überwiegende Anteil der Emissionen über die angenommene Lebenszeit von zehn Jahren während des Betriebs entsteht, primär durch Energieverbrauch und Lösungsmittel. Technologische Ansätze wie UHPLC-Methoden mit reduzierten Flussraten, optimierten Säulen und modernen stationären Phasen bieten hier signifikantes Potenzial, den Energie- und Lösungsmittelverbrauch sowie die damit verbundenen CO₂-Emissionen zu senken.⁹⁾

Die Geschichte der Stickstoffanalyse zeigt, dass sich etablierte Verfahren ablösen lassen, wenn bessere Alternativen

bereitstehen. Bei der LC ist die Lage differenzierter, denn sie bleibt für viele Fragestellungen unverzichtbar. Umso wichtiger ist es, ihre Gestaltungsfreiheit zu nutzen und ökologische Hotspots messbar zu machen. So wird aus grüner Theorie eine nachhaltige Praxis – und aus Wandel ein Fortschritt.

Andreas Otto
Agilent Waldbronn

Literatur

- 1) AOAC Official Method 990.03 (Kjeldahl) und 992.15 (Dumas)
- 2) Forrester Research, Experience-Based Differentiation, 2007
- 3) P. T. Anastas, J. C. Warner, „Green Chemistry: Theory and Practice“, Oxford University Press, 1998. doi: 10.1093/oso/9780198506980.003.0004
- 4) F. Testa et al., „The Green Consumer Paradox“, Journal of Business Research 2019. doi: 10.1016/j.jbusres.2018.11.054
- 5) GAC Green Analytical Chemistry Metrics, ACS Sustainable Chem. Eng. 2020, 8, 1, 8–13. doi: 10.1021/acssuschemeng.9b05045
- 6) My Green Lab ACT Label Program, www.mygreenlab.org.
- 7) M. E. Porter, M. R. Kramer, „Creating Shared Value“, Harvard Business Review 2011.
- 8) ISO 14040:2006, Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework.
- 9) E. Naegele, S. Schipperges, „Reduced Solvent Use and Analysis Time According to USP Methods“, Agilent Application Note 2024. www.agilent.com/cs/library/applications/an-reduced-solvent-use-usp-621–5994–6126en-agilent.pdf

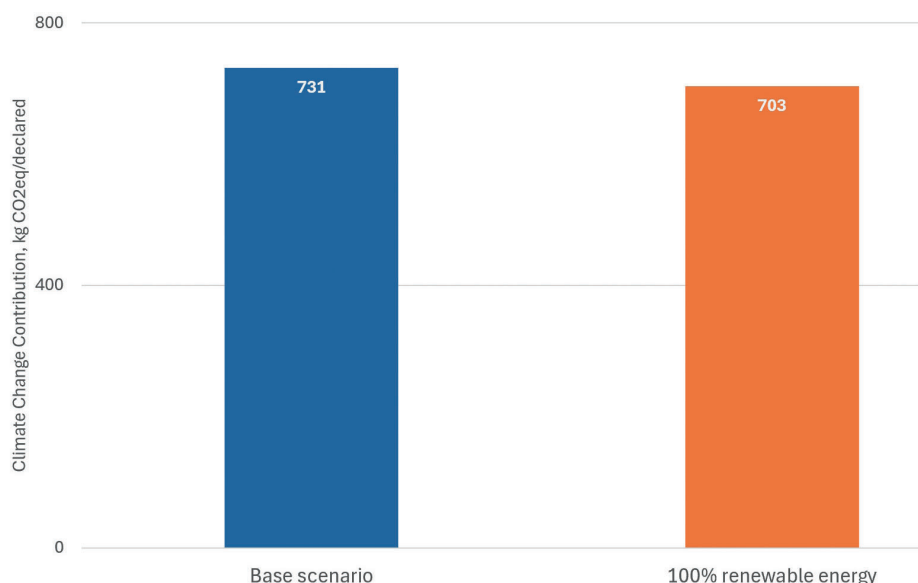


Abb. 3. Durch erneuerbare Energie im Produktionsprozess lässt sich der CO₂-Fußabdruck („Cradle to Gate“) der Agilent 1260 Infinity III Systeme um 3,8 Prozent reduzieren.

Wasserstoff statt Helium in der Gaschromatographie

Helium wird knapp und teurer – Wasserstoff bietet eine nachhaltige, kostengünstige und leistungsfähige Alternative in der GC-(MS-)Analyse. Mit schnelleren Trennungen, lokaler Erzeugung und nahezu CO₂-neutraler Produktion rückt das Ersatzgas in den Fokus. Doch wie schlägt sich Wasserstoff im direkten Vergleich mit Helium?

■ Helium ist seit langem das bevorzugte Trägergas in der GC-(MS-)Analyse, weil seine Eigenschaften eine hohe Empfindlichkeit der Detektoren und eine exzellente Trennleistung ermöglichen. Doch die knappe, global begrenzte Versorgung bei gleichzeitig steigender Nachfrage – etwa in der MRT-Kühlung, Raumfahrt und bei Halbleitern – treibt die Preise nach oben.

Das macht Wasserstoff als Alternative interessant: Seine geringere Viskosität erlaubt höhere Flussraten und damit schnellere chromatographische Trennungen, was besonders für Routineanalysen in großen Laboren vorteilhaft ist. Zudem ist Wasserstoff kostengünstiger und unabhängig von fragilen Lieferketten, da sich das Gas per Elektrolyse lokal erzeugen lässt. Vor-Ort-Generatoren decken den Bedarf zuverlässig und können – bei Strom aus erneuerbaren Quellen – die Produktion nahezu CO₂-neutral machen. Das zeigt ein Merkblatt des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle von 2025: Helium liegt bei 11,6 Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Tonne; CO₂-armer Wasserstoff bei 3,3 und bei 0 Tonnen, wenn die Energie erneuerbar ist.¹⁾

Damit bietet Wasserstoff eine leistungsfähige, kosteneffiziente und klimafreundliche Alternative, die Versorgungssicherheit und schnelle Analysen

zuverlässig gewährleistet und vor Ort Kosten spart.

PAK-Trennung in weniger als 11 Minuten

■ Im Labor von Shimadzu Europa wurde die Leistungsfähigkeit von Wasserstoff im Vergleich zu Helium getestet.²⁾ Sechs typische polychlorierte Biphenyle (PCBs) und sechzehn bei der US-Bundesumweltschutzbehörde (EPA) gelistete polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs) wurden für die Analyse in einem Konzentrationsbereich von 0,5 bis 200 ppb vorbereitet. Die Messungen fanden mit GC-MS in Kombination mit einem Headspace-Sampler statt. Dabei kamen sowohl Wasserstoff als auch Helium als Trägergase zum Einsatz.

Ergebnis: Mit der Kapillarsäule SH RXI XLB (20 m × 0,18 mm, 1 µm) gelang eine vollständige Trennung der PAKs und PCBs in weniger als 19 Minuten (klassische Methode), sowohl mit Wasserstoff als auch mit Helium. Mit einer noch schnelleren FAST-GC-Methode lassen sich Messzeiten von etwa 11 Minuten erreichen, sodass etwa die Hälfte der Zeit gespart wird. Die beiden PAKs Dibenz(a,h)anthracen und Indeno(1,2,3-cd)pyren werden dabei zwar nicht mehr getrennt; allerdings fordern auch nur wenige Regularien diese Trennung.

Helium versus Wasserstoff

■ Helium bietet in der gaschromatographischen Analyse eine bessere Trennleistung als Wasserstoff. Bei der Optimierung von GC-Methoden für eine möglichst schnelle Analytik, wie sie häufig mit Fast-GC-Säulen (etwa SH RXI XLB) durchgeführt wird, ergeben sich jedoch spezifische Anforderungen. Fast-GC erfordert deutlich höhere Gasflüsse, die außerhalb des optimalen Bereichs für Helium liegen. In solchen Fällen zeigt Wasserstoff klare Vorteile.

Die Unterschiede zwischen den beiden Trägergasen werden bei der Trennung der Isomeren von Benzofluoranthen deutlich: Mit Wasserstoff gelingt die Trennung dieses Peak-Paares bei einer linearen Geschwindigkeit von 95 cm/s (Abbildung 1, links). Helium hingegen ermöglicht eine Trennung erst bei einer deutlich reduzierten Geschwindigkeit von 40 cm/s (Abbildung 1, rechts). Selbst dann bleibt die Trennleistung schwächer, und die Retentionszeiten verschieben sich um etwa 90 Sekunden.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen Wasserstoff und Helium zeigt sich in der Empfindlichkeit der Messungen. Mit einer Viskosität von 8,8 µPa/s (bei 20 °C) ist Wasserstoff weniger viskos als Helium mit einem Wert von 19,7 µPa/s. Dies hat zur Folge, dass die Turbomolekularpumpe im Massenspek-

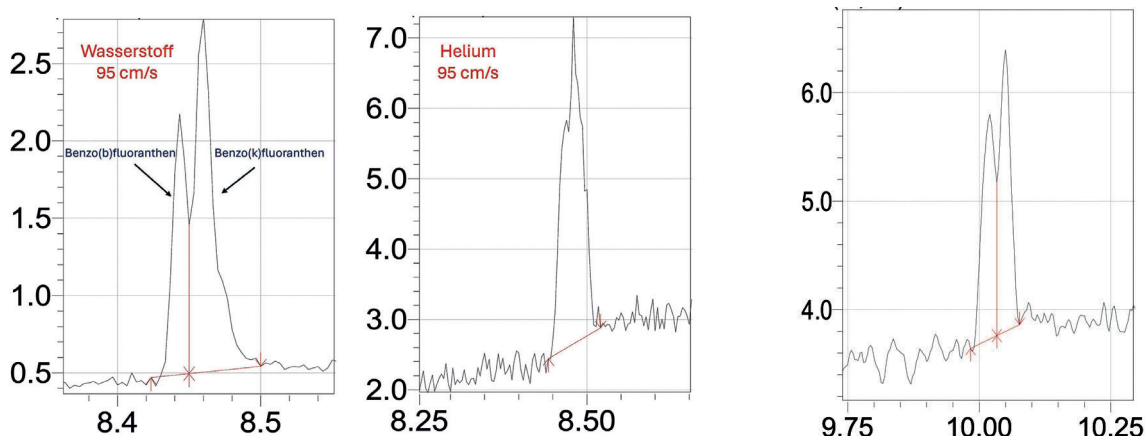


Abb. 1. Trennung der Benzofluoranthene a) bei 95 cm/s mit Wasserstoff (links) oder Helium (Mitte) und b) mit Helium bei 40 cm/s (rechts)



Analyt	Gemessenes S/N	
	unter Wasserstoff	unter Helium
Acenaphthylen	40	85
Acenaphthen	28	73
Fluoren	62	86
Phenanthren	88	103
Anthracen	87	96
Fluoranthren	50	99
Pyren	42	95
Benz(a)anthracen	108	211
Chrysen	162	287
Benzo(b)fluoranthren	42	40
Benzo(k)fluoranthren	50	60
Benzo(a)pyren	29	35
Dibenz(a,h)anthracen	75	72
Indeno(1,2,3-cd)pyren	75	72
Benzo(g,h,i)perylene	113	120
PCB 28	156	174
PCB 52	23	26
PCB 101	31	48
PCB 118	25	49
PCB 153	39	74
PCB 138	32	52
PCB 180	20	23

Tab. Gemessene Signal-zu-Rausch-Verhältnisse (S/N) unter Helium und Wasserstoff bei 0,5 µg/L

trometer ein geringeres Hochvakuum erzeugt, was die Empfindlichkeit des GC-MS reduziert.

Zudem ist Wasserstoff nicht vollständig inert und wird teilweise in der MS-Ionenquelle ionisiert. Dies führt zu einem verstärkten Hintergrundrauschen und einem schlechteren Signal-zu-Rausch-Verhältnis (S/N-Wert), wie der Vergleich der Trennung von 16 PAKs und 7 PCBs in der Tabelle verdeutlicht. Eine übersichtliche statistische Analyse

wird durch das Berechnen der Verhältnisse der beiden S/N-Werte möglich (Abbildung 2).

Es ist schwierig, den Einfluss von Wasserstoff auf die Empfindlichkeit des GC-MS pauschal zu quantifizieren. Abbildung 2 zeigt, dass etwa die Hälfte der 23 analysierten Polyaromaten und PCBs eine vergleichbare Empfindlichkeit unter Wasserstoff und Helium aufweist. Deutliche Unterschiede mit einem Faktor von mehr als 2 wurden lediglich bei

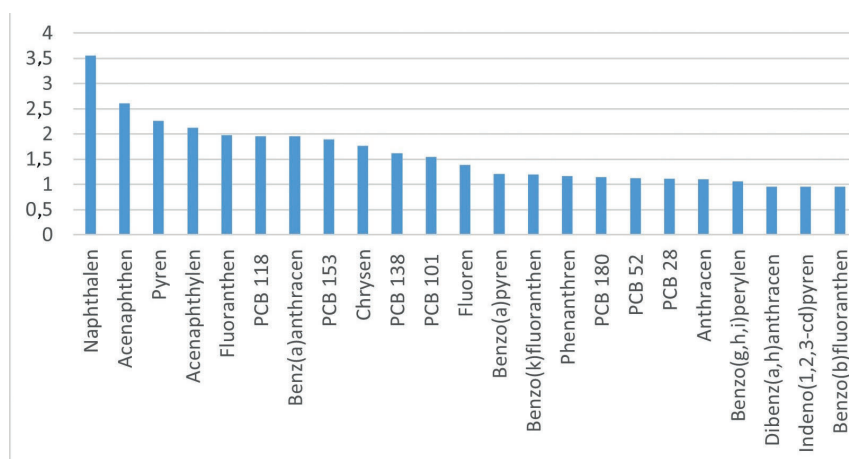


Abb. 2. Verhältnisse der Signal-zu-Rausch-Signale (S/N) von Helium zu denen von Wasserstoff

vier Analyten beobachtet. Bei der Entscheidung für Wasserstoff als Trägergas sollte daher stets die Sensitivität verglichen werden, um zu bewerten, ob sich das Alternativgas für die jeweilige Anwendung eignet. Für die meisten Anwendungen ist die geringere Empfindlichkeit eines H₂-basierten GC-MS jedoch akzeptabel und kann – unter Berücksichtigung der genannten Vorteile – sogar von Nutzen sein.

Indem man die Methode und die Technik gezielt anpasst, lassen sich die negativen Effekte von Wasserstoff minimieren. Ein auf Wasserstoff optimiertes GC-MS-System zeichnet sich insbesondere durch eine möglichst große Turbomolekularpumpe, spezielle Fast-GC-Säulen sowie inerte Oberflächen in Injektor- und Detektorkomponenten, insbesondere der Ionenquelle, aus.

Fazit

■ Wasserstoff ist eine vielversprechende, nachhaltige und kosteneffiziente Alternative zu Helium als Trägergas in der GC-(MS-)Analyse. Seine Eigenschaften, beispielsweise die geringere Viskosität und die Möglichkeit zur lokalen, nahezu CO₂-neutralen Produktion, bieten entscheidende Vorteile, insbesondere für schnelle und routinemäßige Analysen. Auch wenn Wasserstoff in bestimmten Anwendungen eine geringere Empfindlichkeit und ein höheres Hintergrundrauschen aufweist, lassen sich diese Einschränkungen durch gezielte methodische Anpassungen und moderne Technologien weitgehend kompensieren.

Waldemar Weber und Manuel Braun
Shimadzu Europa, Duisburg

Literatur

- 1) Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, „Informationsblatt CO₂-Faktoren“, 2025.
- 2) Shimadzu Application News No. SCA_280_100, „Hydrogen as carrier gas for the high sensitive analysis of PCBs, PAHs, and VOCs“, 2020.

Mit den richtigen Analysen zu nachhaltigeren Produkten

Mit modernen Verfahren erfasst die Currenta Analytik PFAS und Mikroplastik in Umwelt und Produkten, macht so Risiken transparent und erfüllt gesetzliche Vorgaben. So schafft das Unternehmen die Grundlage für nachhaltige Entscheidungen in Industrie und Umweltschutz.

„Ich möchte wissen, ob ich PFAS in meinem Produkt habe“ – so oder so ähnlich beginnt bei uns in der Currenta Analytik eine typische Analysenanfrage seitens unserer Kunden. Sei es Chempark-intern oder als externer Kunde – durch den engen Kontakt zu den Nachbarn vor Ort und einer starken externen Vernetzung erreichen uns solche Anfragen in den letzten Monaten öfter.

Neben den klassischen materialanalytischen und pharmazeutisch-analytischen Fragestellungen werden allgemein Anfragen zum Thema Nachhaltigkeit immer häufiger. Dies betrifft zum Beispiel die Bereiche PFAS-Analytik, Mikroplastik und Recycling. Um hier unterstützen zu können, sind ein enger Kundenkontakt und das Beobachten von Trends im Marktgeschehen unabdingbar. Zudem entwickeln wir proaktiv Analysenmethoden – auch ohne, dass konkrete Kundenanfragen vorliegen. So entwickeln sich Analysenmethoden weiter und sind verfügbar, wenn konkrete Kundenbedarfe vorliegen.

PFAS-Analytik

Vor dem Hintergrund der in der öffentlichen Diskussion stark in den Fokus geratenen Stoffgruppe der per- und polyfluorierten Alkylverbindungen (PFAS) hat die Currenta Analytik Analyseverfahren für diese Stoffgruppe entwickelt. Diese Verbindungen werden vielfältig in Industrie und Alltag verwendet, zum Beispiel in Textilien, Verpackungsmaterialien und Feuerlöschschäumen. PFAS sind als „Ewigkeitschemikalien“ nur sehr schwer abbaubar.¹⁾ Einige kurzkettige PFAS stehen zudem im Verdacht, krebserregend zu sein.

Der Vorschlag der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) sieht eine Begrenzung aller Produkte vor, die mehr als 50 µg/kg Fluor enthalten.²⁾ Für Einzelkomponenten existieren seit mehreren Jahren Orientierungswerte in Umweltmedien, zum Beispiel im Abwasser oder Trinkwasser.

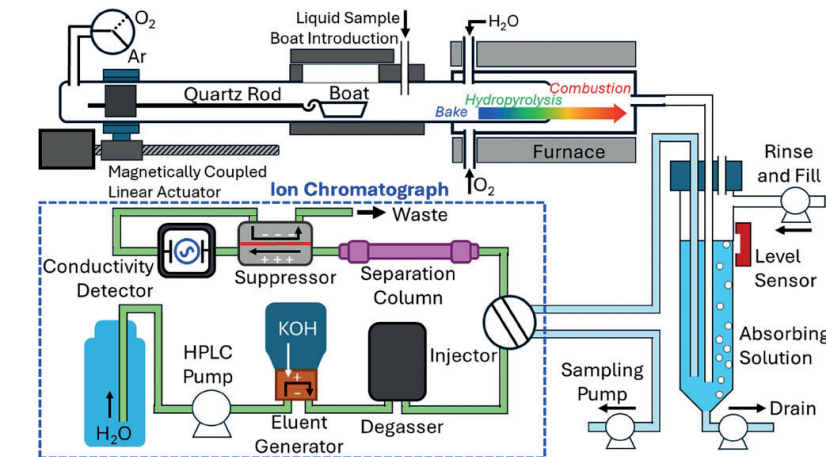


Abb. 1. Aufbau und Funktionsweise eines CIC-Systems³⁾

Für nachhaltige Produkte ist eine PFAS-Freiheit enorm wichtig. Currenta Analytik unterstützt ihre Kunden daher beim Thema PFAS vollumfänglich: Von der ersten Einschätzung der PFAS-Freiheit nach den Vorgaben der ECHA über die Messung des Gesamtfluorgehalts mittels Verbrennungssionenchromatographie (Combustion Ion Chromatography, CIC) bis hin zur gezielten Analyse auf Einzelkomponenten mittels hochselektiver Massenspektrometrie (HPLC-MS/MS). Bei letzterer haben wir uns auf wässrige Matrices spezialisiert vor dem Hintergrund unserer Tätigkeit der Umweltüberwachung.

Schnelle Gesamtfluoranalyse

Die CIC-Analyse entstand infolge des ECHA-Begrenzungsvorschlags. Currenta investierte in den Laboratorien des Fachgebiets „Kennzahlen“ frühzeitig in eine Aufschlusseinheit. Im Zuge einer Masterarbeit entstand eine Methode, die das Produktportfolio der Ionenchromatographie ergänzt. Da im Gegensatz zu klassischen ionenchromatographischen Fragestellungen das Fluor in PFAS chemisch gebunden vorliegt, ist es vor einer Bestimmung unabdingbar, einen thermischen Aufschluss mittels CIC durchzuführen.

In der CIC wird die PFAS-Probe unter Argon bei ca. 1050 °C thermolysiert

(Abbildung 1). Darauf folgt eine vollständige Verbrennung im Sauerstoffstrom. Beim Verbrennen fluorhaltiger Verbindungen entstehen HF, F₂ und verschiedenste anorganische Fluorverbindungen – das gilt aufgrund ihres hohen Fluorgehalts vor allem bei PFAS. Dadurch kann es nicht nur zu Minderbefunden in der späteren Gehaltsbestimmung kommen, sondern das Verfahren führt durch Devitrifikation auch zu einem hohen Verschleiß der Verbrennungsrohre.

Der Verschleiß und spätere Minderbefunde lassen sich verringern, indem Quarzglas durch keramische Bauteile ausgetauscht wird. Da die geforderten Nachweisgrenzen so niedrig sind, steht das Labor vor einem Dilemma: eine hohe Einwaage führt zu einem hohen Verschleiß – gleichzeitig ist eine hohe Einwaage notwendig für eine niedrige Nachweisgrenze. Eine andere Option ist es, eine hydropyrolytische Verbrennung durchzuführen oder das Verbrennungsprogramm matrixspezifisch anzupassen (Temperatur, Einwaage, Steuerung der hydropyrolytischen Verbrennung, Gasfluss).

