

Nachrichten aus der **Chemie**

69. Jahrgang | September 2021



**Bundestagswahl
Prüfsteine**
S. 8

**Schlaglicht
Nachhaltigkeit**
ab S. 3




**Lebensmittelchemie
Trendbericht**
S. 66



ChemistryViews

Online Magazine for Scientists Worldwide



-  Research & Industry
-  Lab & Writing Tips
-  Insights by Great Chemists

Spot your favorite content

 **Chemistry Europe**

European Chemical Societies Publishing

WILEY-VCH



Leitartikel

Ein Rat für die zwei Klimakrisen

» Auf dem Papier bekennen sich fast alle Parteien zur Klimaneutralität. Aber statt eines Aufbruchgefühls, das sich bei dieser Gemeinsamkeit einstellen könnte, überwiegen laut einer im Juni erschienenen Studie in der Bevölkerung Hilflosigkeit, Enttäuschung und Wut. Wie können wir uns und unseren Politiker:innen Zukunftsmut machen und die heißen Eisen anpacken – statt wegen Zumutungen schon vor lauwarmer Tempolimits zurückzuschrecken? Schauen wir mal auf einen Slogan der Klimabewegung:

„Wir sind hier.“ Ja. Aber die Politik zaudert: Wer ist dieses Wir? Was sagt denn die Mehrheit meiner potenziellen Wähler:innen dazu? Wir brauchen ein Instrument, das ein Signal aus der Mitte der Bevölkerung sendet.

„Wir sind laut.“ Ja. Aber vielleicht ist die Debatte etwas zu laut. Vielleicht gibt es zwei Klimakrisen: Das Klima unseres Planeten – und das Gesprächsklima in diesem Land. Denn beim Klima reden wir mehr übereinander als miteinander. Wir bringen Menschen gegeneinander in Stellung, statt sie unterzuhaken. Den Kohlekumpel gegen die Windbefürworterin. Den radelnden Städter gegen die Pendlerin vom Land ohne Zugang zum ÖPNV. Und während die Temperaturen steigen, erhitzen sich die Gemüter. Wir brauchen Lösungen, die beide Klimakrisen adressieren.

„Weil ihr uns die Zukunft klaut.“ Klar, wir brauchen wirkungsvolle Klimapolitik. Jetzt – aber auch noch in 15 Jahren. Wir stehen vor einem gesamtgesellschaftlichen Umbau historischen Ausmaßes. Dieser ist in einer Demokratie auf Legitimation durch die Bevölkerung angewiesen. Das Problem ist: Wie lassen sich Maßnahmen umsetzen, die jetzt Einschnitte benötigen, sich aber erst in Jahrzehnten auszahlen? Mit solchen Forderungen sind keine Wahlen zu gewinnen. Und überhaupt: Was ist „unsere Zukunft“? In der fehlenden Per-

spektive liegt eines der größten Hindernisse zur Ausbildung des gesellschaftlichen Willens. Denn die nachhaltige Zukunft ist offen, während der fossile Status Quo gut bekannt ist. Dem Narrativ des „Klauen“ oder „Verbots“ bedienen sich deswegen aktuell fast alle Gruppen zur Verteidigung ihrer Pfründe.

Zusammengefasst: Beim Klima fehlt es (scheinbar) an Rückhalt aus der Mitte der Gesellschaft und in der öffentlichen Debatte an einem konstruktiven Gesprächsklima. Mit ambitionierter Klimapolitik lassen sich keine Wahlen gewinnen, und der Gesellschaft fehlt eine Zukunftsperspektive.

Was tun?

Die nächste Koalition sollte Bürgerräte in die Transformation einbeziehen und die Empfehlungen des ersten Bürgerrat Klima, den die GDCh unterstützt, in den Koalitionsverhandlungen berücksichtigen.