Nach der Verbrennung werden die fluorhaltigen Verbrennungsgase in einer Absorptionslösung aufgenommen und damit in gelöster Form der Ionenchromatographie zugänglich gemacht.



PFAS-Einzelkomponentenanalyse

■ Currenta Analytik unterstützt Kunden auch bei Einzelkomponentenanalysen von PFAS, besonders in den Medien Grund-, Oberflächen- und Abwasser. Dies ist notwendig, da nicht alle PFAS gleich gut erforscht sind. Für einige wie Perfluoroctansäure (PFOA) und Perfluoroctansulfonsäure (PFOS) liegen umfangreiche Daten zur Toxizität, Bioakkumulation und Persistenz vor. Für viele PFAS fehlen jedoch noch ausreichend Daten, was eine pauschale Regulierung erschwert.^{4,5)}

Einzelne Bundesländer geben als regulatorische Anforderungen für Wassermatrizes Orientierungswerte für diese Einzelkomponenten; rechtlich verbindliche Grenzwerte fehlen.⁶⁾ Das Land Nordrhein-Westfalen hat beispielsweise als Orientierungswerte die Summe 2 PFAS (Konzentration von PFOA und PFOS in Summe) mit 0,3 µg/L sowie Summe PFAS 14 (Konzentration von vierzehn festgelegten PFAS-Komponenten als Summe) mit 1 µg/L behördlich eingeführt.⁶⁾ Aktuelle Grenzwertfestlegungen im Rahmen der Trinkwasserverordnung, die teilweise ab 2026 in Kraft treten, lassen vermuten, dass auch für Grund-, Oberflächen- und Abwasser zukünftig rechtlich verbindliche Grenzwerte folgen können.⁷⁾

Wir überwachen PFAS in wässrigen Matrizes seit über zehn Jahren vor dem Hintergrund der Orientierungswerte des Landes Nordrhein-Westfalen. Die

Einzelkomponentenanalyse erfolgt mittels Hochleistungsflüssigkeitschromatographie mit massenspektrometrischer Detektion (HPLC-MS/MS) und basiert auf dem Normverfahren nach DIN EN ISO 38407–42. Für zukünftige Anforderungen an die PFAS-Analytik setzen wir auf eine kontinuierliche Weiterentwicklung unserer Analysenmethode: Vor allem wollen wir das Komponentenspektrum erweitern und die Bestimmungsgrenzen senken.

Das Normverfahren legt nicht die Anzahl an PFAS-Komponenten fest. Für jede zusätzliche Komponente ist durch eine Validierung zu prüfen, ob sich die Analysenmethode eignet. Mit weiteren Normverfahren und internationalen Regelwerken zu PFAS in wässrigen Matrizes wuchs die Zahl der Einzelkomponenten, die sich mit HPLC-MS/MS detektieren lassen. In Anlehnung an die Regularik und im engen Austausch mit unseren Kunden haben wir unsere Analysenmethode auf 45 Komponenten erweitert. Dabei wurde die bestehende Methode nur geringfügig angepasst und eine fast unveränderte Analysenzeit für mehr als doppelt so viele Analyten erreicht (Abbildung 2).

In Anlehnung an das Normverfahren gelang es, eine automatisierte Festphasenanreicherung zu etablieren. Proben mit einem hohen Anteil an Schwebstoffen müssen manuell vorfiltriert werden. Sechs Proben lassen sich parallel bear-

beiten. Als Festphase ist eine Zwei-Phasen-Kartusche der Firma LC Tech im Einsatz. Vor Aufgabe der Probe wird die Festphase mit alkalischem Methanol, Methanol und Wasser gespült und konditioniert. Auf die Anreicherung der Analyten auf der Festphase folgen mehrere Spül- sowie Trocknungsschritte. Dann werden die Analyten mit alkalischem Methanol eluiert und die Messlösung auf ein definiertes Volumen mit Methanol aufgefüllt.

Für alle 45 Komponenten erreicht die Bestimmungsgrenze 10 ng/L. Die Bestimmungsgrenzen wurden initial in Trinkwassermatrix validiert. Weitere Matrizes, besonders Grund- und Abwassermatrizes, wurden getestet und mit einer Bestimmungsgrenze von 10 ng/L für die meisten Analyten etabliert. Grundsätzlich wird neben internen Standards jede neue Matrix mit einer Standardlösung bekannter Konzentration aufgestockt, um neben der Wiederfindung auf der Festphase auch den Einfluss der Matrix zu bestimmen und die Bestimmungsgrenze zu verifizieren. Um mögliche Kontaminationen oder Verschleppungen im Probenvorbereitungssystem zu beurteilen, wird zusätzlich zu jedem Probenlauf ein Blindwert bestimmt.

Mikroplastik auf der Spur

■ Operation Clean Sweep (OCS) ist eine internationale Initiative der Kunststoffindustrie, die darauf abzielt, Verluste

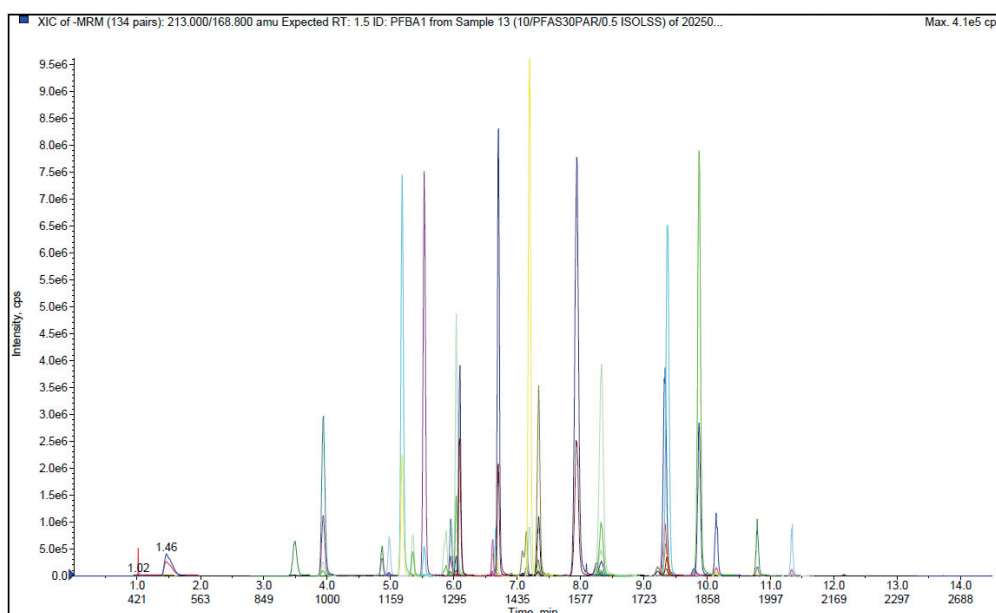


Abb. 2. Chromatogramm eines LC-MS/MS-Laufs mit 45 PFAS-Komponenten

von Kunststoffpellets, -flocken und -pulvern in die Umwelt zu vermeiden.⁸⁾ Durch Implementieren des OCS-Standards verpflichten sich Unternehmen,

konsequent entlang der gesamten Wertschöpfungskette solche Verluste zu minimieren. Zudem fordert die EU-Verordnung 2023/2055, die am 1. Januar 2026

in Kraft tritt, von Unternehmen, präzise Daten über die Freisetzung von Mikroplastik und Kunststoffgranulat bereitzustellen.⁹⁾ Als Mikroplastik gelten dabei Partikel mit einem Durchmesser von weniger als fünf Millimeter.

Die Mikroplastikanalytik kämpft vor allem mit der Vielfalt an Probenmatrizes. Denn jede Matrix erfordert für eine präzise und zuverlässige Detektion eine spezifische Aufbereitungs- und Analyse-methode.

Im Rahmen der methodischen Weiterentwicklung wurde der bestehende Probenvorbereitungsprozess für die Mikroplastikanalytik einer umfassenden Optimierung unterzogen. Ein wesentlicher Innovationsschritt war die Einführung des Fenton-Reagenzes zur chemischen Vorbehandlung. Das Fenton-Reagenz, bestehend aus Eisen(II)-Ionen und Wasserstoffperoxid, erzeugt durch die Bildung von Hydroxylradikalen hochreaktive Oxidationsmittel, die insbesondere organische Verbindungen effizient abbauen können.^{10,11)} Parallel wurden Maßnahmen etabliert, um Kontaminationen zu vermeiden.^{12,13)} Beispielsweise lassen sich mit einer Zinkchloridlösung zur Dichteseperation Störstoffe wie Glas, Sand, Papier und Holz gezielt abtrennen.¹⁴⁾ Vor der analytischen Untersuchung erfolgt eine Fraktionierung der aufbereiteten Mikroplastikpartikel nach Größe: Hierzu dienen aufsteigende Maschenweiten von 10 µm bis 500 µm und das Fixieren der Partikel auf metallbeschichtete Filter.

Die Laser-Direct-Infrared(LDIR)-Technologie, eine Weiterentwicklung in der chemischen Bildgebung, übertrifft die traditionellen Systeme der Fourier-Transformations-Infrarot-Spektroskopie (FTIR) signifikant. Die LDIR-Technologie nutzt einen hochmodernen, abstimmbaren Quantenkaskadenlaser als IR-Lichtquelle.¹⁵⁾ Dieser Laser fokussiert das IR-Licht gezielt auf einzelne Partikel und spart dabei leere Bereiche aus. Der Laser ermöglicht es, durch Wellenlängenbereiche zwischen 1800 cm⁻¹ bis 975 cm⁻¹ zu navigieren, was es erlaubt, eine Probe umfassend und schnell zu identifizieren. Die aufgenommenen Spektren werden in Echtzeit mit einer Mikroplastikspektrenbibliothek verglichen und automatisch ausgezählt. Eine statistische Auswertung gibt detaillierte Informationen über Partikelgrößen und -zahl je Fraktion und den

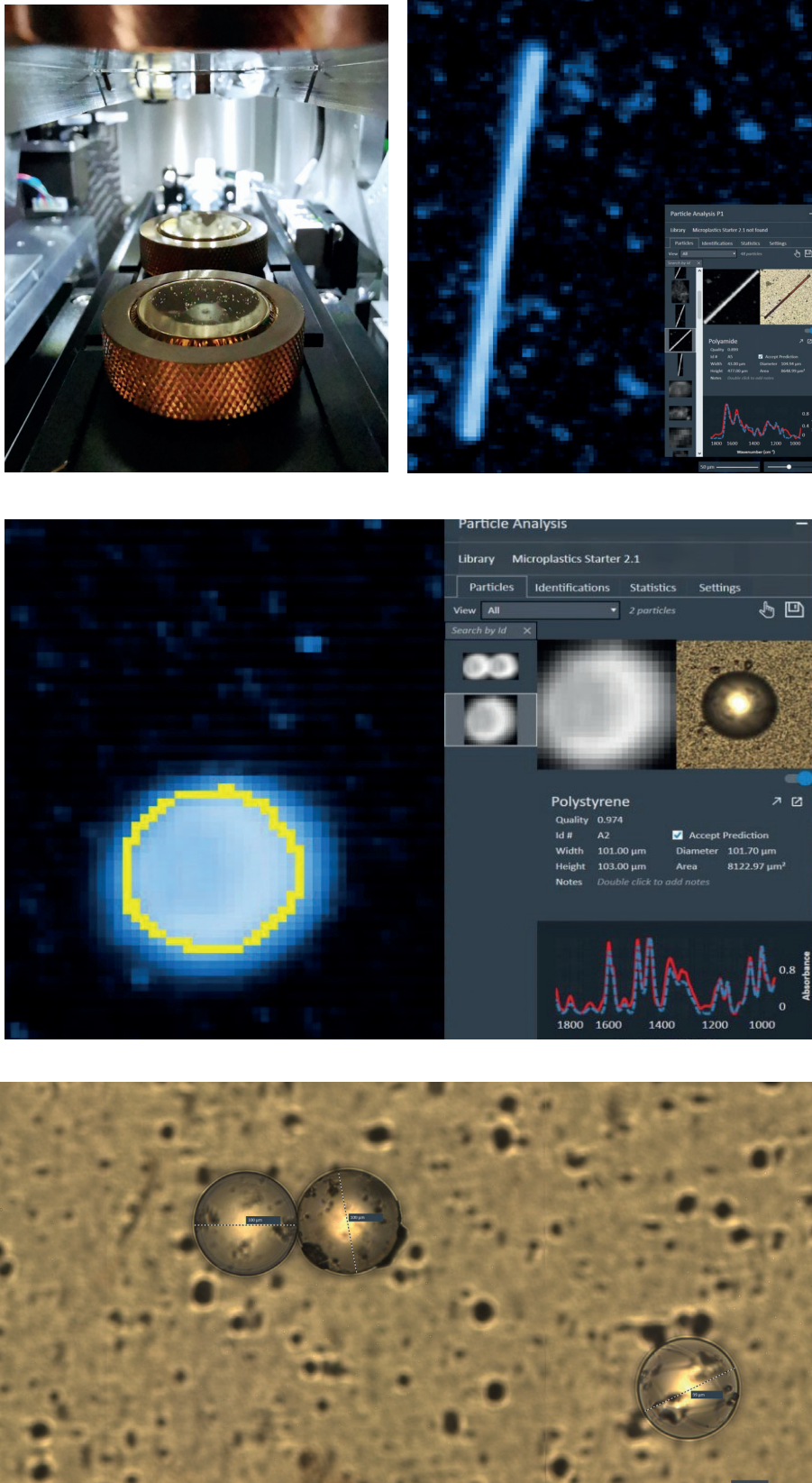


Abb. 3. von oben links nach unten: Metallbeschichtete Filter mit Mikroplastikpartikeln; identifizierte Polyamidfaser; identifizierte Polystyrolkugel; Polystyrolkugeln auf Filter (Fotos: Currenta)



Polymertyp, jeweils bezogen auf die Gesamtmenge der Probe pro untersuchtem Wasservolumen (Abbildung 3).

Eine weitere Option der Mikroplastikanalytik ist die mit Massenspektrometrie gekoppelte Gaschromatographie. Um Kunststoffe chromatographisch erfassbar zu machen, müssen sie zuvor thermisch in kleine und charakteristische Moleküle zersetzt werden. Technisch wird das über ein Pyrolyse-GCMS umgesetzt. Ab Ende des Jahres 2025 steht hierfür auch ein TED-GCMS (Thermal-Extraction-Desorption) zur Verfügung, das quantitative Auswertungen von Mikroplastikproben auf Basis der detektierten Fragmente erlaubt.

Dina Gabriel, Melanie Legner
und Felix Thoelen
Currenta, Leverkusen
felix.thoelen@currenta.biz
melanie.legner@currenta.biz
dina.gabriel@currenta.biz

Literatur

- 1) M. G. Evich et al., „Per- and polyfluoroalkyl substances in the environment“, *Science* 2022, 375. doi: 10.1126/science.abg9065
- 2) A. R. Bock, B. E. Laird, in: *Perfluoroalkyl Substances Synthesis, Applications, Challenges and Regulations*. B. Améduri (Hrsg.), *The Royal Society of Chemistry*, 2022, 1–21. doi: 10.20944/preprints202309.0512.v1
- 3) C. P. Shelor, C. Warren, C. V. Odina, K. Dumre, *J. Sep. Sci.* 2024, 15, 4390–4396. doi: 10.1002/jssc.202400235
- 4) *Regulierung der PFAS – aktuelle Entwicklung unter REACH*: www.lfu.bayern.de/analytik_stoffe/pfas/fachtagungen/doc/pfas2021/regulierung_pfas.pdf
- 5) www.umweltbundesamt.de/regulierung-unter-reach-clp-vo-stockholmer?parent=74773
- 6) www.lanuk.nrw.de/themen/themenuebergreifende-aufgaben/gefahrstoffe/pfas/pfas-im-wasser
- 7) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. Leitfaden zur PFAS-Bewertung. 21. 02 2022. www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Bodenschutz/pfas_leitfaden_bf.pdf
- 8) <https://opcleansweep.org>
- 9) EU-Verordnung 2023/2055 (REACH-Anhang XVII), Verordnung zur Beschränkung synthetischer Polymerepartikel mit Definitionen, Ausnahmen und Meldepflichten. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/2055/oj/eng>
- 10) H. J. H. Fenton, „Oxidation of tartaric acid in presence of iron“, *J. Chem. Soc.* 1894, 899–910. doi: 10.1039/CT8946500899
- 11) E. Neyens et al., „A review of classic Fenton's peroxidation as an advanced oxidation technique“, *J. Hazard. Mater.* 2002, 33–50. doi: 10.1016/S0304-3894(02)00282-0
- 12) V. Stankiewicz, *Transfer, Optimierung und Validierung von Analysemethoden zur Bestimmung von Mikroplastik in Wasserproben*, Technische Hochschule Köln, 2024.
- 13) J. Santa Ursula Solis, *Optimierung des Blindwertes in der Mikroplastikanalytik*, Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Currenta, 2025.
- 14) A. Tirkey, L. S. B. Upadhyay, „Microplastics: An overview on separation, identification and characterization of microplastics“, *Mar. Pollut. Bull. Sep.* 2021, 170, 112604. doi: 10.1016/j.marpolbul.2021.112604
- 15) www.agilent.com/en/product/molecular-spectroscopy/ldir-chemical-imaging-spectroscopy

Zum Unternehmen

Die Currenta Analytik ist Teil der Currenta-Gruppe mit Laboratorien an den Standorten Leverkusen, Dormagen und Uerdingen. Die Currenta Gruppe betreibt die Chemparks und bietet Servicedienstleistungen in Stoff- und Energieversorgung, Umweltmanagement und Infrastruktur an. Dabei verfolgt die Currenta die Vision, Europas nachhaltigster Chempark zu werden. Currenta Analytik unterstützt in diesem Kontext mit internen Analytikdienstleistungen; im Umweltmanagement gehört

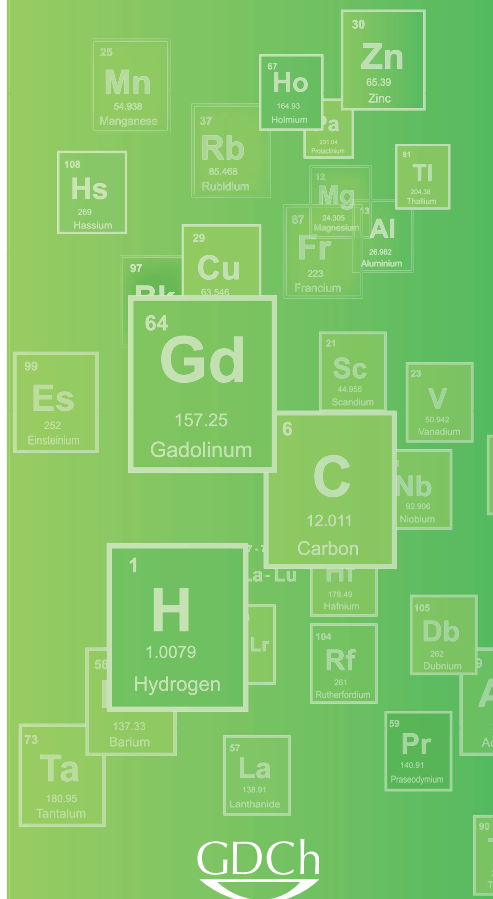
dazu die Überwachung der Emissionen der Chemparks über Wasser und Luft. Regelmäßige Analysen an definierten Messstellen innerhalb und außerhalb des Chemparks auf behördlich festgelegte, umweltrelevante Parameter vermeiden Umweltschäden und ermöglichen es, frühzeitig Gegenmaßnahmen einzuleiten. Currenta Analytik agiert auch unabhängig und ist seit Jahren Partner bei produktionsbegleitender sowie chemisch-pharmazeutischer Analytik.

**DAS
KARRIERE
PORTAL**

für Chemie und Life Sciences

Von Chemikern für Chemiker – Nutzen Sie das Netzwerk der GDCh:

- ➔ Stellenmarkt – Online und in den *Nachrichten aus der Chemie*
- ➔ CheMento – das GDCh-Mentoringprogramm für chemische Nachwuchskräfte
- ➔ Publikationen rund um die Karriere
- ➔ Coachings und Workshops
- ➔ Jobbörsen und Vorträge
- ➔ Einkommensumfrage



GDCh

GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER

www.gdch.de/karriere

Polymere: auf dem Weg zu robusten Standards

Seit 2020 wird im Rahmen des Green Deals der EU-Kommission eine Registrierung von Polymeren unter REACH diskutiert. Für eine regulatorische Beurteilung und Risikobewertung von Polymeren ist die Analytik nach standardisierten Methoden unabdingbar.

■ Polymere sind in der breiten Öffentlichkeit vor allem als Bestandteil von Kunststoffen bekannt, doch ihre Bedeutung geht weit darüber hinaus. Sie spielen eine entscheidende Rolle in vielen Produkten: von Kleidung und Waschmitteln über Lacke und Wandfarben bis hin zu Medizinprodukten. Schätzungen zufolge gibt es zwischen 70000 und 400000 Polymere, die derzeit in der EU vermarktet werden.

Regulatorisch werden Polymere bereits als „chemische Stoffe“ betrachtet, sind aber von der Europäischen Chemikalienverordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH) in Bezug auf die Registrierung explizit ausgenommen. Dennoch ist eine mögliche Erweiterung der Registrierungspflicht auf Polymere in Artikel 138 Absatz 2 genannt.¹⁾ Im Rahmen des europäischen Green Deals (2020–2024) hat die EU-Kommission die Revisionierung der REACH-Verordnung angekündigt und die Aufnahme von Polymeren wird seitdem diskutiert. Ein Entwurf der REACH-Revision wurde angekündigt, bisher jedoch noch nicht vorgestellt.

Die bisher diskutierten Modelle einer Polymerregistrierung basieren auf einer Notifizierung aller Polymere und der anschließenden Identifizierung der „polymers requiring registration“ (PRR). Global betrachtet ist die EU nicht der einzige Wirtschaftsraum, der die Registrierung von Polymeren thematisiert, beispielsweise verfolgt auch Südkorea ein ähnliches Konzept. Darüber hinaus

ist die analytische Charakterisierung von Polymeren unerlässlich für weitere produktspezifische Einstufungen, beispielsweise für die bereits in Kraft getretene EU-Trinkwasserrichtlinie,²⁾ die Restriktion von Mikroplastik und die Einstufung in Wassergefährdungsklassen. Die Anforderungen zielen darauf ab, genaue Informationen über die Zusammensetzung und Eigenschaften von Polymeren bereitzustellen, die dann ebenfalls in eine Risikobewertung eingehen können.

Warum treibt uns Analytiker:innen dieses Thema um?

■ Die analytischen Daten sind ein zentraler Bestandteil der REACH-Registrierungsdossiers: Die chemische Charakterisierung und die Bestimmung physikochemischer Stoffdaten wie die Löslichkeit in Wasser bilden die Grundlage für toxikologische und ökotoxikologische Studien sowie für die anschließende Gefahren- und Risikobewertung. Um reproduzierbare und vergleichbare Ergebnisse zu erzielen und eine hohe Datenqualität sicherzustellen, arbeiten wir – unter anderem – nach den Vorgaben von OECD-Test-Guidelines und innerhalb von Qualitätsmanagementsystemen wie der Guten Laborpraxis (GLP), die strenge Regeln für Berichterstattung und Dokumentation festlegt. Dieses Vorgehen ist für kleine Moleküle und Mischungen in der Industrie und bei Importeuren gut etabliert, diese Dossiers werden routinemäßig erstellt (Abbildung 1).

Die etablierten Methoden zur Charakterisierung einer Substanz und zur Bestimmung physikochemischer Parameter wie der Wasserlöslichkeit und der Oberflächenspannung von kleinen Molekülen/Reinstoffen lassen sich jedoch nicht einfach auf Polymere übertragen, denn Polymere bestehen per Definition aus Verteilungen. Die Verteilung der Kettenlängen (Molmassenverteilung) sowie die chemische Zusammensetzung, die Endgruppen, die Funktionalisierungen und die Topologien beeinflussen am Ende die Eigenschaften eines Polymers erheblich (Abbildung 2). Zusätzlich enthalten typische Polymerprodukte – je nach Herstellungsprozess, Einsatzbereich und Formulierung (beispielsweise Lacke, Schaumstoff etc.) – oft Monomere oder Additive wie Stabilisatoren, UV-Filter oder Tenside. Diese Faktoren machen die systematische Analyse und Charakterisierung eines solchen Polymerprodukts äußerst komplex.

Um eine Substanz zu registrieren, ist der erste Schritt die Charakterisierung der Probe. Bei Polymeren erfolgt die erste Analyse in der Regel mit Gel-Permeations-Chromatographie (GPC). Hierbei werden die Moleküle nach ihrem hydrodynamischen Volumen im jeweiligen Lösungsmittel getrennt; die mittleren Molgewichte (Zahlenmittel M_n und Gewichtsmittel M_w) lassen sich aus dem Vergleich mit einem externen Standard ableiten, ohne jedoch weitere chemische Informationen über das Polymergemisch zu liefern. Die niedermolekularen

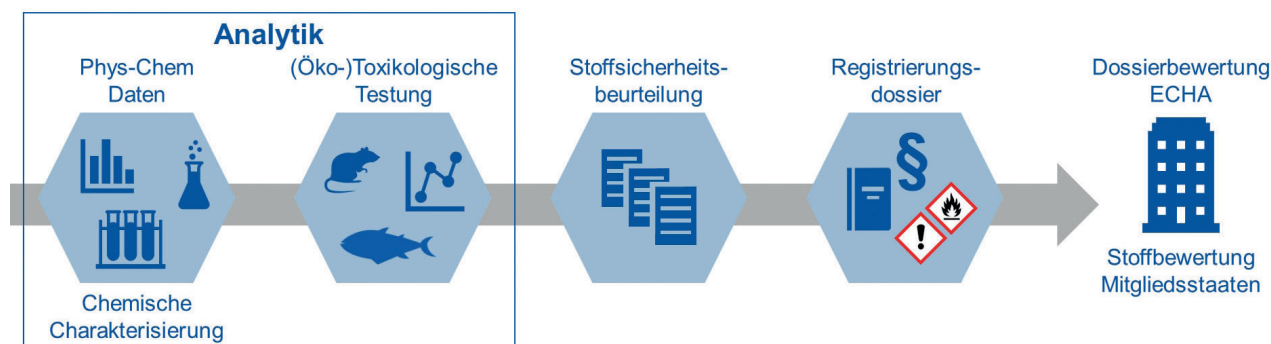


Abb. 1. Die für eine Registrierung benötigten Daten und Schritte

Bestandteile ($< 500 \text{ g/mol}$, $< 1000 \text{ g/mol}$) können ebenfalls mit GPC bestimmt werden, die prozentuale Angabe dieser Anteile wird als eines der PRR-Kriterien diskutiert und international bereits als Kriterium verwendet.

Wie gehen wir mit den Nebenkompenten um?

Der Anteil der niedermolekularen Bestandteile lässt sich zwar mittels GPC bestimmen, jedoch lassen sich Verunreinigungen oder bewusst zugesetzte Substanzen nicht eindeutig vom Polymer oder den oligomeren Anteilen unterscheiden. Um Verunreinigungen oder bewusst zugesetzte Substanzen zu identifizieren, sind weitere analytische Methoden anzuwenden, da die Differenzierung von Polymer und nichtpolymeren Bestandteilen für eine nachfolgende Risikobetrachtung notwendig ist.

Die chemische Charakterisierung erfolgt daher u.a. durch spektroskopische Messungen: Dabei sind die IR- und NMR-Spektroskopie etablierte Techniken in der Polymeranalytik. Sie liefern Informationen über die vorhandenen funktionellen Gruppen und damit über die Strukturklasse des Polymers. Allerdings haben diese Techniken eine vergleichsweise geringe Empfindlichkeit; kleinere Signale werden oft überlagert oder liegen unterhalb der Nachweisgrenze.

Zu einer vollständigen Charakterisierung gehört nicht nur das Polymer selbst, sondern auch die Identifizierung und Quantifizierung der Nebenkompenten. Um niedermolekulare Oligomere oder Additive zu charakterisieren, kommen chromatographische Methoden wie GC und HPLC zum Einsatz. Ein geeigneter Referenzstandard ist dazu oft zwingend erforderlich.

Angesichts der vielen verschiedenen Polymere und Produkte braucht es harmonisierte und standardisierte Methoden bzw. Vorgehensweisen, um zuverlässige und vergleichbare Daten zu erzeugen. Existierende Guidelines – wie OECD Test No. 118: „Determination of the number-average molecular weight and the molecular weight distribution of polymers using gel permeation chromatography“, OECD Test No. 119: „Determination of the low molecular weight content of a polymer using gel

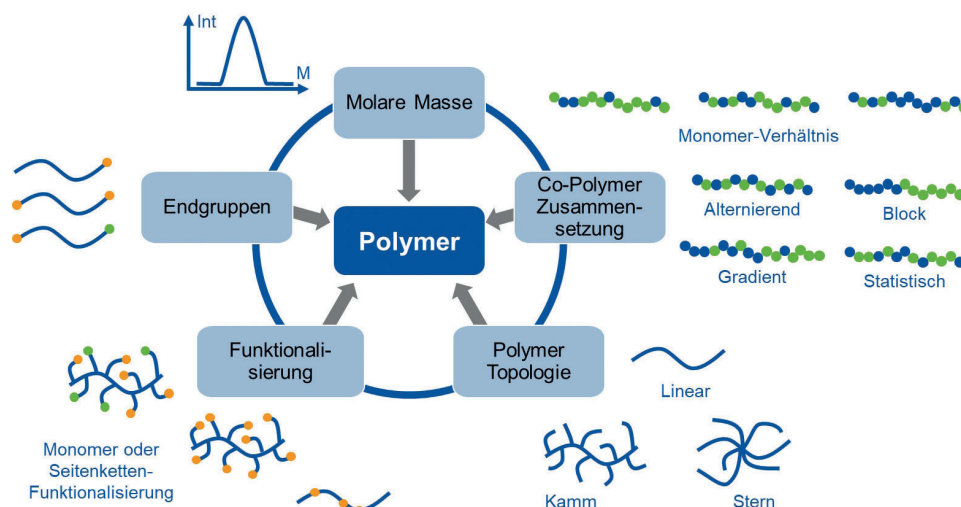


Abb. 2. Polymere sind komplexe Materialien und durch Verteilungen gekennzeichnet. Neben der Verteilung der Kettenlänge (Molmassenverteilung) kann eine Verteilung bei den Endgruppen, der chemischen Funktionalität, der Zusammensetzung oder der Topologie vorliegen.

permeation chromatography“ oder OECD Test No. 120: „Solution/extraction behaviour of polymers in water“ – sind zwar speziell für Polymere entwickelt, trotzdem aber nur eingeschränkt für bestimmte Polymerklassen anwendbar. Sehr hohe Molekulargewichte oder gelartige Anteile verhindern oft, ein Polymer zu lösen und zu analysieren. Die Eignung dieser Testrichtlinien und Normen muss daher überprüft und ihre Einschränkungen spezifiziert werden. Darauf aufbauend sollten geeignete standardisierte Methoden für die Analytik von Polymeren erarbeitet sowie bereits vorhandene polymerspezifische Normen weiterentwickelt werden. Diese Herausforderung hebt auch der Bericht „Key Areas of Regulatory Challenges (KARC) 2025“ der ECHA hervor, der die Notwendigkeit für „standardisierte analytische Methoden zur Charakterisierung der Polymerzusammensetzung“ betont.

Aus dieser Notwendigkeit heraus hat sich die Arbeitsgruppe MeEP (Method Evaluation for Polymer REACH) gegründet (Kasten). 2023 startete das Projekt als Initiative des Industrieforums Analytik. Seitdem wurde viel erreicht: Der größte uns bekannte GPC-Ringversuch mit etwa 40 teilnehmenden Laboren wurde durchgeführt und ausgewertet. Die beschriebenen Probleme, die sich aus der relativen Methode GPC ergeben, ließen sich so mit Daten untermauern. Ähnliches gilt für die Messungen nach

der OECD TG 120 zur Bestimmung des Löslichkeits- und Extrahierbarkeitsverhalten von Polymeren in Wasser.

Friederike Lünne
BASF Ludwigshafen
Für das IndustrieForum Analytik

Literatur

- 1) Verordnung – 1907/2006 – EN – REACH – EUR-Lex
- 2) https://eur-lex.europa.eu/eli/dec_impl/2024/365/oj/eng

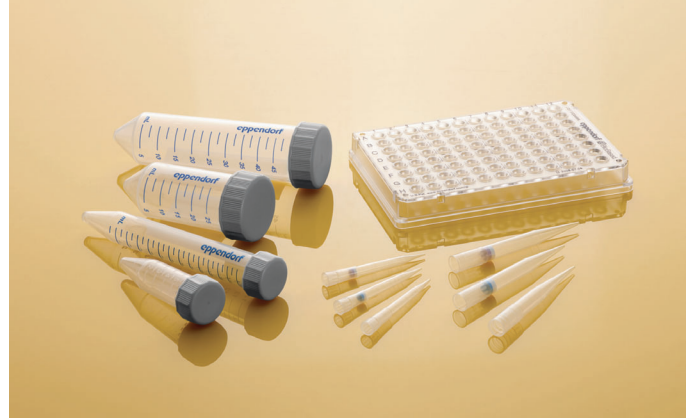
Arbeitsgruppe „Method Evaluation for Polymer REACH“

- Ziel der MeEP-Gruppe ist es, Methoden zur Polymercharakterisierung zu evaluieren, zu entwickeln und zu standardisieren, um die regulatorischen Datenanforderungen zu erfüllen. Schwerpunkt liegt auf der Notifizierung von Polymeren im Rahmen von REACH in der wissenschaftlichen Analytik-Community. Was wir tun:
- Regelmäßiger Austausch im Gremium und in Arbeitsgruppen
 - Diskussion und Vergleich der Möglichkeiten und Grenzen aktueller Methoden
 - Harmonisieren von Workflows für die Polymeranalytik zur Bekanntgabe innerhalb der Gruppe und Veröffentlichen dieser als White Paper / Leitfaden

Die Arbeitsgruppe steht allen interessierten Analytik-Geeks aus Industrie und Akademie offen.



Rohgranulat von biobasiertem Polypropylen zur Herstellung von Eppendorf-Verbrauchsmaterialien



Biobasierte Laborverbrauchsmittel sind in verschiedenen Formaten verfügbar.

Nachhaltigere Einwegartikel fürs Labor

Aufgrund ihrer Vielseitigkeit und Langlebigkeit sind Einwegartikel in den Labors weltweit gang und gäbe. Allerdings setzen endliche Ressourcen und wachsende Müllmengen dieser Nutzung Grenzen. Mit Biokunststoffen, die durch das Recycling etwa von Altölen aus der Lebensmittelindustrie entstehen, lässt sich das Ressourcenproblem verringern. Das Unternehmen Eppendorf hat eine solche Produktlinie fürs Labor entwickelt.

■ Für uns alle sind Kunststoffeinwegartikel im Laboralltag ganz normal. Gleichzeitig sehen wir die Müllsäcke voll Plastik, die täglich entsorgt werden müssen. Hier sind also gleich zwei Herausforderungen anzugehen: der Ressourceneinsatz und der Abfall. Gleichzeitig wird der Klimawandel immer sichtbarer. Als Wissenschaftscommunity müssen wir etwas tun.

Mit 80 Jahren Erfahrung im Labor und somit in der Wissenschaft stellt sich auch für Eppendorf die Frage, was wir wie ändern können. Erste Analysen des Lebenszyklus von Einwegprodukten führte schließlich zu einer neuen Produktlinie: Laborverbrauchsmaterialien wie Tubes, Pipettenspitzen und Eppis aus biobasiertem Kunststoff, der aus recycelten Rohstoffen besteht.

Herstellung

■ Auch im Labor muss Kreislaufwirtschaft etabliert werden. Trotz der vielen Herausforderungen bezüglich Kontamination – biologisch und chemisch – ist das Ziel die Wiederverwendung von Materialien. Natürliche Ressourcen oder Abfallprodukte aus anderen Prozessen werden recycelt oder wiederverwendet und stehen somit als Ressourcen für neue Produkte zur Verfügung.

In diesem Fall werden Biokunststoffe verwendet, die aus Biomasse der zwei-

ten Generation gewonnen werden, wie Altspeiseöl und Bioabfällen. Kurz: Sie entstehen aus „Frittenfett“. Im Gegensatz zu Bioplastik der ersten Generation (zum Beispiel aus Mais und Zuckerrohr) konkurriert diese zweite Generation Bioplastik nicht mit Lebensmitteln.

Das Recycling des Bioabfalls führt zu einem Material, das mit demjenigen identisch ist, das bei der Raffination von Rohöl entsteht. Die anschließende Herstellung von Polymeren erfolgt nach den gleichen Verfahren wie bei den herkömmlichen Methoden. Es können die gleichen Produktionsanlagen genutzt werden – in den Zwischenschritten wie auch im finalen Spritzguss bei Eppendorf.

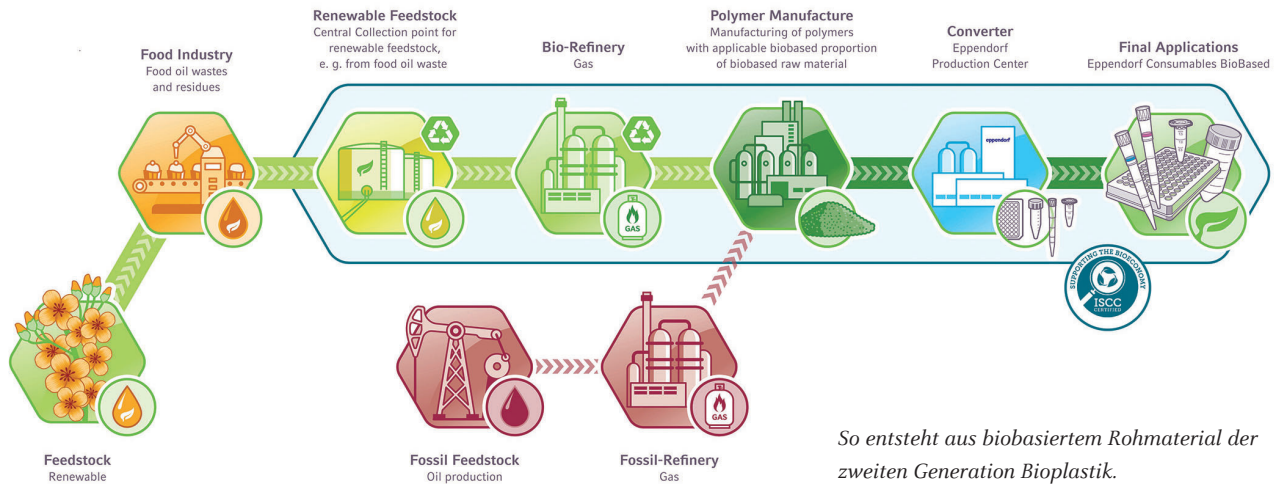
Aber kann man das biobasierte Polypropylenmaterial einfach in die Spritzgussmaschine einfüllen? Plastik ist Plastik? So simpel ist die Welt der Laborverbrauchsartikel leider nicht. Jede Art von Verbrauchsmaterial aus Polypropylen (PP) hat einen einzigartigen Materialfingerabdruck mit spezifischen Eigenschaften. Damit biobasierte Alternativen fossile Kunststoffe im Labor wirklich ersetzen können, müssen sie diesen Fingerabdruck in jedem Detail nachbilden, ohne Kompromisse bei der Qualität. Biobasierte Verbrauchsmaterialien müssen also genau so funktionieren wie ihre fossilen Gegenstücke.

Dies ist keine triviale Herausforderung: Sie erfordert fundierte materialwissenschaftliche Kenntnisse, eine umfangreiche Entwicklung und vielfältige Tests, während der Herstellung und unter Laborbedingungen. Anwender erwarten von den neuen Produkten mit Recht die gleiche Qualität, die gleiche Stabilität sowie Belastbarkeit und die gleiche Reinheit. Nachhaltigkeit darf nicht auf Kosten der Ergebnisse gehen.

Kohlenstoffbilanz

■ Da Wissenschaft Beweise erfordert, wurde eine Lebenszyklusanalyse (LCA) des neuen biobasierten 5-mL-Gefäßes durchgeführt. Klassische Gefäße auf Basis fossilen Öls wurden dabei mit biobasierten Gefäßen verglichen. Die extern durchgeführte Studie mit einem Cradle-to-Gate-Ansatz (Wiege bis Werkstor) zeigte, dass der biobasierte Ansatz erhebliche Mengen CO₂ einsparte. Die Verwendung von mindestens 90 Prozent biobasiertem Material resultierte in einer Einsparung von etwa 18 Prozent CO₂, entsprechend 3,3 g CO₂-Äquivalente pro Gefäß.

Die Ergebnisse der Analyse der 5-mL-Gefäße waren der Ausgangspunkt, um auch die Einsparung der CO₂-Äquivalente anderer biobasierter Tubes abzuschätzen, und zwar der Größen 15 mL, 25 mL und 50 mL. Resultat waren Einsparungen von



So entsteht aus biobasiertem Rohmaterial der zweiten Generation Bioplastik.

5,6 g, 6,7 g bzw. 11,1 g. Eine Product-Carbon-Footprint-Analyse für die biobasierten Pipettenspitzen ergab eine Einsparung von 0,15 g für die 0,1–10-µL-Spitze, 0,38 g für 2–200 µL, 0,75 g für 50–1000 µL und 1,08 g für die 50–1250-µL-Spitze.

Einzeln betrachtet lässt sich mit diesen Einsparungen der Klimawandel nicht aufhalten, jedoch werden jeden Tag weltweit enorme Mengen an Gefäßen und Pipettenspitzen verwendet – und nach der Benutzung weggeworfen.

Externe Zertifizierung

■ Für umfassende Transparenz sorgt die externe ISCC-PLUS-Zertifizierung, die die Rohstoffkette und den Massenbilanzansatz überwacht. Das fertige Endprodukt wird mit dem ACT-Label von My Green Lab extern validiert, seine Umweltauswirkungen zusammengefasst und von My Green Lab publiziert.¹⁾

Welche biobasierten Produkte gibt es?

■ Im August 2022 brachte Eppendorf seine Eppendorf Tubes BioBased mit Schraubverschluss auf den Markt, die zu 90 Prozent (Massebilanzansatz) aus biobasiertem PP bestehen. Ein Jahr später folgten die Eppendorf epT.I.P.S. Bio-Based: Pipettenspitzen, die zu 100 Prozent aus biobasiertem PP zusammengesetzt sind. Die PCR-Platten werden aus PP und einem Rahmen aus Polycarbonat (PC) hergestellt, beide Materialien bestehen aus biobasierten Kunststoffen (100 % + 77 %, im Mittel 86 %).

Umgangssprachlich in vielen Laboren einfach als „Eppi“ bekannt sind die

1,5-mL-Safelock-Gefäße mit Scharnierdeckel: Dazu gibt es seit Frühsommer dieses Jahres eine nachhaltigere Variante aus 100 Prozent biobasiertem PP.

Je nach Produkttyp variiert der Anteil der biobasierten Materialien. Dies hängt nicht von der temporären Lieferverfügbarkeit der Rohstofflieferanten ab, sondern davon, ob es den spezifischen fossil-basierten Kunststofftyp „baugleich“ in der biobasierten Form bereits gibt. Eppendorf ist hier davon abhängig, welches Mischungsverhältnis an biobasiertem Granulat bereits kommerziell verfügbar ist. Dieses Verhältnis basiert auf dem Massebilanzansatz.

Die Beschaffung und Verarbeitung der Rohstoffe für die biobasierten Produkte sind bislang teurer verglichen mit herkömmlichen fossilen Ressourcen. Um den Umstieg auf die biobasierten Verbrauchsartikel zu erleichtern, wird dieser Preisaufschlag allerdings nicht 1:1 an die Käufer weitergegeben. Das Feedback am Markt ist sehr positiv, was zeigt: Die Wissenschaftscommunity ist sich der Probleme zu Plastik und Ressourcen durchaus bewusst.