Ein Bürgerrat ist ein zeitlich begrenztes Gremium aus zirka 150 gelosten Menschen, die die Gesellschaft anhand demografischer Kriterien abbilden. Sie werden von anerkannten Wissenschaftler:innen informiert, diskutieren in wechselnden, moderierten Kleingruppen Handlungsoptionen und erarbeiten Handlungsempfehlungen für die Politik. Die Empfehlungen vermitteln einen Eindruck, was eine gut informierte Stichprobe der Bevölkerung zu einem (kontroversen) Thema denkt. Wie Forschungen zeigen, beratschlagen solche Bürgerräte sachlich, verständnisvoll und gemeinwohlorientiert, und weite Teile der Bevölkerung unterstützen die Empfehlungen. Wird der Bürgerrat öffentlichkeitswirksam von der Politik einberufen, können seine Effekte weit in die Bevölkerung hineinwirken.

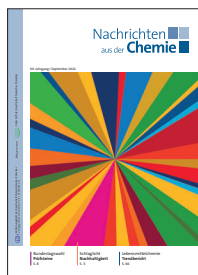
Zukunftsmut statt Zumutung – Bürgerräte bieten die Chance für diesen Perspektivwechsel. ■



Simon Wehden

Der Chemiker Simon Wehden ist Mitgründer des Vereins „Klima-Mitbestimmung JETZT“ und promoviert an der TU Berlin

Bürgerräte:
Zukunftsmut
statt
Zumutung



Titel: Jedes der 17 Ziele der Vereinten Nationen für nachhaltige Entwicklung hat ein Logo mit einer eigenen Farbe [S. 18] – zusammen sind sie ziemlich bunt.

Zeitschrift der Gesellschaft Deutscher Chemiker
Mitteilungsblatt der Gesellschaft Österreichischer Chemiker

Band 69 | September 2021



WILEY-VCH

Bildung + Gesellschaft

- Leitartikel
- 3 **Ein Rat für die zwei Klimakrisen**
S. Wehden
- 6 **Notizen aus Forschungspolitik und Bildung**
- Politik
- 8 **Parteien zur Wahl**
M. Bulmahn
- Interview
- 14 **„Planetare Leitplanken“**
F. Zbikowski
Maximilian Hempel von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt über Kreislaufwirtschaft.
- Chemistry and society
- 18 **The quest for sustainability**
H. Hopf, A. Krief, G. Mehta, S. A. Matlin
- Nachhaltigkeit
- 23 **(M)Ein ganz persönlicher Beitrag**
E. Leusmann
Einige Ideen abseits von kälter waschen und duschen.
- Chemiedidaktik
- 27 **Funken selbstgemacht**
M. Scheid, M. Rusan, T. M. Klapötke, S. Schwarzer
Eine schultaugliche Mischung für Wunderkerzen.
- Karriere
- 31 **„Mit langem Atem“**
F. Zbikowski
Wie Chemieingenieurinnen und Chemiker dazu beitragen, dass die Industrie nachhaltiger arbeitet.
- Karriereskizze
- 33 **Fragen Sie jemanden, der sich auskennt**
P. Gramlich

Industrie + Technik

- 34 **Notizen aus der Wirtschaft**
- Energiebedarf im Individualverkehr
- 36 **Elektromobilität und synthetische Kraftstoffe**
D. Priester, I. Krossing
CO₂-Ausstoß und Energiebedarf der Antriebstechniken.
- Synthetische Kraftstoffe
- 41 **Oxygenat-Verbindungen**
I. Kundler
- Purification
- 43 **Magnetic water cleaning**
M. Halik, M. Sarcletti, D. Zahn
- Gewässerschutz
- 47 **Chemische Reinigungsverfahren**
M. Miller, T. Osterland
- Industry strategy
- 49 **Paired goals**
R. Haldimann
Clariant and the 17 Sustainable Development Goals.
- Nachhaltigkeit
- 51 **Gut verpackt ist manchmal besser**
B. Osterath
- Made in Japan
- 55 **Moonshot program for human well-being**
R. Schmid
- Labor- und Produktionsdaten
- 58 **Integer bleiben**
C. Ehrensberger
- Der Wirtschaftschemiker
- 61 **Eine Kennzahl für nachhaltige Entwicklung?**
R. Albach