Biokunststoff versus biologische Abbaubarkeit

■ Bei allem Erfolg der biobasierten Materialien besteht manchmal Verwirrung über deren biologische Abbaubarkeit. Tatsächlich sind die meisten Biokunststoffe nicht kompostierbar. Die biobasierten Verbrauchsmaterialien von Eppendorf sind aus PP oder PC hergestellt und somit Kunststoffe, die nicht verrotten. Dies gilt auch für entsprechende Produkte anderer Firmen. ➔

ACT.
The Environmental Impact Factor Label

US

Eppendorf twin.tec® PCR Plates 96, Bio-based, skirted, clear
Oldenburg, Germany
SKU 0030129849

Environmental Impact Scale
Decreasing Environmental Impact
1 10

Manufacturing
Manufacturing Impact Reduction 1.0
Renewable Energy Use Yes
Responsible Chemical Management 1.0
Shipping Impact 8.7
Product Content 1.0
Packaging Content 1.0

User Impact
Energy Consumption (kWh/day) N/A
Water Consumption (gallons/day) N/A
Product Lifetime 5.0

End of Life
Packaging 4.1
Product 7.0

Innovation
Innovative Practices -1.0

Environmental Impact Factor: 27.8
Label Valid Through: April 2026

act.mygreenlab.org

Das ACT-Label von My Green Lab ist eine externe, herstellerunabhängige Validierung eines Laborproduktes bezüglich der Nachhaltigkeit entlang seines Lebenszyklusses.

Der Kreislauf

■ Oft wird bei dem Wunsch nach Kreislaufwirtschaft von Kunststoffen das Risiko von Biogefahren und Restreagenzien in den gebrauchten Verbrauchsmaterialien außer Acht gelassen. Labormüll muss aus diesen Gründen in vielen Ländern bzw. Institutionen verbrannt werden. Dies ist noch eine große rechtliche Herausforderung auf dem Weg zu einer Kreislaufwirtschaft.

Bei recyceltem Plastik erschweren sogenannte Leachables die Nutzung als Gefäß oder Platte im Labor: Chemische Verbindungen können aus dem Material unter normalen Anwendungs- und Lagerbedingungen in die Umgebung übergehen. Recycelter Kunststoff ist daher bislang auf Materialien beschränkt, die keinen direkten Kontakt zu wertvollem Probenmaterial haben, zum Beispiel Kästen für Pipettenspitzen.

Das biobasierte Material ist zwar auch recycelt, stammt aber aus einer plastikfreien Quelle. Die Prüfverfahren und Akzeptanzkriterien entlang der Produktionsschritte sind für die jeweiligen Produktlinien aus biobasierten und fossilen Rohstoffen identisch. Für beide Arten von Verbrauchsmaterialien gelten in der Produktion von Eppendorf dieselben Freigabeschwellen. Dies gilt auch für die Leachables.

Das langfristige Ziel besteht darin, den Materialkreislauf mittels Recyclings von Kunststoff zu schließen. Hierzu ist ein zuverlässiges, vernünftiges und sicheres Recyclingsystem für Laborverbrauchsmaterialien zu entwickeln. Dies erfordert noch Zeit und Anstrengungen von uns allen. Mechanisches Recycling ist aufgrund der Leachables und potenzieller Kettenverkürzung der Polymere nicht optimal, chemisches Recycling ist noch zu ressourcenaufwendig.

Die EU-Richtlinie über Verpackungen und Verpackungsabfälle hat das Ziel, das Konzept der Kreislaufwirtschaft zu unterstützen.

Jan Bebermeier, Florian König
und Hanae König
Eppendorf, Hamburg

Mehr Informationen / Literatur
www.eppendorf.com/sustainability
1) <https://act.mygreenlab.org>

Vom Abfall zum Wertstoff

Wir sind es inzwischen gewohnt, dass auf Verpackungen aller Art „aus recyceltem Kunststoff“ zu lesen ist. Doch wie sieht es bei langlebigen Konsumgütern aus – etwa Kühlschränken? Bestehen diese ebenfalls – zumindest teilweise – aus recyceltem Material? Wie können Verfahren aussehen, die qualitativ hochwertige und zugleich sichere Produkte aus recyceltem Material ermöglichen? Mit diesen Fragen beschäftigt sich das Konsortium des Projekts „PReycling“.

■ Gestartet vor mehr als drei Jahren, ist PReycling eines von vielen Projekten, die im Rahmen der Strategie der Europäischen Union zur Abfallvermeidung und zum Ausbau des Recyclings im EU-Horizon-Programm gefördert werden.¹⁾

Der Circular Economy Action Plan ist Teil des European Green Deals. Ein Schwerpunkt liegt dabei – neben vielen anderen Produktgruppen – auf Kunststoffen in unterschiedlichsten Anwendungsbereichen wie Verpackungen oder Fahrzeugkomponenten.^{2,3)} Hervorzuheben sind die neue Verpackungsverordnung (seit Anfang 2025) und die geplante End-of-Life-Vehicles-Verordnung: Beide sollen die Verwendung von Rezyklaten gezielt vorantreiben. Denn obwohl die globale Plastikproduktion in den letzten Jahren stetig zugenommen hat – 413 Megatonnen weltweit im Jahr 2023, davon 54 Megatonnen in Europa –, wächst der Anteil an Rezyklaten nur langsam: Weltweit liegt er bei etwa 10 Prozent, in Europa über alle Sektoren bei rund 20 Prozent.⁴⁾

Kunststoffrecycling ist ein komplexes Thema: Die Vielzahl an Anwendungen und die damit verbundenen Anforderungen an die Produkte sowie die Diversität der Kunststoffarten erfordern es, unterschiedliche Verfahren einzusetzen. Mechanisches Recycling ist für Thermoplaste – die einen Großteil des weltweit eingesetzten Plastiks ausmachen – das verbreitetste Verfahren;⁵⁾ bei gemischten oder kontaminierten Kunststoffabfällen stößt es jedoch schnell an seine Grenzen. Lösungsmittelbasierte Prozesse ermöglichen es, gezielt Polymere von anderen Materialien wie Füllstoffen oder Glasfasern zu trennen und gleichzeitig Additive oder Verunreinigungen zu entfernen. Chemisches Recycling liefert besonders reine Produkte, ist aber aufwendiger und nicht jedes Verfahren ist für alle Polymere geeignet. Neben der Depolymerisation zu Monomeren bieten thermische Prozesse wie Pyrolyse eine Möglichkeit, Kunststoffabfälle in nutzbare Rohstoffe zu überführen.⁶⁾

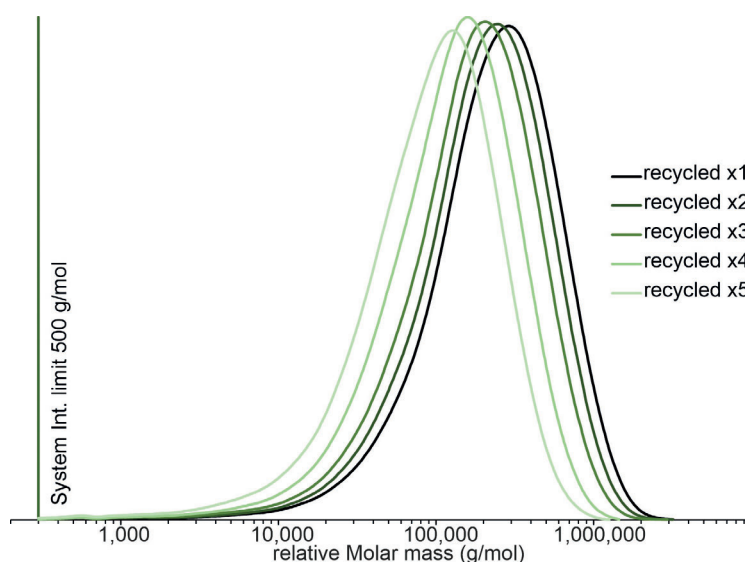


Abb. 1. Die Veränderung des Molekulargewichts der Polymere lässt sich mit Größenausschlusschromatographie bestimmen. In diesem Beispiel ist deutlich zu erkennen, dass sich die Polymerketten mit jedem Recyclingzyklus deutlich abbauen.

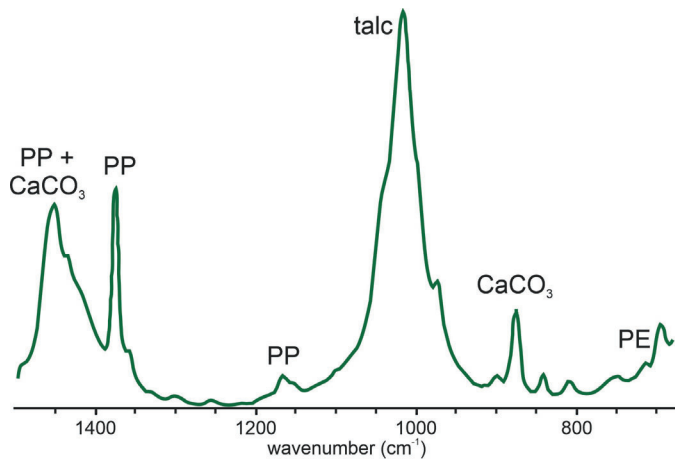


Abb. 2. ATR-Infrarotspektroskopie (ATR: attenuated total reflection = abgeschwächte Totalreflexion) ermöglicht es, das Polymer in Abfällen und Rezyklaten zu bestimmen. In diesem Beispiel wurde zum einen die Verunreinigung des Hauptpolymers Polypropylen (PP) mit Polyethylen (PE) detektiert; außerdem waren Füllstoffe wie Talkum und CaCO_3 enthalten.

Im Projekt PRecycling wird der gesamte Recyclingkreislauf betrachtet: von der Abfallsammlung und -sortierung über die Aufbereitung und das eigentliche Recycling bis hin zur Herstellung neuer Produkte aus möglichst 100 Prozent Rezyklat. In all diesen Schritten spielt die instrumentelle Analytik eine zentrale Rolle.

Analyse entlang des gesamten Kreislaufs

■ Bereits bei der Sortierung muss die Polymerreinheit analytisch nachgewiesen werden. Doch die Anforderungen gehen weit darüber hinaus. Die Beteiligten entlang der Wertschöpfungskette – von Verarbeitern über Produkthersteller bis hin zu Regulierungsbehörden – stellen sehr unterschiedliche Anforderungen an das Rezyklat. Für die Verarbeitung muss es unter anderem polymerrein sein (zum Beispiel „>98 % Polypropylen“) und ein geeignetes Molekulargewicht aufweisen. Die fertigen Produkte müssen mechanischen Standards genügen.

Weitergehend verlangen gesetzliche Rahmenwerke wie die REACH-Verordnung sowie branchenspezifische Regelungen – etwa die Toys Safety Directive oder Oekotex –, die Rezyklate umfassend zu charakterisieren. Während sich die Zusammensetzung neuer Kunststoffe gezielt steuern lässt, ist sie bei Rezyklaten oft unklar und hängt von der ganzen Historie ab. Viele Additive, die früher eingesetzt wurden, etwa bromier-

te Flammenschutzmittel, sind heute stark reguliert. Zudem können sich Inhaltsstoffe durch Umwelteinflüsse während der Nutzung verändern. Eine sorgfältige analytische Kontrolle ist daher unerlässlich, um kritische Verbindungen sicher auszuschließen.

Bereits vor Beginn des Recyclingprozesses müssen die im Ausgangsmaterial enthaltenen Plastikadditive und Verunreinigungen identifiziert werden. Diese Informationen sind essenziell, um die spätere Verwendung des Rezyklats gezielt zu steuern. So dürfen beispielsweise manche Additive nicht in Kinderspielzeug enthalten sein, während ihr Einsatz im Baubereich zugelassen sein kann. Außerdem lässt sich auf Basis die-

ser Informationen der geeignete Recyclingprozess auswählen – ob mechanisches Recycling ausreicht oder ein lösemittelbasierter Prozess zur Dekontamination nötig ist.

Auch während des Recyclingprozesses sind regelmäßige Kontrollen unerlässlich. Es gilt sicherzustellen, dass durch Prozessbedingungen wie hohe Temperaturen, mechanische Belastungen oder Lösemittel keine neuen, unerwünschten Nebenprodukte entstehen. Genauso ist die Qualität der Polymere selbst zu beobachten, da sich beispielsweise häufig das Molekulargewicht abbaut. Und schließlich müssen die Rezyklate allen regulatorischen Anforderungen genügen, damit sie sich für das jeweilige Produkt einsetzen lassen.

Großes Methodenportfolio

■ Für die umfassende Bewertung der Materialien vor, während und nach dem Recycling muss man verschiedene Analysemethoden kombinieren. Die Bandbreite ist groß: Mit Infrarotspektroskopie, Größenausschlusschromatografie, differenzieller Scanning-Kalorimetrie und thermogravimetrischer Analyse werden grundlegende Eigenschaften wie Polymerart, Kettenlängenverteilung und Füllstoffgehalt bestimmt. Ist eine besonders hohe Polymerreinheit erforderlich, ist die NMR eine weitere Möglichkeit. Der nächste Schritt in einer Analytikaskade ist es, die Elementarzusammensetzung zu bestimmen, mit Röntgenfluoreszenzanalyse und gegebenen-

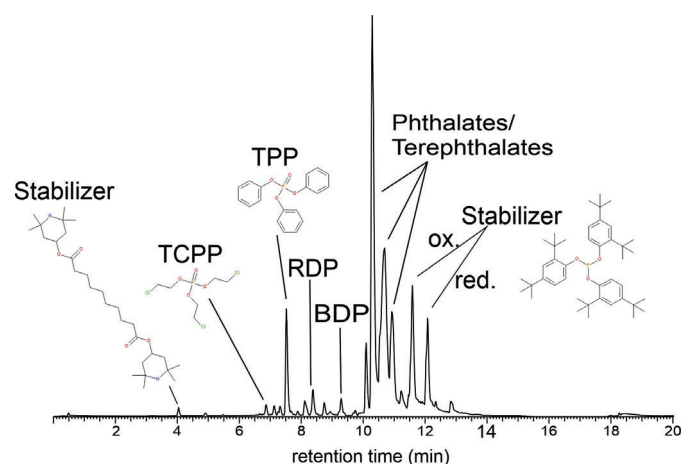


Abb. 3. Die HPLC kombiniert mit hochauflösender MS weist in einer Abfallprobe Additive wie Stabilisatoren, Weichmacher und Antioxidantien nach. TCPP = Tris(chlorpropyl)-phosphat; TPP = Triphenylphosphit; RDP = Resorcinol-bis(diphosphat); BDP = Bisphenol-A-bis(diphenyl)phosphat



Abb. 4. Im Projekt PRecycling ließen sich erfolgreich Post-Consumer-Abfälle so aufbereiten und recyceln, dass daraus ein Spielzeugboot hergestellt werden konnte, das alle regulatorischen Anforderungen erfüllt. (Foto: BASF)

falls weiteren Elementaranalysetechniken. So lassen sich beispielsweise Schwermetalle identifizieren oder erste Hinweise auf bromierte Verbindungen erhalten.

Für die Übersichtsanalyse auf Molekülebene bietet sich eine Kombination aus Gaschromatographie und Flüssigchromatographie an. Aufgrund der vielen möglichen Verbindungen empfiehlt es sich, sie mit massenspektrometrischen Methoden zu koppeln. Eine eigens aufgebaute Spektrendatenbank mit häufig verwendeten Plastikadditiven dient idealerweise als Grundlage für ein automatisiertes Screening. Die Proben werden mit generischen GC-MS- oder LC-MS-Methoden analysiert und die gewonnenen Daten automatisch mit der Datenbank abgeglichen – so lassen sich Additive effizient identifizieren. Darauf aufbauend lassen sich potenzielle Abbauprodukte ermitteln. Softwaretools aus der Metabolomik leisten hier wertvolle Unterstützung, indem sie beispielsweise über molekulare Netzwerke eine Zuordnung der Abbauprodukte zu ihren Ausgangssubstanzen ermöglichen. Neben den gezielt eingebrachten Substanzen sind auch sogenannte NIAS (Non-Intentionally Added Substances) zu berücksichtigen – also Stoffe, die während der Nutzungsphase aus äußeren Quellen ins Produkt gelangt sind

oder durch Alterung und Recyclingprozesse entstehen.

Eine weitere Schwierigkeit stellt die große Heterogenität der Proben dar. Auf Laborebene werden letztlich nur sehr kleine Probenmengen analysiert. Deshalb müssen Probennahme und -homogenisierung sorgfältig geplant werden, sodass sich anhand der analytischen Ergebnisse eine Aussage über eine sehr große Menge Material treffen lässt. Es ist aber unerlässlich, möglichst viele Proben zu analysieren, besonders bei Prozessen wie dem mechanischen Recycling, bei denen die Heterogenität des Abfalls die des Rezyklats direkt bestimmt.

Fazit

Die Herausforderungen im Kunststoffrecycling sind vielfältig – von der Heterogenität der Ausgangsmaterialien über die Auswahl geeigneter Verfahren bis hin zu strengen gesetzlichen Vorgaben. Doch der Aufwand lohnt sich: Im Projekt PRecycling wurde gezeigt, dass durch gezielte analytische Kontrolle hochwertige Rezyklate entstehen, die nicht nur sicher, sondern auch vielseitig einsetzbar sind.

Besonders erfreulich: In den untersuchten Abfällen und Rezyklaten wurden keine besorgniserregenden Substanzen nachgewiesen. Die Qualität der Ma-

terialien war so überzeugend, dass bereits erste Produkte erfolgreich daraus gefertigt wurden. Ein vielversprechender Schritt in Richtung einer echten Kreislaufwirtschaft.

Mara Silber, Catharina Erbacher,
Grit Baier, Bernhard von Vacano
BASF

Literatur

- 1) www.precycling-project.eu
Gefördert durch das „Horizon Europe“ Forschungs- und Innovationsprogramm der EU unter Fördervereinbarung Nr. 101058670; Projektlaufzeit: 04/2022 – 04/2026; 17 Partner aus 9 Ländern, darunter aus Deutschland die BASF und das Fraunhofer IVV mit der National Technical University of Athens, Griechenland, als Projektkoordinator
- 2) Regulation (EU) 2025/40 of the European Parliament and of the Council of 19 December 2024 on packaging and packaging waste. Official Journal of the European Union, L 2025/40, 22.1.2025.
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L_202500040
- 3) European Commission. (2020). Communication from the Commission: A new Circular Economy Action Plan for a cleaner and more competitive Europe (COM/2020/98 final).
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>
- 4) Plastics Europe, „Plastics – the fast Facts“, 2024. https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2024/11/PE_TheFacts_24_digital-1pager.pdf
- 5) Z. O. G. Schyns, M. P. Shaver, „Mechanical recycling of packaging plastics: A review“, *Macromolecular Rapid Communications* 2021, 42(3), 2000415.
doi: 10.1002/marc.202000415
- 6) H. Mangold, B. von Vacano, „The frontier of plastics recycling: Rethinking waste as a resource for high value applications“, *Macromolecular Chemistry and Physics* 2022, 223(3), 2100488.
doi: 10.1002/macp.202100488

Analytik schützt den Steamcracker

Pyrolyseverfahren verwandeln Kunststoffabfälle zurück in Öl, das die Chemieindustrie als Rohstoff nutzen will. Petrochemische Anlagen vertragen den Erdölersatz aber nur bedingt. Die Analytik der Pyrolyseöle hilft, Schäden zu verhindern.

■ Weltweit wird weniger als ein Zehntel des Plastikmülls wiederverwertet. In Deutschland beträgt die Recyclingquote von Plastikverpackungen zwar rund 50 Prozent,¹⁾ aber die aufbereiteten Kunststoffe sind oft minderwertig. Der Grund: Das übliche mechanische Kunststoffrecycling – hier wird das Material geschreddert, gereinigt, eingeschmolzen und regranuliert – funktioniert nur gut bei sortenreinen Abfällen, etwa bei Getränkeflaschen aus Polyethylenterephthalat (PET).

Chemische Verfahren sollen die mechanische Aufbereitung ergänzen und Plastikabfälle in Rohstoff für neuwertige Polymere verwandeln. Weltweit investieren Chemie- und Energieunternehmen ins chemische Recycling, vor allem in Pyrolyseverfahren, die geschredderte Kunststoffabfälle bei einigen Hundert Grad Celsius unter Sauerstoffabschluss zersetzen. Die dabei entstehenden Dämpfe ergeben abgekühlt ein Öl. Im Frühjahr hat der österreichische Öl-, Gas- und Chemiekonzern OMV in Schwechat bei Wien eine Anlage mit einer Jahreskapazität von 16 000 Tonnen Kunststoffabfällen eingeweiht. Das erhaltene Pyrolyseöl vermischt OMV mit Erdöl und speist es in die standorteigene Raffinerie ein. In Frankfurt am Main betreibt das Start-up Arcus Green-cycling Technologies eine Demonstrationsanlage, im saarländischen Dillingen verschwelt das Unternehmen Pyrum Auto- und Fahrradreifen. Beide liefern Pyrolyseöl an BASF.

Die Industrie sieht in dem Pyrolyseöl einen Erdölersatz, den sie wie gewohnt weiterverarbeiten will. Doch das sei nicht so einfach, erklärt die Chemikerin Simone Moos vom Gerätehersteller Analytik Jena. Jede Charge Pyrolyseöl enthalte andere problematische Inhaltsstoffe, die petrochemische Anlagen schädigen könnten. „Eine engmaschige Analytik der Pyrolyseöle ist daher unerlässlich“, sagt Moos.

Steamcracker etwa reagieren empfindlich auf Halogene. Bei Erdöl ist



Im November 2024 wurde im Shell Chemicals Park Moerdijk in den Niederlanden der Market Development Upgrader (MDU) eröffnet. Damit kann Pyrolyseöl aus recyceltem Kunststoff wieder als Rohstoff für die Herstellung von Grundbestandteilen für neuen Kunststoff verwendet werden. (Foto: Shell/E.Bode)

Chlor das Hauptproblem. Es wird daher standardmäßig in vorgeschalteten Schritten entfernt. Pyrolyseöle enthalten aber je nach Zusammensetzung des Plastikmülls auch Brom aus Flammschutzmitteln und Fluor aus Fluorpolymeren sowie anderen PFAS. Beim Cracking vergiften die Elemente Katalysatoren, bilden korrosive Säuren und andere unerwünschte Nebenprodukte. Phosphor und Schwermetalle aus Kunststoffadditiven, Stickstoff aus stickstoffhaltigen Polymeren sowie viele andere Elemente stören petrochemische Prozesse ebenfalls.

Erst homogenisieren, dann messen

■ Um Schutzmaßnahmen zu treffen und die Anlagen zu schonen, müssen die Gehalte an unerwünschten Elementen bekannt sein. Die Herausforderung der Analytik beginnt mit der Probenvorbereitung, denn Pyrolyseöl ist eine schwierige Matrix. Nicht nur die chemische Zusammensetzung, auch physikalische Eigenschaften wie Viskosität und Siedepunkt variieren je nach Ausgangsmaterial. Die Proben können zudem Partikel, etwa Ascheteilchen, sowie eine

wässrige Phase enthalten, denn bei der Verschwelung sauerstoffhaltiger Kunststoffe wie PET entsteht Wasserdampf. Um die Probe zu homogenisieren, können neben physikalischen Schritten wie Abscheidung und Filtration Mischungsvermittler nötig sein.

Anschließend lassen sich die Gehalte an Nichtmetallen wie Stickstoff, Schwefel und Chlor mit einem verbrennungsbasierten Elementaranalysator bestimmen. Das dafür verwendete Gerät sollte über einen Flammensensor verfügen, der für die vollständige Oxidation der Probe Sorge, sagt Simone Moos. Die Sensortechnik stimmt die verdampfte Probenmenge exakt auf die verfügbare Sauerstoffmenge ab.

Für die Fluoranalytik hingegen hat sich ein Verbrennungsaufschluss mit anschließender Ionenchromatographie etabliert. Als Alternative dazu bietet sich eine neuartige Kombination aus Verbrennung und hochauflösender MolekülabSORPTIONSSPEKTROMETRIE an, die den Probendurchsatz verdreifacht.

Die Bestimmung von Metallen, Silicium und Phosphor erfolgt wie in der Erdölanalytik mit der Atomemissions-



Erzeugung von Pyrolyseölen aus Kunststoffabfällen am Pyrolysereaktor des Instituts für Technische Chemie am KIT (Foto: KIT/ITC)

spektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES). Hier kommt es auf ein hochauflösendes Analysensystem mit einem leistungsstarken Generator an, der ein stabiles Plasma erzeugt, sagt Moos: „Das ist bei Ölproben wichtig, denn hier müssen viele Bindungen gebrochen werden.“

Neben den Elementgehalten ist die Palette der organischen Substanzen interessant. Verglichen mit dem fossilen Rohstoff Naphtha enthalte Pyrolyseöl mehr ungesättigte sowie mehr stickstoff-, sauerstoff- und halogenhaltige Verbindungen, erklärt Grazyna Straczewski vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Sie und ihre Kollegen unter-

suchen verschiedene Pyrolysetechniken sowie Vor- und Nachbehandlungsschritte, um die Prozesse zu bewerten und zu optimieren.

Einen schnellen Überblick über die Kohlenwasserstoffe im Pyrolyseöl verschafft sich Straczewskis Team mit der ¹H-Niederfeld-NMR-Spektroskopie bei 80 MHz. Anschließend folgen ein GC-MS-Screening und für die detailliertere Bestimmung eine zweidimensionale GC, gekoppelt an MS, Flammenionisationsdetektor (FID) und Stickstoff-Chemilumineszenz-Detektor (NCD). Die Kombination erfasst ein weites Spektrum an organischen Verbindungen. Lediglich Substanzen mit Siedepunkten

über der GC-Maximaltemperatur von 315 °C entziehen sich dem Nachweis.

Zu viele Nebenprodukte

Die KIT-Forschenden untersuchen nicht nur die Pyrolyseöl, sondern auch jene Gasfraktion, die sich nicht verflüssigt. Sie besteht vor allem aus kurzkettigen Kohlenwasserstoffen, Wasserstoff und geringen Mengen verschiedener Aromaten. Je nach Ausgangsmaterial sind zudem Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Ammoniak, Nitrile, Cyan- und Halogenwasserstoffe sowie halogenhaltige kurzkettige Kohlenwasserstoffe enthalten. Die Analyse der Permanentgase erfolgt in den KIT-Versuchsanlagen online mit drei Geräten: Ein Fourier-Transformations-Infrarotspektrometer (FTIR) misst im Minutentakt, ein Mikro-GC alle fünf Minuten und ein GC-MS/FID alle 70 Minuten.

Bei der Plastikpyrolyse fallen zudem Koks und andere feste Rückstände an, die teils deponiert werden müssen. Einer Studie des Umweltbundesamtes zufolge gelangen weniger als die Hälfte der im Plastikmüll enthaltenen Kohlenwasserstoffe in neue Polymere oder andere Endprodukte. Angesichts der geringen Ausbeute, der bedenklichen Nebenprodukte und des hohen Energiebedarfs der Verschmelzung halten Verbände wie die Deutsche Umwelthilfe die Pyrolyse für den falschen Weg, um das Plastikmüllproblem zu lösen. Hinzu kommt, dass sich die Kunststoffmoleküle bei der Pyrolyse so stark zersetzen, dass sie anschließend komplett neu hergestellt werden müssen – mit viel Aufwand wie aus Erdöl.

Ob die Plastikpyrolyse in eine Sackgasse führt oder tatsächlich einen Beitrag zur Kreislaufwirtschaft leisten kann, wird sich in den kommenden Jahren zeigen. Klar ist: Bei der Bewertung und Optimierung dieser und anderer Recyclingtechniken spielt die Analytik eine Schlüsselrolle.

Uta Neubauer

Freie Journalistin, Bad Soden am Taunus
uta_neubauer@gmx.de



Typische Kondensationsstufen für Pyrolyseöl am Pyrolysereaktor (Foto: KIT/ITC)

Literatur

- 1) *Conversio market & strategy, „Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2023 – Zahlen und Fakten zum Lebensweg von Kunststoffen“, 2024.*

loopamid – ein recyceltes Polyamid 6 aus Textilabfällen

Mit Millionen Tonnen Textilabfällen werden jedes Jahr unzählige wertvolle Ressourcen entsorgt, mit stark steigender Tendenz. loopamid adressiert das Textilabfallproblem durch einen neuartigen Recyclingansatz: Die zugrunde liegende Depolymerisationstechnologie wandelt Alttextilien in hochwertige Rohstoffe um. Bei der Entwicklung und Durchführung des loopamid-Prozesses – von der Textilsortierung bis zur Qualitätssicherung – spielt die Analytik eine zentrale Rolle.

■ Der wirtschaftliche Erfolg von Recycling hängt stark von der Verfügbarkeit und den Kosten geeigneter Abfallströme sowie von den politischen Rahmenbedingungen ab. Für ein effizientes Recycling müssen Rohstoffe in ausreichender Menge und Qualität verfügbar sein. Die Qualität beeinflusst maßgeblich die Sortier- und Reinigungsaufwände, die Prozessintensität sowie die Qualität und den Preis des Rezyklats.

In einer Kreislaufwirtschaft beeinflusst auch die Art, wie Produkte gestaltet sind, maßgeblich deren Recyclingfähigkeit am Ende des Produktlebenszyklus (End of life, EoL). Ein wichtiger Begriff in diesem Zusammenhang ist „Design for Recycling“ (DfR). DfR zielt unter anderem darauf ab, problematische Substanzen oder Komponenten zu vermeiden, die Recycling erschweren. Ein weiterer DfR-Grundsatz ist es, die Materialkomplexität zu reduzieren, beispielsweise durch das Verwenden von Monomaterialien.^{1,2)}

Für das Recycling von Kunststoffen gibt es verschiedene Wege, die sich in ihren Anforderungen an die Qualität, aber auch im Energieaufwand unterscheiden (Abbildung 2, S. 34). Außerdem eignen sich nicht alle Polymertypen gleichermaßen für jedes Verfahren. Neben dem mechanischen Recycling stellt das Monomerrecycling durch Depolymerisation eine attraktive Route für Makromoleküle dar, die sich leicht in ihre Monomere zerlegen lassen, etwa typische Polykondensationspolymere. Dabei kann chemisches Recycling weniger sortenreinen Abfall verwenden, als er für ein mechanisches Recycling notwendig ist; es entstehen chemische Rohstoffe, die sich von ihren neu fossil produzierten Varianten nicht mehr unterscheiden.

Polyamid 6 (PA6) eignet sich besonders für ein chemisches Recycling, da es nur aus einem Monomer besteht, dem Caprolactam. Der loopamid-Prozess



Abb. 1. loopamid: das recycelte Polyamid 6 von BASF, das ausschließlich aus Textilabfällen hergestellt wird (Foto: BASF)

(PA6-Recycling) ist Teil eines geschlossenen Textil-zu-Textil-Kreislaufs (Abbildungen 1 und 2).

Analytikgestützte Textilsortierung

■ Aktuell bestehen viele Textilien nicht aus reinem Polyamid, sondern aus Mischungen verschiedener Materialien. Die Stoffarten zu identifizieren und zu trennen ist eine technische Herausforderung. Heute erfolgt Textilsortierung häufig manuell, ist auf gut erhaltene Kleidungsstücke für den Second-Hand-Markt ausgelegt und basiert auf der Erfahrung der Sortierer:innen oder auf den Informationen auf Etiketten. Mit dem Wunsch nach einer materialspezifischen Sortierung und einer Skalierung für größere Mengen an Alttextilien kommen zunehmend auch automatisierte Verfahren auf Basis von Nah-Infrarot-(NIR-)Spektroskopie zum Einsatz.

NIR-Spektroskopie ist eine etablierte Technik zur Materialanalyse, mit der sich die chemische Zusammensetzung von Textilien schnell und präzise bestimm-

men lässt. Dabei nutzen NIR-Spektrometer die Wechselwirkung von Infrarotlicht mit den Molekülen des Materials, um Informationen über die Struktur und Art des Stoffs zu liefern. In NIR-Spektren sind Obertöne und Kombinationsschwingungen der im mittleren Infrarot (MIR) liegenden Schwingungsfrequenzen abbildbar. Die Vorteile der NIR-Spektroskopie liegen in der einfachen Handhabung, da in der Regel keine Probenvorbereitung erforderlich ist, sowie in der im Vergleich zu MIR größeren Eindringtiefe der NIR-Strahlung, die es ermöglicht, auch Mischmaterialien zuverlässig zu erkennen. Mithilfe von Datenbanken und Machine-Learning-Algorithmen lassen sich Materialien innerhalb von Sekunden identifizieren.

Klassischerweise sind solche Spektrometer in Laboren oder als Kamerasysteme in großtechnischen Sortieranlagen verfügbar, aber aufgrund des Investitionsbedarfs nicht für alle Sortierbetriebe zugänglich. Die BASF-Tochterfirma trinamix hat eine mobile Version

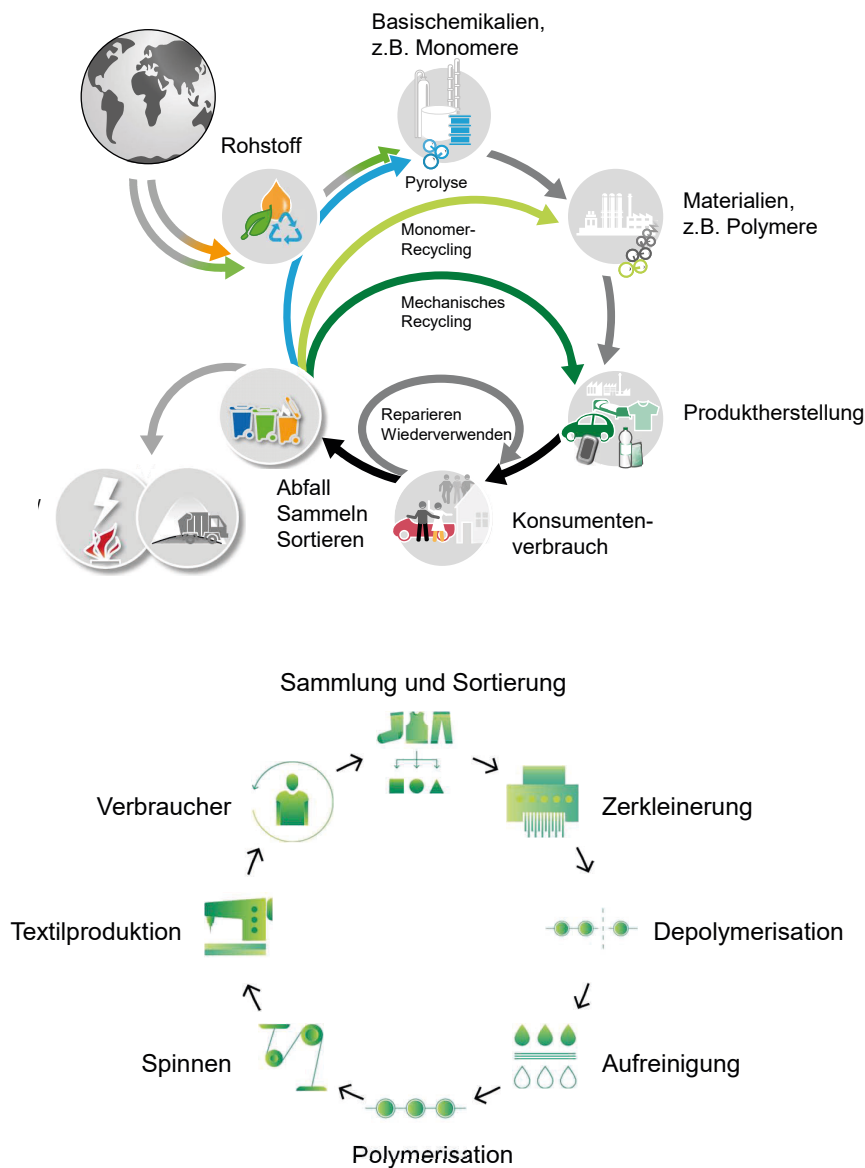


Abb. 2. Oben: Wege für das Recycling von Kunststoffen in einer Kreislaufwirtschaft.²⁾ Im Allgemeinen gilt: Je kleiner der Kreis, desto weniger Energie wird im Recyclingprozess verbraucht. Unten: Geschlossener Textil-zu-Textil-Kreislauf (Quelle: BASF)

dieser Technologie entwickelt, die eine flexible und ortsunabhängige Analyse verschiedener Materialien möglich macht (Abbildung 3). Damit lassen sich Qualität und Effizienz der Sortierung im Recyclingprozess steigern, und die Technik auch sehr einfach in bestehende Sortierprozesse integrieren. Das trinamix-Spektrometer identifiziert über 10 Textilfasern und über 30 Kunststoffmaterialien.

Nutzende der trinamix-Lösung erhalten innerhalb einer Sekunde ein Materialergebnis in der App angezeigt. Der patentierte Algorithmus, der PA6 und PA66 präzise unterscheidet, spielt eine entscheidende Rolle beim Vorsortieren von Alttextilien für das PA6-Recycling im Rahmen des loopamid-Projekts: Er trägt erheblich zu einer hohen Reinheit des sekundären Einsatzmaterials für das Recycling-Verfahren bei und findet bereits in vielen Sortierbetrieben Anwendung.

Prozessbegleitende Analytik

Die Diversität und Komplexität von Abfallströmen als Rohstoff – und auch von Proben aus Stufen im Recyclingprozess – macht den Einsatz mehrerer analytischer Techniken zur Prozessauslegung und Steuerung notwendig: Statt mit NIR können (zerkleinerte) Textilabfälle auch mit NMR detailliert auf ihre Polymerbestandteile hin untersucht werden (Abbildung 4, erste Flasche). Im Anschluss an das Sortieren und Zerkleinern erfolgt die Depolymerisation. Die Rohdepolymerisate sind durch Begleit-



Abb. 3. Mobile NIR-Technologie zur Textilsortierung (Foto: trinamix)

Testparameter	Spezifikation (recycltes) Caprolactam	Testmethode
Permanganat-Zahl	Max. 4	ISO 8660
UV-Absorptionszahl bei 290 nm	Max. 0,05	ISO 7059
Freie Säure	Max. 0,05 meq/kg	Titration
Freie Base	Max. 0,05 meq/kg	Titration
HAZEN-Farbzahl	Max. 3	ISO 8812

Tab. Identische Spezifikationen recycelten und herkömmlich hergestellten Caprolactams zur Qualitätssicherung

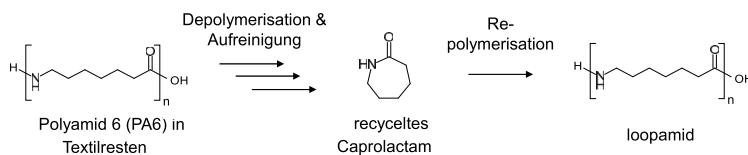


Abb. 4. Auswahl an Prozessproben sowie Caprolactam als zentrales Zwischenprodukt des loopamid-Prozesses. Von links: Textilabfall, Depolymerisat, gereinigtes Depolymerisat, Caprolactam, recycliertes Polyamid 6 (loopamid). (Foto: BASF)

stoffe stark gefärbt und lassen sich mit Hochleistungsflüssigchromatographie (HPLC) auf ihren Gehalt an Caprolactam als Wertprodukt untersuchen (zweite Flasche). Durch weitere Verfahrensschritte wird das Depolymerisat zunehmend entfärbt und aufgereinigt (dritte Flasche). Das erhaltene Caprolactam (vierte Flasche) wird final repolymerisiert zum recyclierten loopamid (fünfte Flasche).

Die Reinigung zu einem hochreinen Caprolactam lässt sich mit Gaschromatographie (GC) verfolgen (Abbildung 5). Eine große Zahl an Begleitstoffen können identifiziert werden, wenn man die GC mit der Massenspektrometrie (MS) koppelt; danach lassen sich die Reinigungsstufen auslegen.

Im Ergebnis gelingt durch eine geschickte Kombination von Verfahrensschritten die hocheffiziente Entfernung von

- Komponenten, die nicht depolymerisiert werden, zum Beispiel Baumwolle
- Oligomeren und Monomerbausteinen wie Diolen, Disäuren und Aminen aus Fremdpolymeren
- weiteren löslichen Begleitstoffen wie Additiven, Farbstoffen und anorganischen Salzen.

Der loopamid-Prozess zeichnet sich durch eine breite Toleranz gegenüber

typischen Fremdpolymeren aus, insbesondere Polyurethanen aus elastischen Fasern wie Elasthan und Polyester.

Analytik zur Qualitätssicherung

Caprolactam aus fossilen Quellen hat hohe Reinheitsanforderungen von 99,9–99,94 %, da die nachgelagerten Prozesse empfindlich auf Qualitätsschwankungen reagieren.³⁾ Die Tabelle zeigt die Spezifikationen für recycliertes Caprolactam als zentrales Zwischenprodukt des loopamid-Prozesses. Die Spezifikationen sind identisch zu denen

herkömmlich hergestellten Caprolactams und werden nach den gleichen international anerkannten Standardverfahren geprüft. Wichtige Qualitätskriterien sind ppm-Mengen an oxidierbaren Nebenkomponenten (Permanganatzahl), an aromatischen (UV-Absorptionszahl), sauren und basischen Nebenkomponenten sowie die Farbe.

Das recycelte Caprolactam liefert nach Polymerisation ein Produkt hervorragender Qualität, welches alle Spezifikationen traditionell produzierter Polymere erfüllt und sich somit zur Herstellung von Fasern eignet. Dass diese Spezifikationen erreicht werden, obwohl heterogene Textilabfallströme genutzt werden, zeigt die Robustheit des entwickelten Verfahrens und bietet die Möglichkeit von Drop-in-Lösungen in bestehende Produktionsketten.

Produkteinführung und Pilotanlage

Einem komplexen Recyclingprozess wie bei loopamid auszuarbeiten, erfordert – neben der Zusammenarbeit mit externen Partnern – die interdisziplinäre Zusammenarbeit und das Know-how in den Bereichen Analytik, (Polymer-)Chemie, Verfahrenstechnik und Prozesssimulation. Die Innovationsstärke von BASF, maßgeblich unterstützt durch ihre zentrale Forschungseinheit, ermöglichte im Jahr 2024 die Markteinführung von loopamid mit einer von der Produktions- und Verkaufskette Zara (Inditex-Konzern) gefertigten Jacke (Abbildung 6, S. 36). Gemäß eines „Design für Recycling“-Ansatzes sind alle

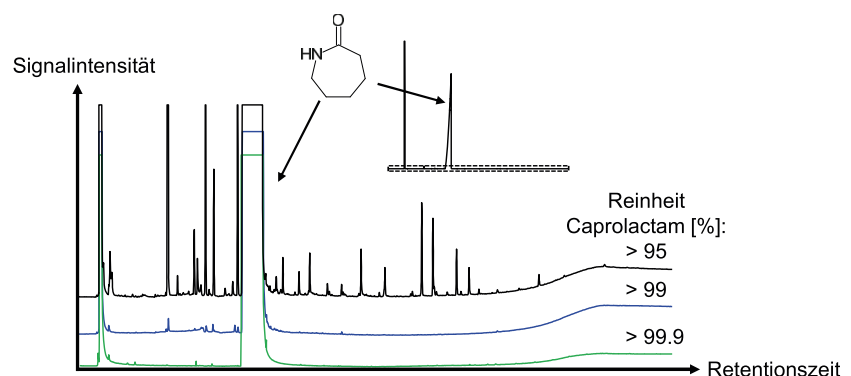


Abb. 5. Monitoring der Reinigung des recyclierten Caprolactams via GC mit Flammenionisationsdetektion. Gezeigt ist ein Übersichtschromatogramm mit gestrichelter Box für den Zoombereich sowie drei übereinandergelegte Chromatogramme von Prozessproben als ca. 50-facher Zoom. Der zu Beginn des Chromatogramms eluierende intensive Peak entspricht dem verwendeten Probenlösemittel.