Wissenschaft + Forschung

62 Notizen aus der Chemie

Trendbericht

66 Lebensmittelchemie

F. Hanschen

Die Abbaupfade von Glucosinolaten in Kohlgemüsen beeinflussen nicht nur deren sensorische Qualität, sondern auch die menschliche Gesundheit.

Tenside

72 Schaum in Aktion

T. Schad, C. Stubenrauch, N. Preisig, W. Drenckhan, H. Piening, D. Blunk

Historische Kulturgüter lassen sich mit Schaum und ohne Putzhilfen wie Wattestäbchen reinigen.

Pesticides

75 Protecting plant communities with weed killers

V. Sesin, J. R. Freeland, C. M. Davy

Ansichten eines Preisträgers

79 Omar M. Yaghi

Massenspektrometrie

80 Oxidationsprozesse in der Atmosphäre

T. Berndt

Die Vorgänge in der Natur lassen sich im Labor nachbilden und massenspektrometrisch untersuchen.

Synthese im Blickpunkt

84 Some trends in sustainable catalysis development

A. Galstyan

Earth-abundant metal compounds in biological systems provide molecules of high purity and excellent selectivity in quantitative yield, without generating toxic waste.

Interskriptum

89 Böse, böse Chemie

C. Remenyi

Service

- 90 Personalnachrichten
- 94 Nachrufe
- 96 Rezensionen
- 98 Neue Produkte
- 99 Korrespondenz
- 100 Tagungskalender



- 102 Generalversammlung
- 103 Neue Geschäftsleitung
- 103 GÖCH-Arbeitsgruppen
- 106 Preise für vorwissenschaftliche Arbeiten
- 107 GÖCH-Jungchemiker
- 108 Nachrufe
- 109 Veranstaltungen



- 111 Abschluss und dann?
- 112 Römpp
- 114 Fachgruppen und Arbeitskreise
- 115 Jungchemikerforum
- 116 Neuaufnahmen
- 118 Stellenanzeigen

Ausgeblättert:

- 120 Ansichten zweier Preisträger:
Peter Seeberger, Herbert Waldmann
- 122 Hart auf hart
- 123 Elementerätzel
- Impressum



Nachrichten aus der Chemie online

Alle Hefte der Nachrichten stehen für GDCh-Mitglieder frei zugänglich im Internet: www.gdch.de/nachrichten

Wünsche, Kritik, Anregungen?

Schreiben Sie uns: nachrichten@gdch.de

Notizen aus Forschungspolitik und Bildung

Studienpreis Massenspektrometrie |

Absolvent:innen einer Universität oder Fachhochschule zeichnet die Deutsche Gesellschaft für Massenspektrometrie (DGMS) mit dem Wolfgang-Paul-Studienpreis aus. Dafür müssen die Bewerber ihre massenspektrometrische Master- oder Doktorarbeit zwischen dem 1. November 2020 und dem 31. Oktober 2021 abgeschlossen und alle Prüfungsverfahren beendet haben. Der Preis ist mit 7500 Euro dotiert.

Ansprechpartner für die Wolfgang-Paul-Studienpreise: mmormann@uni-muenster.de

Höhere Verdienste |

Tarifmitarbeiter in der chemischen Industrie haben im Jahr 2020 im Schnitt 1,8% mehr Gehalt bekommen als im Vorjahr, das war weniger Zuwachs als in den meisten anderen Branchen. Insgesamt lagen die Lohnerhöhungen in Deutschland zwischen 3,2% (Gartenbau, Land- und Forstwirtschaft, Öffentlicher Dienst, Systemgastronomie) und 0,5% (Metallindustrie), der Durchschnitt betrug 2%.