Abb. 6. Model mit der Zara-Jacke vor der loopamid-Anlage in Shanghai (Foto: BASF)

Teile, einschließlich Stoffe, Knöpfe, Füllung, Klettverschluss und Reißverschluss aus loopamid.

Im März 2025 nahm BASF die weltweit erste kommerzielle loopamid-Anlage in Betrieb. Die Produktionsanlage am Standort Caojing in Shanghai, China, hat eine Jahreskapazität von 500 Tonnen. Die Anlage und die produzierten Mengen wurden nach dem Global Recycled Standard (GRS) zertifiziert.⁴⁾

Faissal-Ali El-Toufaily, Volker Neu und Maximilian Stangier, BASF
faissal-ali.el-toufaily@basf.com
volker.a.neu@basf.com
maximilian.stangier@basf.com

Literatur

- 1) B. von Vacano, H. Mangold, G. W. M. Vandermeulen et al., *Angew. Chem. Int. Ed.* 2023, 62, e202210823.
doi: 10.1002/ange.202210823
- 2) H. Mangold, B. von Vacano, *Macromol. Chem. Phys.* 2022, 223, 2100488.
doi: 10.1002/macp.202100488
- 3) „Caprolactam“: J. Tinge, M. Groothaert, H. op het Veld, J. Ritz et al., *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Wiley-VCH, Weinheim, 2018, 1–31.
doi: 10.1002/14356007.a05_031.pub
- 4) <https://textileexchange.org/recycled-claim-global-recycled-standard>
Video zum loopamid-Prozessablauf:
<https://youtu.be/TwWFOZ6HY8A?si=UHCgJxdaW7I2bkSB>

Kunststoffrecycling mit Durchblick

Mit Raman-Spektroskopie und datengetriebenen Techniken spürt ein bunter Partner-Mix aus Forschung und Industrie die verborgenen Geheimnisse im Rezyklat auf – für nachhaltige Kunststoffanwendungen ohne Kompromisse.

■ Weltweit stammten im Jahr 2023 nur circa 9 Prozent der eingesetzten Polymere und Kunststoffe aus recycelten Stoffströmen. Auch wenn der Anteil in Europa mit circa 19 Prozent schon deutlich größer ist, ist es noch ein weiter Weg hin zu einer nachhaltigen Nutzung von Polymeren in allen Bereichen und Anwendungen.¹⁾

Eine besondere Herausforderung sind die Eigenschaften der Kunststoffe nach dem mechanischen Recycling, denn diese sind zumeist schlechter als die der ursprünglichen Polymere, insbesondere bei Post-Consumer-Stoffströmen.²⁾ An diesem Punkt setzt das Konsortium SpecReK („Spektroskopische Untersuchung des Recyclings von Kunststoffen“) an: Wir versuchen, durch die Integration analytischer Methoden und datengetriebener Ansätze die Recyclingquote zu erhöhen und auch Märkte zugänglich zu machen, die ein hohes Anforderungsprofil an die Materialien haben.

Dafür bringen wir die Expertise verschiedener Partner zusammen – BASF, Universität Bayreuth, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Endress+Hauser und TechnoCompound –, um alle Aspekte von Recycling und Analytik abzudecken. Gefördert wird das Konsortium durch das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR).

Detektivarbeit im Kunststoffgemisch

■ Um das Recycling zu verbessern, fokussiert sich SpecReK auf drei zentrale Fragen und Herausforderungen:

- Wie beeinflussen Verunreinigungen, die beispielsweise während der Nutzung in den Stoffstrom eingebracht werden, die Eigenschaften von Polymeren?
- Wie lassen sich diese Verunreinigungen während des Recyclingprozesses adäquat und zuverlässig detektieren?

- Wie muss der Recyclingprozess auf Basis der analytischen Ergebnisse gestaltet und gesteuert werden, um eine möglichst hohe Recyclingquote zu erzielen, ohne jedoch einen signifikanten Verlust der Performance des Materials in Kauf zu nehmen?

SpecReK nutzt dafür das Know-how der Partner in der Raman-Spektroskopie: Diese Methode erlaubt es, Verunreinigungen im Stoffstrom zu detektieren. Allerdings treten Verunreinigungen meist nur in geringen Anteilen auf und es können viele verschiedene Stoffe im Polymer vorhanden sein.³⁾

Daher werden zunächst Polymere, Additive und mögliche Verunreinigungen in Reinform untersucht sowie Extraktionen durchgeführt, um Verunreinigungen zu identifizieren. Um das Detektionslimit zu verbessern, dient ein datenwissenschaftlicher Ansatz. Mithilfe von Hochdurchsatzexperimenten stellen wir eine Vielzahl an Stoffen und deren Mischungen her und untersuchen diese mit Raman-Spektroskopie. Dies schafft die Grundlage für eine breite Datenbasis, die sich schließlich für maschinelles Lernen und zur Unterdrückung der Polymersignale nutzen lässt. So soll es gelingen, die Nachweisgrenze für jeden Stoff zu reduzieren.

Anhand der Mischungen von Verunreinigungen, Additiven und Polymeren werden auch mögliche Eigenschaftsänderungen im Rezyklat untersucht. Dadurch werden Zusammenhänge zwischen dem Anteil der Verunreinigung und beispielsweise den mechanischen Eigenschaften deutlich. So lässt sich beispielsweise ein kritischer Wert für den maximalen Anteil an Verunreinigung ermitteln, oberhalb dessen sich das Eigenschaftsprofil zu stark verändert. Wird dieser im späteren Prozess überschritten, muss neues, nicht recyceltes Polymer zugesetzt werden, damit eine bestimmte Anwendung noch möglich ist. Eine präzise analytische Steuerung erlaubt es, den Anteil an Rezyklat entlang solcher Grenzen zu maximieren.

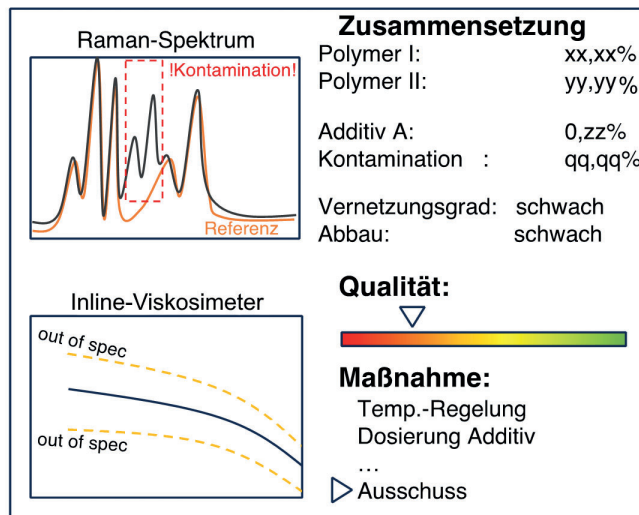


Abb. 1. Ermittlung der Zusammensetzung mittels Raman-Spektroskopie (sowie Inline-Viskosimetrie) und daraus abgeleitete Maßnahmen für den Prozess

Live-Update aus der Extrusionslinie

Der zweite Aspekt des Projekts fokussiert sich auf die Charakterisierung während des Verarbeitungsprozesses, der Extrusion. Hierbei besteht die Herausforderung darin, das Polymer und die Verunreinigungen während des Prozesses zu charakterisieren, in Echtzeit und unter Verarbeitungsbedingungen. Hierfür setzt SpecReK Raman-Sonden ein, die ein Live-Monitoring des Stoffstroms ermöglichen sollen. So entsteht ein zeitliches Profil des kontinuierlichen Prozesses, und es lässt sich zu jedem Zeitpunkt bestimmen, wie die Zusammensetzung des Stoffstroms im Extruder gerade ist.

Diese live generierten Daten sollen mit datenwissenschaftlichen Verfahren und einem Algorithmus auf Basis maschinellen Lernens kombiniert werden, um direkt während der Verarbeitung der Polymere anhand der ermittelten Zusammensetzung zu entscheiden, ob neues Material zugesetzt werden muss, ob zusätzliche Additive benötigt werden oder ob der aktuelle Stoffstrom nur für Anwendungen mit einem geringeren Anforderungsprofil nutzbar ist und ausgeschleust werden soll (Abbildung 1).⁴⁾ Auch hier ist das Ziel, die Recyclingquote hochzuhalten, möglichst wenig neues Material zu verwenden und dennoch anspruchsvolle Anwendungen zugänglich zu machen.

Stand der Dinge

Aktuell fokussiert sich das Forschungsprojekt hauptsächlich darauf, Daten zu akquirieren und die eingesetzten Materialien zu untersuchen. Mit mehreren hundert Raman-Spektren typischer Additive sowie von Polymerproben verschiedener Recyclingunternehmen wurde zunächst eine erste Grundlage für das maschinelle Lernen geschaffen. Darüber hinaus sind weitere strukturaufklärende Analysen der rezyklierten Kunststoffe nötig, um ein besseres Verständnis zu erlangen, welche Additive, Abbauprodukte oder Verunreinigungen in Rezyklaten enthalten sind. Außerdem wurden Proben künstlich gealterter Kunststoffe hergestellt,

indem Abbauprodukte oder deren Mischungen mit neuem Kunststoff extrudiert wurden. Dies soll helfen, den direkten Zusammenhang zwischen Abbauprodukten, Additiven und den mechanisch-physikalischen Eigenschaften des Rezyklats zu verstehen.

Damit kombiniert SpecReK Raman-Spektroskopie, datenwissenschaftliche Methoden, Online-Prozessüberwachung und Hochdurchsatzexperimente, um die Recyclingquote von Kunststoffen zu verbessern und den Einsatz recycelter Polymere für hochwertige Anwendungen zu ermöglichen (Abbildung 2).

Stefan Zechel, Moritz Kleybolte, Thomas Bocklitz und Ulrich S. Schubert, Friedrich-Schiller-Universität Jena
Bernhard von Vacano und Rui de Oliveira, BASF
Patrick Ehlers und Jürgen Dessecker, Endress+Hauser
Gerald Aengenheyster und David Sundermann, TechnoCompound
Holger Ruckdäschel, Universität Bayreuth

Literatur

- 1) Plastics Europe: Plastics – the fast Facts 2024. <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-fast-facts-2024>
- 2) B. D. Vogt, K. K. Stokes, S. K. Kumar, ACS Appl. Polym. Mater. 2021, 3, 4325–4346. doi: 10.1021/acsapm.1c00648
- 3) M. Messiha, J. Geier, C. Barretta, M. Bredacs, G. Oreski, T. Kratochvilla, P. Hruszka, F. Arbeiter, G. Pinter, Polym. Test. 2025, 151, 108952. doi: 10.1016/j.polymertest.2025.108952
- 4) S. Guo, J. Popp, T. Bocklitz, Nat. Protoc. 2021, 16, 5426–5459. doi: 10.1038/s41596-021-00620-3

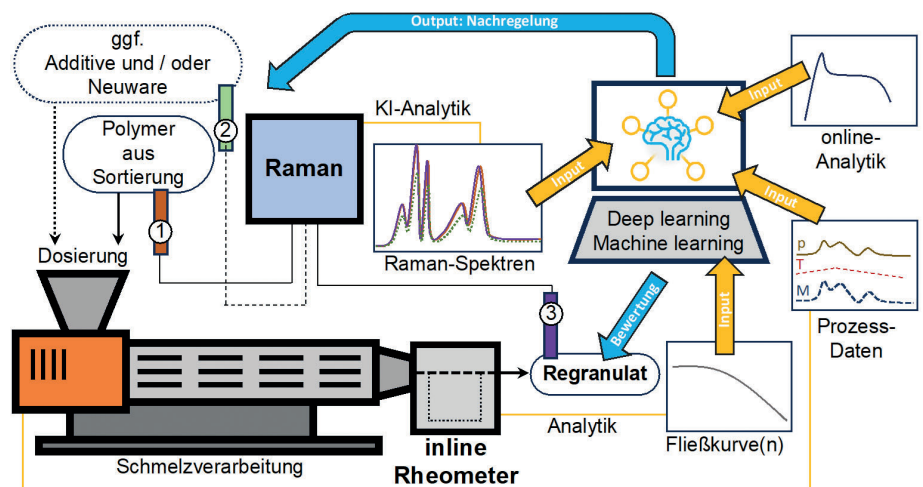


Abb. 2. Das Konzept von SpecReK

Tagungen & Fortbildungen

Colloquium Spectroscopicum Internationale

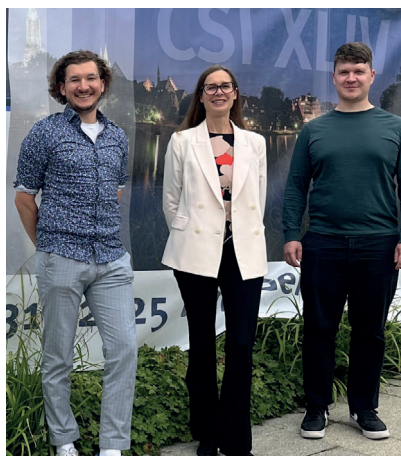
27.-31. Juli 2025 in Ulm / Neu-Ulm

■ Das bereits seit 1950 ausgetragene Colloquium Spectroscopicum Internationale (CSI) fand in diesem Jahr zum 44. Mal statt. Veranstaltungsort war das unter Denkmalschutz stehende Edwin-Scharff-Haus in Neu-Ulm. Dieses bietet einen direkten Blick auf die Donau und die Ulmer Altstadt.

Die Konferenz begann bereits am Sonntagabend mit einem gemeinsamen Kennenlernen bei Snacks und Getränken. Am Montagmorgen wurde die Tagung offiziell durch den Organisator Boris Mizaikoff eröffnet, Leiter des Instituts für Analytische und Bioanalytische Chemie an der Universität Ulm sowie des Hahn-Schickard-Instituts für Mikroanalysesysteme in Ulm. Anschließend folgte mit dem Eröffnungsvortrag von Ferenc Krausz, ungarisch-österreichischer Physiker und Physiknobelpreisträger des Jahres 2023, ein erstes Highlight: Krausz gilt als einer der Begründer der Attosekundenphysik und berichtete über deren Anwendung in der medizinischen Diagnostik, etwa zur frühzeitigen Erkennung von Krankheiten wie Krebs.

Die Themen der Vorträge in den darauffolgenden Tagen umfassten neben neuesten Methodenentwicklungen auch deren Anwendung, unter anderem in der Biomedizin, Nanotechnologie und Lebensmittelanalytik. Bei den Posteressions bot sich neben dem fachlichen Austausch und Networking auch die Möglichkeit, sich an den Ständen der Industriepartner wie Bruker und Shimadzu über Geräteentwicklungen zu informieren. Zudem stellten Doktoranden der Universität Ulm und des Hahn-Schickard-Instituts EU-finanzierte Forschungsprojekte wie Photonfood und Nethelix vor.

Am Mittwochnachmittag wurde eine einstündige Stadtführung angeboten: vom Ulmer Münster mit dem höchsten Kirchturm der Welt bis zum Fischerviertel, dem ältesten Stadtviertel mit



Kerstin Leopold (Mitte) vom Institut für Analytische und Bioanalytische Chemie der Universität Ulm mit den Doktoranden Sebastian Hauser (links) und Dominik Blaimer (Foto: A. Huber)

malerischen Fachwerkhäusern, verwinkelten Gassen und dem schiefsten Hotel der Welt, dem Schiefen Haus. Der Tag endete mit dem Konferenzdinner in einem ehemaligen Offiziersclub der US-Armee bei einem amerikanischen Buffet. Anschließend lud ein DJ zum Tanzen ein.

Der letzte Tag startete mit einem Plenarvortrag von Ryszard Łobinski, Forschungsdirektor am französischen Nationalen Forschungszentrum: Es sprach über die bedeutende Entwicklung der Atom- und Plasmaspektrometrie für die Spurenanalytik. Zum Ende der Veranstaltung wurde das 45. CSI angekündigt. Es wird vom 5. bis 10. September 2027 in Prag, der historischen Hauptstadt Tschechiens, stattfinden.

Dominik Blaimer

Anmerkung des Herausgebers:

Die Reisestipendien der Fachgruppe Analytische Chemie, die es Studierenden der analytischen Chemie erleichtern sollen, Tagungen im In- und Ausland zu besuchen, finanzieren sich aus den Einnahmen von *Analytical & Bioanalytical Chemistry (ABC)*. Fördern Sie also mit der Einreichung Ihrer Paper bei ABC den wissenschaftlichen Nachwuchs.

53. Deutsche Lebensmittelchemietage

22.-24. September in Halle (Saale)

■ Als wichtigste lebensmittelchemische Konferenz im deutschsprachigen Raum bieten die Deutschen Lebensmittelchemietage den idealen Rahmen, in dem sich jährlich Forschende, Mitarbeitende aus der freien Wirtschaft und der Überwachung sowie Studierende der Lebensmittelchemie und verwandter Fächer zum wissenschaftlichen Austausch treffen. Das Programm umfasste wieder ein breites Angebot an Plenar-, Diskussions- und Firmenvorträgen aus allen Teilbereichen dieser vielseitigen Disziplin. So waren Beiträge zu Lebensmittelanalytik, -recht, -toxikologie und -technologie vertreten; Themenschwerpunkte der Tagung waren chemische Mechanismen in Lebensmitteln, Biomakromoleküle und (pflanzliche) Lebensmittelkontaminanten. Mit rund 450 Teilnehmenden, 33 Vorträgen, 20 Posterflashtalks sowie 168 Posterbeiträgen war wieder ein vielfältiges Programm geboten.

Auch speziell analytisch Interessierte kamen auf ihre Kosten. Höchstaktuelles Thema ist beispielsweise die Verbesserung des Aromas – also der Kombination aus Geruchs- und Geschmacksstoffen sowie haptischer Eindrücke – von Fleischersatzprodukten als Proteinquelle aus sensorisch-analytischer Perspektive. Zu ihrem Dissertationsprojekt in diesem Bereich erläuterte Julia Heidenkamp von der TU München das analytische Konzept der Sensomics und dessen Anwendung in der Optimierung des Geschmacksprofils von Erbsenprotein. Gerade die Verzahnung von Lebensmittelensorik mit Target- und Non-Target-Analytik zur Aufklärung geschmacksrelevanter Verbindungen und deren Produkten ist hier eine wichtige Methodik.

Über die analytischen Herausforderungen bei der LC-MS-Analytik toxischer *Solanum*-Alkaloide in Nachtschattengewächsen wie Kartoffeln und Auberginen berichtete Christoph Czerwenka (AGES, Wien, Österreich). Florian Kaltner von der LMU München beleuchtete chemi-



Die Deutschen Lebensmittelchemietage fanden bei bestem Wetter im Audimax der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg statt. Links im Bild das berühmte Löwengebäude der Universität. (alle Fotos: F. Kaltner)

sche Veränderungen von Pflanzentoxinen, die versehentlich bei bestimmten Arten der Probenvorbereitung auftreten und das Analyspektrum in der Probe verändern können.

Auch in die klassische Lebensmittelchemie und -analytik wurde tief eingetaucht: Der Gastgeber Marcus Glomb (MLU Halle) sprach über die Aufklärung der chemischen Mechanismen der Fett-oxidation mit stabilisotopenmarkierten Prekursoren. Die diesjährige Werner-Baltes-Preisträgerin Jana Raupbach von der TU Braunschweig referierte zu gesundheitlichen Auswirkungen von Produkten aus der Maillard-Reaktion in Lebensmitteln.

Bei den Firmenpräsentationen waren namhafte Betriebe der Lebensmittelanalytik vertreten und berichteten zu Entwicklungen aus ihrem jeweiligen Feld: So wurde über die zunehmende Alltags-tauglichkeit der überkritischen Fluidchromatographie (SFC) gegenüber der klassischen HPLC referiert (Shimadzu), wie man mit modernen Geräten und Applikationen GC-Methoden hinsichtlich Ressourcenschonung optimieren kann (Agilent Technologies) sowie über Neuerungen bei der Direct-Analysis-in-Real-Time(DART)-MS (Bruker Daltonics).

Abgerundet wurde das Programm mit einem öffentlichen Abendvortrag von Martin Smollich vom Universitätsklinikum Schleswig-Holstein zu Ernährungsthemen und -mythen in den sozialen Medien, der häufig zum Schmunzeln, aber auch zum Nachdenken anregte. Am zweiten Konferenztag fand nahe der markanten Burg Giebichenstein mit

rund 200 Teilnehmenden der traditionelle gesellige Abend der Tagung statt. Bei gutem Essen und Getränken wurde gelacht, es wurden alte Freund- und Kollegschaften gepflegt sowie neue Bande geknüpft.

Die Lebensmittelchemietage seien insbesondere den jüngeren Analytikern nahegelegt, da sich hier vielfältigste analytische Techniken und Anwendungsbe-reiche wiederfinden. Durch die Lebensmittelthematik ist Praxisbezug für alle garantiert. Die nächste Tagung findet Mitte September 2026 in Kaiserslautern statt – ich freue mich, wenn wir uns dort sehen.

Florian Kaltner, Oberschleißheim



Die Teilnehmenden Desiree Ba und Florian Kaltner von der LMU München waren mit der rundum gelungenen Konferenz sehr zufrieden.

International Top-Down Proteomics Symposium

26.-28. August 2025 in Hamburg

■ Nach dem Erfolg des zweiten internationalen Top-Down Proteomics Symposiums 2023 in Chicago fand Ende August das dritte Symposium mit über 160 Teilnehmenden aus aller Welt in Deutschland statt. Organisiert hatten das Symposium in diesem Jahr Hartmut Schlüter und sein Team an der Universität Hamburg.

Der thematische Schwerpunkt des Symposiums lag auf der Analyse intakter Proteine, Proteoformen und Proteinkomplexe sowie ihrer biologischen und klinischen Relevanz. Neben hochkarätigen Fachvorträgen – unter anderem von Lloyd M. Smith, Neil Kelleher und Alexander Makarov – rundeten Workshops, ein Early-Career-Researcher-Meeting, eine Podiumsdiskussion und ein Konferenzdinner das Programm ab.

In der Podiumsdiskussion tauschten sich Expertinnen und Experten aus Industrie und Wissenschaft über das Image der intakten Proteinanalytik, die Bedeutung von Proteoformen, Wissenschaftskommunikation sowie die Herausforderungen in der Analyse intakter Proteine, Proteoformen und Proteinkomplexe aus. Die Präsenz großer Gerätehersteller, darunter Agilent, Bruker und Thermo Fisher Scientific, zeigte deren Interesse an der Entwicklung und dem Vertrieb von Geräten für diesen wachsenden Bereich.

Das Konferenzdinner an Bord der „Rickmer Rickmers“ bot den Teilnehmenden die Gelegenheit, in angenehmer Atmosphäre mit internationalen Kolleginnen und Kollegen ins Gespräch zu kommen, Projekte und wissenschaftliche Fragen zu diskutieren, bestehende Kontakte zu vertiefen und neue Kontakte zu knüpfen.

Vielen Dank an die Fachgruppe Analytische Chemie für die Unterstützung meiner Teilnahme an der Konferenz durch ein Tagungsstipendium. Dies ermöglichte es mir, die Fortschritte meiner Forschung zur Online-Kopplung von Umkehrphasenchromatographie mit Kapillarzonen-elektrophorese und Massenspektrometrie (nanoLCx-CZE-MS) für

die Analyse intakter Proteine und deren Proteoformen zu präsentieren, viele spannende Gespräche zu führen und neue Kontakte zu knüpfen, die mir bei aktuellen und potenziellen Projekten und Kooperationen weiterhelfen.

Tobias Waldmann

From Data to Insight – Mastering Visualization for Quality Control and Chemometrics

2–3 April 2025 in Langen

■ The workshop offered a deep learning experience for chemometrics professionals, focusing on how data visualization can turn complex data into useful insights. The workshop included keynote talks and practical sessions giving participants the skills and tools to communicate data through effective visuals.

The workshop started with keynote talks on different data visualization topics. Claudia Beleites from Chemomatrix introduced “Systematic data visualization: an introduction to the grammar of graphics” explaining how to design clear and effective visuals using this framework. She stressed the importance of organising visual data so that all parts work together to convey meaning clearly.

Kai Lawonn from FSU Jena’s Visualization and Explorative Data Analysis Group talked about “From pixels to insight: bridging visualization and perception for interdisciplinary research”. He emphasized the need to consider human perception when creating visuals, ensuring they are not only accurate but also easy to understand, especially in fields where communication across disciplines is important.

Claus O. Wilke from the University of Texas, Austin, USA concluded with “Effective visual communication” focusing on clear and persuasive communication through visuals. He shared ways to turn complex scientific data into simple, impactful visuals that tell a story, highlighting the need for clarity, simplicity, and audience engagement.

The hands-on sessions offered choices between R, Python, LibreOffice,

and Excel for visualization exercises. Participants learned to create visuals with expert guidance. R users learned about packages and functions for creating insightful graphics. Python users explored libraries like Matplotlib and Seaborn for publication-quality visuals. Those using LibreOffice or Excel received instructions on making professional visuals.

The workshop encouraged collaboration and networking. Participants shared experiences, challenges, and solutions with peers and industry leaders. The poster session and networking event allowed attendees to present their work, get feedback, and discuss ideas, enhancing the workshop experience and aiding personal and career growth.

The workshop was held at the Paul Ehrlich Institute with the Raman Spectroscopy & Data Science Team from the Central Method Development Department. It was supported by Zeiss, O’Reilly, and Springer.

In conclusion, the workshop was successful, providing a mix of theoretical knowledge and practical experience in data visualization. Focusing on chemometrics and quality control, it equipped participants with tools to communicate complex data clearly. The combination of lectures, practical sessions, and networking ensured attendees left with technical skills and professional connections.

*Joscha Christmann
für den AK Chemometrik*

EUCMOS XXXVI

24.-29. August 2025 in Wrocław, Polen

■ Als langjähriges Mitglied des Internationalen Komitees des Europäischen Kongresses für Molekül-Spektroskopie (EUCMOS) ist es mir ein besonderes Anliegen, auf diese Konferenz aufmerksam zu machen – insbesondere, da die Themen und Schwerpunkte vielfache Aspekte der analytischen Chemie umfassen. Die erste Tagung dieser herausragenden und geschichtsträchtigen Konferenzreihe fand bereits im Jahr 1951 in Basel statt. Seitdem wurden alle zwei Jahre EUCMOS-Treffen an verschiedenen Orten in Europa organisiert, bis die

Covid-19-Pandemie wissenschaftliche Treffen unmöglich machte. Erst im Jahr 2023 brachte die vorletzte Konferenz in Jyväskylä, Finnland, die interessierten Wissenschaftler wieder zusammen. In diesem Jahr wurde die EUCMOS zusammen mit der 44. Europäischen Tagung für Physikalische Organische Chemie (EMPOC) mit einem gemeinsamen wissenschaftlichen Programm veranstaltet.

Die Teilnehmerzahl mit 130 Teilnehmern reichte zwar noch nicht an die früheren Kongresse heran, doch die Erweiterung des Internationalen Boards sollte sich in deutlich vergrößertem Zuspruch der Spektroskopie-Nutzer und -Anwender in der Zukunft auswirken, zudem das wissenschaftliche Programm mit hervorragenden, international ausgewiesenen Rednern auch zukünftiges Interesse wecken sollte. Die Konferenz war mit 18 Plenarvorträgen, 64 kürzeren Präsentationen und 62 Postern hervorragend strukturiert; zudem wurden Firmen-Workshops zu neuesten Spektrometerentwicklungen und Anwendungen angeboten.

Die Themen umfassten folgende Schwerpunkte, die hier aus Sicht eines analytischen Chemikers mit molekülspektroskopischen Arbeitsweisen gewichtet und zusammengefasst sind:

- Biospektroskopie und Anwendungen
- Methoden und Entwicklungen in der Molekülspektroskopie
- Molekulare Struktur, Dynamik und Wechselwirkungen
- Chemometrie, theoretische chemische Physik und KI

Vorgetragen wurden Aspekte molekülspektroskopischer Methoden, hauptsächlich der Schwingungs- und UV/VIS-Spektroskopie, aber auch Beiträge zur NMR- und zur dielektrischen Spektroskopie einschließlich ihrer Anwendungen. Zu vermelden waren insbesondere Vorträge zur Biospektroskopie mit dem Stand der Forschung in der Medizin, darunter Beiträge zur Alzheimer-Früherkennung, zu neuesten Entwicklungen bei der Histopathologie von Gewebeproben und Blutzellen mittels Raman- und IR-Mikroskopie. Anwendungen der Spektroskopie beim Untersuchen von Kulturgütern zeigen die Breite der Themenbereiche. So wurden auch neueste Anwendungen der Prozessanalytik mittels NIR-Spektroskopie in der Nahrungs-



Teilnehmende beim European Congress on Molecular Spectroscopy (EUCMOS) 2025
(Foto: P. Piotrowski / Universität Wrocław)

mittelindustrie vorgestellt. Äußerst beeindruckend war der Bericht zu apparativen photonischen Systemen, die mit neuen Halbleiterlasern und Detektoren zur Miniaturisierung von Sensoren zur chemischen Analytik führen.

Ein anderer Schwerpunkt waren theoretische Ansätze, um die Struktur, Dynamik und Eigenschaften molekularer Systeme zu untersuchen. Hier spielen theoretische Berechnungen von Molekülspektren eine große Rolle, die durch die zukünftigen Möglichkeiten größerer Rechnerleistungen weitere Verfeinerungen zur Vorhersage und Interpretation experimentell gemessener Spektren erlauben werden.

Der Kongress wurde von der Universität Wrocław organisiert, mit Unterstützung der Wrocław University of Science and Technology und dem Institut für Tieftemperatur- und Strukturforschung der Polnischen Akademie der Wissenschaften. Die Teilnehmer des Kongresses sind insbesondere Kazimierz Orzechowski (Chairman), Justyna Krupa (Secretary) und dem weiteren lokalen Organisationsteam dankbar für eine hervorragende Konferenz, zudem mit wundervollem kulturellen Musikprogramm zu Beginn und in der Mitte der Tagung.

Alle Vorträge fanden im Auditorium der Universitätsbibliothek Wrocław und der Fakultät für Chemie statt. Diese Veranstaltungsorte befinden sich auf dem Grunwaldzki-Campus der Universi-

tät Wrocław, der in der Nähe des historischen Stadtkerns liegt, sodass sich auch touristische Aspekte zum Erkunden der mittelalterlichen Stadt mit dem Konferenzbesuch abdecken ließen. Für die Präsentation der Poster mit ihren umfangreichen Themen hätte vielleicht etwas mehr Zeit eingeplant werden können.

Die Sponsoren der Konferenz waren Bruker, Renishaw, Oxford Instruments, Chemland und *MDPI Spectroscopy Journal*, die den Kongress ebenfalls mit ihren Ausstellungen bereicherten. Für die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses mit herausragenden Beiträgen zur Molekülspektroskopie wurden prestigeträchtige Preise vergeben, unter anderem der Best Poster Prize awarded by Austin J. Barnes, der Henry H. Mantsch Spectroscopy Prize for Young Researchers sowie der Best Poster Prize und der Bruker Customer Excellence Award, beide gestiftet von der Firma Bruker.¹⁾

Die nächste Konferenz EUCMOS XXXVII wird in Málaga, Spanien, stattfinden, organisiert von Rosa López Ramírez. Interessierte sollten sich den 29. August bis 3. September 2027 vormerken.

H. Michael Heise

Literatur

- 1) <https://eucmos2025.uwr.edu.pl/en/eucmos-2025-prize-winners>

PhD student's seminar of the working group Chemometrics & Quality Assurance

10-12 September 2025 at University of Hamburg

■ One of the objectives of this event was to give young scientists the opportunity to network, exchange ideas and present and discuss their research results in the field of chemometrics. Five presentations and seven posters presented the evaluation of various spectroscopic and spectrometric data for the analysis of vaccines, tablets, and food.

Keynote Lectures

■ Since chemometric teaching in Germany is generally quite limited, another aim of this seminar was to cover relevant chemometric fundamentals. To this end, three renowned experts gave keynote lectures.

Stephan Seifert from the Hamburg School of Food Science provided an explanation of the fundamentals of the random forest algorithm, outlining its functionality and the advantages of using it to analyse high-dimensional data.

Tom Fearn from University College London explained the fundamentals of multivariate calibration. He addressed not only the relevant basics and potential pitfalls, but also the historical development of chemometric methods as well as current developments in this field.

Frank Westad from the Norwegian University of Science and Technology in Trondheim and Idletechs addressed the highly relevant topic of validation, illustrating it with anecdotes from his research career.

Sponsors and Excursion

■ In addition to Stork, which generously supplied sweets for the seminar, Zeiss and Galab provided financial support. The latter gave short presentations that provided an insight into their companies and products. Both companies highlighted the importance of chemometrics for their business and the need for well-educated personnel. During a

concluding excursion, participants had the opportunity to visit the Galab service laboratory and meet a potential future employer.

Workshop "Version Control with Git"

■ Git is fast and powerful open-source software for version control that can track changes and easily undo them if necessary. As part of the seminar, Harald von Waldow from the Johann Heinrich von Thünen Institute in Braunschweig, who is associated with Software Carpentry, taught the basics of Git in a one-day hands-on course, providing clear and descriptive instructions.

The next doctoral seminar will take place in Nuremberg from 23 to 25 September 2026 and the main topic will be design of experiments (DoE).

Stephan Seifert

European Biosensor Symposium

26.-29. Oktober 2025 in Tarragona, Spanien

■ Die EBS – European Biosensors Symposium – 2025 fand im Konferenzzentrum El Palau in Tarragona statt und überzeugte mit einem vielfältigen Programm rund um tragbare Biosensoren, Biorezeptoren, Detektionsmethoden, Datenanalyse, mikrofluidische Chips, Lateral-flow-Assays und vielem mehr. Nach der Begrüßung durch Organisatorin Maria Pilar Marco und einem kurzen historischen Rückblick zur Geschichte der EBS von Frieder Scheller eröffnete Paul

Yager die Konferenz mit einem Vortrag zu papierbasierten mikrofluidischen Systemen.

Die Plenarvorträge der folgenden Tage deckten ein breites Spektrum ab: von weichen, kabellosen Biosensoren für klinische Anwendungen über künstliche Intelligenz in Organ-on-a-Chip-Systemen bis hin zur digitalen Holographie für Biosensorik und der Entwicklung einsatzbereiter Sensoren für die Lebensmittelanalytik. Neben klassischen Vorträgen und Postersessions bot die Konferenz auch Plenardiskussionen zu KI-gesteuerten Biosensoren und Wearables, also tragbaren Biosensoren, im Alltag.

Ein weiteres Highlight war die Stadtführung durch das historische Zentrum Tarragonas, bei der man nicht nur die römische Vergangenheit der Stadt erkunden konnte, sondern auch Gelegenheit zum informellen Austausch hatte. Auch das Konferenzdinner bot in entspannter Atmosphäre Raum für vertiefende Gespräche und neue Kontakte.

Besonders gefreut hat mich die Möglichkeit, in einem Vortrag meine Forschung zur Integration von Heizelementen in mikrofluidischen Systeme für den Point-of-Care einem internationalen Publikum zu präsentieren. Durch darauffolgende Diskussionen konnte ich wertvolle Impulse für meine weitere Arbeit mitnehmen.

Mein herzlicher Dank gilt der Fachgruppe Analytische Chemie, die mir durch ein Teilstipendium die Teilnahme an der Konferenz ermöglicht hat. Die EBS 2025 war für mich nicht nur fachlich bereichernd, sondern auch persönlich ein besonderes Erlebnis, das mir neue Perspektiven eröffnet und mein Netzwerk erweitert hat.

Michael Lößl

analytica USA

10.-12. September 2025 in Columbus, Ohio, USA

■ Die erste Ausgabe der analytica USA fand mit 270 Ausstellern aus 19 Ländern statt. Der internationale Anteil lag bei 35 Prozent. Insgesamt kamen 2222 Teilnehmer aus 38 Ländern, um sich über Trends und Innovationen aus dem gesamten Spektrum der Labortechnik, Analytik und Biotechnologie zu informieren.

„Die erste analytica USA legte den Grundstein für unsere Präsenz auf dem US-Markt und bestätigte uns in der Strategie, Leitmesssen in internationale Wachstumsmärkte zu tragen. Die USA zählen zu den weltweit größten Labor- und Analysemärkten, und ergänzen unser Portfolio in China, Indien, Südafrika und Vietnam ideal“, sagt Reinhard Pfeiffer, Geschäftsführer der Messe München.

Die Messen des weltweiten analytica-Clusters decken das gesamte Spektrum der Laborwelt in Industrie und Forschung ab, und bieten eine Plattform für Innovationen, Networking und Wissenstransfer. „Die Kombination aus Fachmesse, wissenschaftlicher Konferenz und Live-Demonstrationen war ein Novum für den US-Markt und ist bei den Besuchern gut angekommen“, ergänzt Susanne Grödl, Exhibition Director analytica shows worldwide. „Das Fachpublikum setzte sich aus einer guten Mischung von Applikationsspezialisten und Komponentenlieferanten zusammen. Unser Ziel ist es, die Messe weiter zu etablieren und künftig das Besucherpotenzial des US-Markts noch stärker auszuschöpfen.“ Die USA gehören zu den weltweit führenden Märkten für Labor- und Analysetechnik sowie Forschung mit einem internationalen Marktanteil von 25 Prozent und rund 190 000 Laboren.

Im Mittelpunkt der analytica USA standen die Themen Digitalisierung und Nachhaltigkeit im Laborumfeld. Die Sonderschau „Digital Transformation“ machte digitale Prozesse im Labor live erlebbar und informierte über die neuesten Entwicklungen des vernetzten Arbeitens. Im Live Lab konnten Besucher



Michael Lößl während seines Vortrags bei der EBS 2025 (Foto: C. Reiner)

gängige Laborprozesse an einer kompletten Laborzeile verfolgen. Die Lab Safety Show zeigte anschaulich, wie gefährliche Situationen im Labor entstehen und wie man sie vermeidet. Im Exhibitor Forum vermittelten Vertreter führender Unternehmen in Best-Practice-Präsentationen ihr Fachwissen. Für fachliche Tiefe sorgte zudem die wissenschaftliche Konferenz mit 18 hochkarätigen, internationalen Sprechern. Top-Themen waren unter anderem der Vortrag von John McLean zum Forschungsgebiet Phenomics sowie von Ralf Zimmermann zur Auswirkung von Feinstaub auf Lungenzellen.

Die nächste analytica USA findet im Herbst 2027 statt.

Quelle: Messe München

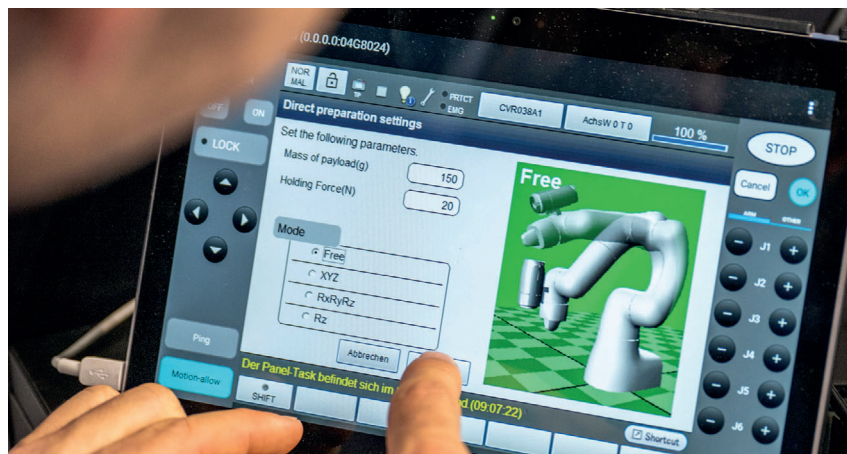
Ankündigung

analytica 2026: KI als Treiber der digitalen Transformation

24.-27. März 2026 in München

■ Die Weltleitmesse für Labortechnik, Analytik und Biotechnologie rückt 2026 ein Thema besonders in den Fokus: die digitale Transformation der Branche. Ob automatisierte Analysen, helfende Roboter oder KI-Tools für die Datenauswertung: Die digitale Transformation der Laborwelt ist in vollem Gang, aber noch lange nicht abgeschlossen. „Mit der analytica begleiten wir den Wandel und laden ein zum Blick ins Labor von morgen“, betont Exhibition Director Susanne Grödl.

In der analytica-Sonderschau „Digital Transformation“ erleben die Besucher, wie sich Hard- und Software verschiedener Hersteller vereinen, um das digitale Arbeiten im Labor intuitiver zu gestalten und Prozesse zu automatisieren. An der Sonderschau beteiligen sich 18 Aussteller, darunter Branchengrößen wie Liebherr, Metrohm, Mettler Toledo und Sigma. Gemeinsam präsentieren sie interaktive Exponate und Workflows zu verschiedenen Anwendungsbeispielen – von digitalisierten Abläufen in der Trinkwasser-, Aroma- und Duftstoffanalytik bis zu automatisierten Temperier-



Die analytica 2026 rückt die Themen KI, Digitalisierung und Automatisierung besonders in den Fokus. (Foto: Messe München)

prozessen. Besonderes Highlight: ein Cobot von Universal Robots, der Proben in Zentrifugen stellt und auch andere Tätigkeiten perfekt beherrscht.

Damit die digitale Transformation gelingt, müssen Daten aus unterschiedlichen Quellen zusammengeführt und in ein einheitliches Format transformiert werden, das sowohl für Menschen als auch für Maschinen lesbar ist. Das LIMS und Lab Execution System SAMPLES von analytica-Aussteller Qualitytype unterstützt diesen Prozess, denn es bietet Schnittstellen zum Laden und Verarbeiten von Daten mit externen Tools wie Excel. Die Brücke zwischen Laborgeräten und LIMS wiederum schlägt analytica-Aussteller Splashlake mit einer Schnittstelle, die Daten direkt ins LIMS überführt und die Anbindung an eine KI-basierte Analytik unterstützt.

Die digitale Transformation und KI-Methoden stehen auch auf dem Programm der wissenschaftlich orientierten analytica conference. Mehrere Referenten gehen auf den Erkenntnisgewinn ein, den sie vom Einsatz künstlicher Intelligenz erwarten. „KI wird das automatisierte Labor der Zukunft nicht nur steuern, sondern darüber hinaus neue Hypothesen oder Synthesewege generieren“, prognostiziert Ulrich Panne, Präsident der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in Berlin. Er leitet die Session „Digital Analytical Sciences“ am Mittwochvormittag (25.03.) mit Vorträgen zu Self-Driving-Labs und digitalen Tools in der Massenspektrometrie, Photonik sowie Lebensmittelanalytik.

Quelle: Messe München

Ankündigung

Doktorandenseminar des AK Separation Science

11.-13. Januar 2026 im Hessen Hotel-park Hohenroda

■ Der Arbeitskreis Separation Science der GDCh veranstaltet vom 11. bis 13. Januar 2026 sein 36. Doktorandenseminar im Hessen Hotelpark Hohenroda.

Das Organisationsteam um Michael Lämmerhofer lädt herzlich alle Doktoranden, Kollegen aus der akademischen Forschung sowie Vertreter aus der Industrie zur Teilnahme ein.