Tarifpolitischer Jahresbericht des WSI der Hans-Böckler-Stiftung: [t1p.de/t3bd](https://www.wsi.de/t1p.de/t3bd)

Preisträger für Katalyseforschung gesucht |

Für Wissenschaftler, die sich mit Katalyse befassen, gibt es im März 2022 zwei Preise: Für Forscher unter 40, die noch keine Professur innehaben, den Jochen-Block-Preis der Deutschen Gesellschaft für Katalyse; für Forscher, die an angewandter Katalyse arbeiten, die Otto-Roelen-Medaille. Der Jochen-Block-Preis ist mit 3000 Euro dotiert, die Otto-Roelen-Medaille mit 4000 Euro. Bis zum 17. September nimmt die Dechema Nominierungen entgegen.

processnet.org/IB+2021.html

dechema.de/ORMedal2022.html

Keine Impactfaktoren für alle |

Das Unternehmen Clarivate, das die Impactfaktoren wissenschaftlicher Zeitschriften berechnet, hat 21 Journale wegen unüblicher Zitierweise gemahnt. Für zehn von ihnen veröffentlicht Clarivate keinen Impactfaktor und keinen Fünf-Jahres-Impactfaktor, darunter *Liquid Crystals*, das *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics* und *Materials Express*.

Journal Citation Reports: [t1p.de/p55fh](https://www.clarivate.com/journals/journals-citation-reports)

Zu wenig Diversität an Max-Planck-Schools |

Positiv bewertet hat ein Gutachtergremium die drei Pilot-Graduiertenschulen Max Planck School of Cognition, Max Planck School Matter to Life und Max Planck School of Photonics. Allerdings sollten die Graduiertenschulen mehr Forscherinnen gewinnen und diese dafür gezielt ansprechen. Für die Evaluation haben die Gutachter Doktorand:innen befragt, Berichte der Schools und aus der Generalverwaltung der Max-Planck-Gesellschaft ausgewertet und die Schools virtuell besucht.

Die Max-Planck-Schools sind ein Promotionsprogramm von 23 Universitäten und mehr als 30 außeruniversitären Forschungsinstituten und wurden im Jahr 2018 gegründet, um Nachwuchstalente aus dem Ausland zu gewinnen. Studierende können hier nach dem Bachelor mit einem Stipendium in ein Masterprogramm einsteigen, an das die Promotion anschließt.

www.maxplanckschools.org

Chemie verstehen lernen |

Colleges in den USA sollen ihren Chemiestudierenden vermitteln, Modelle zu entwerfen und Erklärungen zu formulieren. Geht es nach der American Chemical Society (ACS), so lösen solche Inhalte das Lehren und Abfragen von Faktenwissen und Rechenaufgaben ab. Die Studierenden sollen zukünftig zeigen, dass sie die grundlegenden Konzepte verstanden haben. Die Studieninhalte heutiger Studenten hätten sich nicht wesentlich von denen ihrer Eltern unterschieden, kritisiert das ACS-Mitgliedermagazin *Chemical & Engineering News*; ein Projekt der ACS soll dies nun ändern.

J. Chem Educ. 2021,

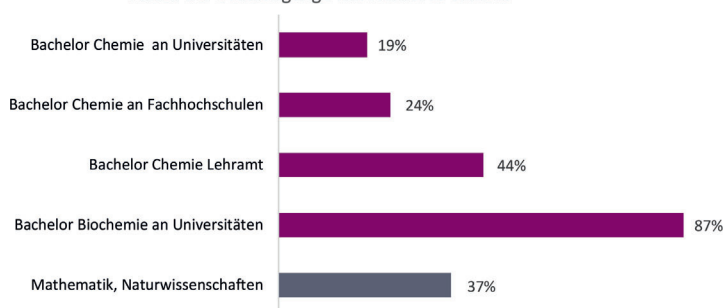
doi: [10.1021/acs.jchemed.0c00986](https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00986)

Preis für junge Bauchemiker |

Doktorand:innen oder Postdocs, die über Bindemittel forschen, können sich um den Klaus-Dyckerhoff-Preis bewerben. Der Preis ist mit 10000 Euro dotiert, Bewerbungsschluss ist der 15. September.