Das Seminar bietet Nachwuchswissenschaftlern die Möglichkeit, eigene Forschungsarbeiten aus dem Bereich der analytischen Trenntechniken zu präsentieren und sich in einem interdisziplinären Umfeld auszutauschen. Themen sind unter anderem Flüssig- und Gaschromatographie, Massenspektrometrie und Ionenmobilität, Instrumentierung, Umwelt- und Lebensmittelanalytik sowie pharmazeutische (Bio-)Analytik. Begleitet wird das Programm von Gastvorträgen aus der Industrie, Tutorials sowie der Verleihung des Ernst-Bayer-Preises für eine herausragende Publikation in den Trenntechniken.

Weitere Informationen sowie Anmeldung unter: <https://uni-tuebingen.de/doktorandenseminar-hohenroda>

Bei Fragen kontaktieren Sie das Organisationsteam unter: doktorandenseminar@pharm.uni-tuebingen.de

Preise & Stipendien

Paul-Crutzen-Preis für Nachwuchswissenschaftlerin Anna Röhnelt



Preisträgerin Anna Röhnelt (Mitte) mit Stefan Hahn und Stefanie Wieck vom Vorstand der Fachgruppe Umweltchemie & Ökotoxikologie
(Foto: Umweltbundesamt, S. Kambor)

■ Der Paul-Crutzen-Preis 2025 – gestiftet von der Bayer AG – wurde anlässlich der Fachgruppen-Jahrestagung „Umwelt 2025“ am 23. September 2025 an Anna Magdalena Röhnelt verliehen. Die Auszeichnung würdigt die im Rahmen ihrer Promotionsarbeit an der Universität Tübingen angefertigte Publikation „Glyphosate is a transformation product of a widely used aminopolyphosphonate complexing agent“.¹⁾

Anna Röhnelt befasste sich in ihrer Publikation mit dem Umweltverhalten von Aminopolyphosphonaten (APPs), die als Komplexbildner in Industrie und privaten Haushalten weite Verbreitung finden. Die geringe Bioabbaubarkeit

von APPs führt dazu, dass diese in Kläranlagen trotz partieller Entfernung durch Sorption an den Klärschlamm in erheblichen Restkonzentrationen im Abwasser verbleiben. In ihrer sehr umfassenden Arbeit untersuchte Anna Röhnelt die Mechanismen, die Kinetik und die Produkte der Transformation von APPs in Gegenwart von Manganmineralien. Neben der beeindruckenden Erfassung der komplexen Umwandlungsprozesse war eine herausragende Entdeckung zweifellos der Nachweis von Glyphosat als stabiles Transformationsprodukt. Diese Ergebnisse plausibilisieren jüngste Berichte, die auf kommunale Abwässer als eine bisher unerkann-

te Quelle für Glyphosat in europäischen Oberflächengewässern hindeuten.

Quelle: GDCh

Literatur

- 1) *Nature Communications* 2025, 16, 2438.
doi: 10.1038/s41467-025-57473-7

EuChemS-DAC-Award an Günter Gauglitz

■ Am 4. September 2025 erhielt Günter Gauglitz, Universität Tübingen, in Barcelona den EuChemS-Division of Analytical Chemistry (DAC) Award 2025. Dieser Preis wird alle zwei Jahre an Persönlichkeiten verliehen, die sich um die analytische Chemie in Europa, sowohl in Forschung als auch in Lehre, verdient gemacht haben. Die Division of Analytical Chemistry würdigt mit dieser Auszeichnung Günter Gauglitz' langjähriges Engagement und seine nachhaltigen Beiträge zur Entwicklung der analytischen Chemie in Europa. Im Anschluss an die sehr gut besuchte Preisverleihung hielt Günter Gauglitz seinen Plenarvortrag „Sensors – Tools for Biointelligence?“ Herzlichen Glückwunsch zur Auszeichnung!

Impressum

Herausgeber:
Vorstand der Fachgruppe
Analytische Chemie in der
Gesellschaft Deutscher Chemiker
PO-Box 900440
60444 Frankfurt/Main

c.kniep@gdch.de
Telefon: 069 7917-499
www.gdch.de/analytischechemie

Redaktion:
Brigitte Osterath
Am Kalkofen 2
53347 Alfter
mitteilungsblatt@go.gdch.de

Grafik: Jürgen Bugler

Druck: Seltersdruck &
Verlag Lehn GmbH & Co. KG

Bezugspreis im Mitgliedsbeitrag
enthalten

Erscheinungsweise: 4 x jährlich
ISSN 0939-0065

Redaktionsschluss Heft 01/2026:
02.02.2026

Beiträge bitte an die Redaktion



Marcela Segundo von der Universität Porto, Vorsitzende der DAC, übergab zum Abschluss der Euroanalysis 2025 den EuChemS-DAC-Award an Günter Gauglitz.
(Foto: M. Vogel)

Ruth Bieringer wird Präsidentin der GDCh

Susanne Rehn-Taube und Carla Seidel unterstützen sie als stellvertretende Präsidentinnen

■ Ruth Bieringer, Vice President Technology & Innovation – Material Technology bei Freudenberg Sealing Technologies, wird zum 1. Januar 2026 Präsidentin der Gesellschaft Deutscher Chemiker. In ihrer zweijährigen Amtszeit möchte sie vor allem den Dialog mit politischen Entscheidungsträgern intensivieren und sich für faktenbasierte wissenschaftliche Informationen einsetzen.

Ruth Bieringer wurde in der Sitzung des GDCh-Vorstands am 1. Oktober 2025 mit einer Enthaltung zur künftigen Präsidentin gewählt. Sie folgt auf Stefanie Dehnen vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT), die das Amt turnusgemäß für zwei Jahre innehatte. Zu stellvertretenden Präsidentinnen, ebenfalls ab Januar 2026, wurden Carla Seidel, BASF Ludwigshafen, und Susanne Rehn-Taube, Deutsches Museum Mün-

chen, gewählt. Dem Präsidium gehören weiterhin Franz von Nussbaum, Nuvisan ICB, Berlin, als Schatzmeister und für das erste Jahr Stefanie Dehnen als Immediate Past President an.

Ruth Bieringer, geboren 1971, studierte Chemie an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, bevor sie 1999 an der Universität Bayreuth in Polymerchemie promovierte. Im Anschluss begann sie ihre Karriere bei Freudenberg, die sie über mehrere Stationen in der zentralen Forschung bis zu ihrer heutigen Position geführt hat. Seit dem Jahr 2020 ist sie Vice President Technology & Innovation – Material Technology bei Freudenberg Sealing Technologies in Weinheim. Zusätzlich ist sie Lehrbeauftragte an der Hochschule RheinMain im Bereich Werkstoffkunde (Polymere).

Quelle: GDCh



Ruth Bieringer (Foto: Freudenberg Sealing Technologies)

Geburtstage

Wir gratulieren unseren Mitgliedern, die im ersten Quartal 2026 einen runden Geburtstag feiern, und wünschen alles Gute:

Zum 60. Geburtstag

Jens Ahrens, Duingen
Jürgen Branke, Schramberg
Volker Frost, Winterthur, Schweiz
Markus Gärtner, Konstanz
Hans-Ulrich Humpf, Münster
Reimund Lammers, Lingen
Volker Lansmann, Flieden
Thomas Renner, München
Christoph Thomas, Schwerte
Wolfgang Völkel, Kottgeisering
Monika Wortberg, Harthausen

Zum 65. Geburtstag

Claude-P. Aebischer, Liestal, Schweiz
Boris Gödicke, Krefeld
Christoph Heinekamp, Karlsfeld
Detlef Hirschfelder, Barleben
Martin Koerner, Essen
Arnold Neumann, Kochel
Wilfried Rockensüß, Homberg
Jan Sunderkötter, Berlin
Michael G. Weller, Rangsdorf

Zum 70. Geburtstag

Christine Bartzsch, Jena
Angelika Becker, Castrop-Rauxel
Stefan Brüggerhoff, Mülheim
Dieter Gladtko, Köln
Hans-Joachim Heinrich, Berlin
Ulrich Köhler, Hamburg
Wolfgang Schäfer, Weisenheim am Berg
Günther Wahl, Frankfurt am Main
Joachim R. Wesener, Köln

Zum 75. Geburtstag

Burckhard Kaussmann, Sievershagen
Gundel Riebe, Berlin
Gerhard Rimkus, Neumünster

Zum 80. Geburtstag

Walter Jäger, Tübingen

Zum 85. Geburtstag

Peter Jugelt, Radebeul
Günter Knapp, Graz, Österreich

Zum 95. Geburtstag

Peter Günter Dietrich, Berlin

Aus datenschutzrechtlichen Gründen weisen wir Sie darauf hin, dass Sie sich beim GDCh-Mitgliederservice unter ms@gdch.de melden können, wenn Sie nicht wünschen, dass Ihr Name im Rahmen der Geburtstagsliste veröffentlicht wird.

GDCh-Fortbildungen

Detaillierte Informationen finden Sie auf <https://gdch.academy>

Zögern Sie nicht, uns bei Fragen zu kontaktieren: academy@gdch.de, Tel.: 069 7917-364

Start jederzeit möglich, online

Neu als Führungskraft in der chemischen und pharmazeutischen Industrie (Kurs-ID: 904/26)

Leitung: Agnieszka Kehrel

Start jederzeit möglich, online

Einführung in die Betriebswirtschaftslehre für Chemiker (m/w/d) (Kurs-ID: 901/26)

Leitung: Prof. Dr. Uwe Kehrel

Start jederzeit möglich, online

Projektmanagement für Chemiker (m/w/d) (Kurs-ID: 903/26)

Leitung: Prof. Dr. Uwe Kehrel

24. Februar 2026, online

GLP „Refresher“-Kurs (Kurs-ID: 531/26)

Leitung: Prof. Dr. Jürgen Pomp

2. März 2026, Frankfurt am Main

Die Qualitätssysteme GMP (Gute Herstellungspraxis) und GLP (Gute Laborpraxis) im Überblick – Ein Leitfaden der Guten Praxis, Einzelne oder als Fachprogramm „Geprüfter Qualitätsexperte GxP GDCh (m/w/d)“ buchbar (Kurs-ID: 510/26)

Leitung: Dr.-Ing. Barbara Pohl

5. – 6. März 2026, Frankfurt am Main

Controlling, Einzelne oder als Fachprogramm Geprüfter Wirtschaftskemiker GDCh (m/w/d) buchbar (Kurs-ID: 884/26)

Leitung: Prof. Dr. Uwe Kehrel

23. – 27. März 2026, Frankfurt am Main

NMR-Spektrenauswertung, Grundlagenkurs (Kurs-ID: 505/26)

Leitung: Prof. Dr. Reinhard Meusinger

24. – 26. März 2026, Frankfurt am Main

GLP-Intensivtraining mit QS-Übungsaufgaben: Methodenvalidierung und Gerätequalifizierung unter GLP (Gute Laborpraxis) – mit Praxisteil, Einzelne oder als Fachprogramm „Geprüfter Qualitätsexperte GxP GDCh (m/w/d)“ buchbar (Kurs-ID: 526/26)

Leitung: Prof. Dr. Jürgen Pomp

13. – 14. April 2026, Frankfurt am Main

Strategisches Management, Einzelne oder als Fachprogramm Geprüfter Wirtschaftskemiker GDCh (m/w/d) buchbar (Kurs-ID: 878/26)

Leitung: Prof. Dr. Stephan von Delft

14. – 16. April 2026, Frankfurt am Main

Grundlagen der praktischen NMR-Spektroskopie für technische Beschäftigte (Kurs-ID: 334/26)

Leitung: Dr. Johannes C. Liermann

16. April 2026, Frankfurt am Main

Regulatory Affairs: Grundlagen der Chemikalien-, Pflanzenschutzmittel-, Biozid- und Pharmazeutikazulassung in der EU (Kurs-ID: 944/26)

Leitung: Dr. Thorben Bonarius

17. April 2026, Frankfurt am Main

Medizinprodukt, Chemikalie oder Kosmetika – Welche Zulassungsstrategie passt am besten? (Kurs-ID: 946/26)

Leitung: Dr. Thorben Bonarius

22. April 2026, Frankfurt am Main

Methodenvalidierungen in der analytischen Chemie unter Berücksichtigung verschiedener QS-Systeme, Einzelne oder als Fachprogramm „Geprüfter Qualitätsexperte GxP GDCh (m/w/d)“ buchbar (Kurs-ID: 523/26)

Leitung: Dr.-Ing. Barbara Pohl

23. – 24. April 2026, online

GMP-Intensivtraining: Hintergründe und Essentials der GMP (Gute Herstellungspraxis) auf deutscher, europäischer und amerikanischer Ebene – mit Praxisteil, Einzelne oder als Fachprogramm „Geprüfter Qualitätsexperte GxP GDCh (m/w/d)“ buchbar (Kurs-ID: 525/26)

Leitung: Dipl.-Ing. Jürgen Ortlepp

27. April 2026, Frankfurt am Main

Aufbau, Erhalt und kontinuierliche Verbesserung eines QM-Systems, Anforderungen an ein QM-System nach GMP, Einzelne oder als Fachprogramm „Geprüfter Pharmaexperte GDCh (m/w/d)“ buchbar (Kurs-ID: 560/26)

Leitung: Dipl.-Ing. Jürgen Ortlepp

28. – 29. April 2026, Frankfurt am Main

Qualitätsverbesserung und Kostenreduzierung durch statistische Versuchsmethodik, Design of Experiments (DoE) (Kurs-ID: 960/26)

Leitung: Dipl.-Math. Sergio Soravia

28. April 2026, Frankfurt am Main

Risikomanagement: Qualitätsrisikomanagementsystem als Teil des QM-Systems, Risikobetrachtung nach regulatorischen Vorgaben (ICH Q9), Einzelne oder als Fachprogramm „Geprüfter Pharmaexperte GDCh (m/w/d)“ buchbar (Kurs-ID: 561/26)

Leitung: Dipl.-Ing. Jürgen Ortlepp



Lives in Chemistry – Lebenswerke in der Chemie

- Hommage an ausgezeichnete Forschung
- Erzählen wie es gelang
- Inspirieren für die Zukunft

Die Bücher zeichnen sich aus durch

- künstlerische Gestaltung
- nachhaltige Materialien
- eine hohe Zahl an Abbildungen
- Zweifarbigkeit im Druck und
- Vielfarbigkeit in E-Versionen
- Schubser und Lesezeichen im Siebdruck
- einen Preis von **39,80 €**

Wir – die Autoren, der Beirat und die GDCh – freuen uns auf Kommentare und Anregungen.

Schauen? Lesen? Lohnt sich!

Um chemischer Kreativität auf die Spur zu kommen, um die Chemielandschaft von heute zu verstehen, um neue Wege zu wagen.

Wir danken

- Henri **BRUNNER**, Regensburg
- Franz **EFFENBERGER**, Stuttgart
- Albert **ESCHENMOSER**, Zürich
- Gerhard **ERTL**, Berlin
- Stephen B. H. **KENT**, Chicago, USA
- Horst **KESSLER**, München
- Katharina **KOHSE-HÖINGHAUS**, Bielefeld
- Günther **MAIER**, Gießen
- Klaus **MÜLLEN**, Mainz
- Ryoji **NOYORI**, Nagoya, Japan
- Sigrid **PEYERIMHOFF**, Bonn
- Dieter **OESTERHELT**, München
- Larry E. **OVERMAN**, Irvine, USA und
- Hubert **SCHMIDBAUR**, München,

dass sie bereit waren, sich zu erinnern und ihre besonderen Lebenswerke zu dokumentieren.

Mit einem Beirat der GDCh-Fachgruppe Geschichte der Chemie

- Katharina **FROMM**, Fribourg, Schweiz
- Peter **GOELTZ**, Weinheim
- Ralf **HAHN**, Berlin
- Henning **HOPF**, Braunschweig
- Dieter **JAHN**, Hamburg
- Martin **OESTREICH**, Berlin
- Carsten **REINHARDT**, Bielefeld
- Eva E. **WILLE**, Weinheim

und dem Buchgestalter Andreas Töpfer entstanden sehr persönliche Lehrbücher, aus denen man nicht nur Chemie lernen kann. Anhänge im Buch, Supporting Material inkl. Videos und Social-Media-Beiträge zeigen historische und fachliche Zusammenhänge in der Chemie. Die Autoren beschreiben die Entwicklung neuer Techniken,

neuer Wissenschaftsfelder, neuer Konzepte, z. B. das der nachhaltigen Chemie. Viele Facetten persönlicher Karrieren und Herausforderungen werden sichtbar und nachvollziehbar. Das Lesen und Entdecken wird zum Erlebnis, lässt chemische Kreativität und Eigensinn begreifen.

Wir danken dem Initiator und Förderer Karl Reuter, Freiburg, dass sein Lebensmotto „Den Schöpfergeist im Menschen wecken“ diese Kollektion entstehen lässt; er wurde 2025 von der GDCh dafür mit der Carl-Duisberg-Plakette ausgezeichnet.

LIVES IN CHEMISTRY | LEBENSWERKE IN DER CHEMIE



Die gesamte, von der Stiftung Buchkunst mit einer Goldmedaille ausgezeichnete Reihe umfasst derzeit 53 cm.



GDCh
rethinking chemistry

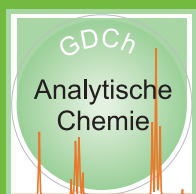
FACHGRUPPE
GESCHICHTE
DER CHEMIE



GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER

Fachgruppe Analytische Chemie

Die Stimme der analytischen Chemie



Die GDCh-Fachgruppe Analytische Chemie hat 2500 Mitglieder und ist seit ihrer Gründung im Jahr 1951 die Vertretung der analytischen Chemie in Deutschland. Sie vernetzt Hochschulen, Ausbildungseinrichtungen, Behörden, Industrie, Gerätehersteller und selbstständige Laboratorien sowie Medien. Sie gibt der analytischen Chemie in Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Öffentlichkeit eine starke Stimme und fördert die Ausbildung in analytischer Chemie. Intensive sachbezogene Arbeit wird in den neun Arbeitskreisen und im Industrieforum Analytik geleistet.

AUSTAUSCH & INFORMATION

- **Mitteilungsblatt.** Die vier Ausgaben pro Jahr sind in elektronischer Form über die Webseite zugänglich. Ein Sonderheft pro Jahr behandelt gesellschaftlich relevante Themen wie Industrielle Analytik (2023), Bioanalytik (2024) und Nachhaltigkeit (2025).
- **LinkedIn-Gruppe.** Analytik-News, Veranstaltungsankündigungen und vieles mehr.
- **Analytical & Bioanalytical Chemistry (ABC).** Besondere Unterstützung und Einsatz für den Erfolg der Zeitschrift, an dem die Fachgruppe finanziell beteiligt ist. Mitglieder haben kostenlosen Zugang zur Online-Version.

PREISE & EHRUNGEN

- **Studienpreise** (jahrgangsbeste BSc- und MSc-Arbeiten)
- **Fachgruppenpreis** (wissenschaftlicher Nachwuchs)
- **Fresenius Lectureship** (renommierte Hochschullehrer:innen)
- **Clemens-Winkler-Medaille** (Lebenswerk)
- **Fresenius-Preis** (GDCh-Preis; besondere Verdienste um die analytische Chemie; die Fachgruppe ist in der Auswahlkommission vertreten)
- **Preise der Arbeitskreise**

STIPENDIENPROGRAMM & MEHR

- **Allgemeine Tagungsstipendien**
- **Publikationsstipendium ABC**
- **Spezialstipendien**
- **Exkursionen**

GDCh-Geschäftsstelle

Dr. Carina S. Kniep

Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V.

Varrentrappstraße 40-42

60486 Frankfurt am Main

Telefon: +49 (0)69 7917-499

E-Mail: c.kniep@gdch.de



TAGUNGEN & VERANSTALTUNGEN

- **ANAKON.** Die zentrale wissenschaftliche Tagung der Fachgruppe, ausgerichtet alle zwei Jahre gemeinsam mit den österreichischen und schweizerischen Partnergesellschaften.
- **analytica conference.** Mitorganisation der in geraden Jahren im Rahmen der Messe analytica stattfindenden Fachkonferenz.
- **Junganalytiker:innen-Treffen.** Jährliche Vernetzungstreffen.
- **Frühjahrsschule Industrielle Analytische Chemie.** Blockveranstaltung für MSc-Studierende, veranstaltet durch das Industrieforum Analytik gemeinsam mit Hochschulen.
- **Doktorandenseminare der Arbeitskreise.**
 - Chemische Kristallographie
 - DAAS
 - Elektrochemische Analysenmethoden
 - Prozessanalytik, Chemometrik & Qualitätssicherung, Chemo- & Biosensoren
 - Separation Science

KOOPERATIONEN

- Benachbarte GDCh-Fachgruppen
- Nationale chemische Gesellschaften in Europa
- Division of Analytical Chemistry (DAC) der European Chemical Society (EuChemS)

MITGLIEDSCHAFT

- Die Mitgliedschaft in der Fachgruppe setzt eine gültige GDCh-Mitgliedschaft voraus.
- Der Jahresbeitrag für die Mitgliedschaft in der Fachgruppe beträgt für GDCh-Mitglieder 15 Euro. **Die Mitgliedschaft für Studierende (bis Abschluss der Promotion) ist kostenlos!**
- Alle Fachgruppen-Mitglieder sind herzlich eingeladen zur Mitarbeit in den Arbeitskreisen. **Die Mitgliedschaft ist kostenlos.**
- Informationen zur Mitgliedschaft und Online-Formulare: www.gdch.de/mitgliedschaft

VORSTAND DER FACHGRUPPE

Dr. Michael Arlt (Vorsitz), Alsbach-Hähnlein

PD Dr. habil. Björn Meermann (stellv. Vorsitz), Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin

Dr. Catharina Erbacher, BASF SE, Ludwigshafen

Dr. Jens Fangmeyer, Currenta GmbH & Co. OHG, Leverkusen

Prof. Dr. Margit Geißler, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg

Prof. Dr. Kerstin Leopold, Universität Ulm

Prof. Dr. Tom van de Goor, Agilent Technologies, Waldbronn & Philipps-Universität Marburg

Dr. Martin Wende, BASF SE, Ludwigshafen

www.gdch.de/analytischechemie