Homepage der Dres.-Edith-und-Klaus-Dyckerhoff-Stiftung: [t1p.de/m0jne](https://www.klaus-dyckerhoff-stiftung.de)

Anteil der Studiengänge mit Numerus clausus



Studieren mit guter Abiturnote |

In Deutschland nehmen zum kommenden Wintersemester 40% der Studiengänge (alle Abschlussarten) nur eine begrenzte Zahl an Studienanfängern auf (Numerus clausus). Zulassungskriterium bei den meisten dieser Studiengänge ist die Durchschnittsnote im Abitur. An Fachhochschulen ist der Anteil mit 42% höher als an Universitäten mit 38%. Den höchsten Anteil an Numerus-clausus-Fächern gibt es in den Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften (49%), gefolgt von den Naturwissenschaften und Mathematik (37%, Grafik). In den Ingenieurwissenschaften sind etwa ein Drittel der Studiengänge zulassungsbeschränkt.

[hochschulkompass.de](https://www.hochschulkompass.de)



Schaufenster für die Energieforschung der Fraunhofer-Gesellschaft in Berlin.

Foto: Fraunhofer Eniq

Mehr Infrastruktur für Forschungs-

daten | Bund und Länder fördern weitere Konsortien, die dazu beitragen sollen, eine nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) aufzubauen: DAPHNE4NFDI (Data aus Photonen- und Neutronenexperimenten für NFDI) ist eine Initiative von Neutronen- und Photonennutzer:innen. PUNCH4NFDI befasst sich mit den Daten aus der Teilchenphysik (PUNCH: Particles, Universe, Nuclei & Hadrons). NFDI-MatWerk (NFDI for Materials Science & Engineering) soll Materialdaten aus Experimenten und Simulationen nutzbar machen. Das NFDI4Microbiota soll die mikrobiologische Forschungscommunity unterstützen, und NFDI4Earth soll die Einrichtungen der Erdsystemwissenschaften zusammenbringen, dazu gehören Einrichtungen der Meeres- und Klimaforschung.

Berichte über die nationale Forschungsdateninfrastruktur in den Nachrichten aus der Chemie: Nachr. Chem. 2020, 68(12), 20, Nachr. Chem. 2020, 68(9), 30

www.sni-portal.de/de/daphne-nfdi,

www.punch4nfdi.de

nfdi-matwerk.de

nfdi4microbiota.de

www.nfdi4earth.de

Materialien für organische licht-

emittierende Dioden | Eine Bibliothek für Oled-Materialien stellen Wissenschaftler:innen des Max-Planck-Instituts für Polymerforschung, Mainz, des ukrainischen Instituts für Physik und Merck, Darmstadt, zusammen. Die Bibliothek soll dabei helfen, Moleküle zu designen und die Eigenschaften dünner Schichten mit solchen Substanzen zu simulieren. Forscher anderer Institutionen sollen die Bibliothek vom Gitlab der Max-Planck-Computing and Data Facility herunterladen können.

gitlab.mpcdf.mpg.de/materials

Vor 50 Jahren

Vorhersagen zum Klima

Im September 1971 zitierten die „Nachrichten aus Chemie und Technik“ eine Arbeit in *Science* zu Klimaveränderungen auf der Erde. Nach dem Computermodell der Autoren schien eine Temperaturerwärmung durch den steigenden CO₂-Gehalt der Atmosphäre unwahrscheinlich. Heute wissen wir auch durch Messungen, dass das Modell so nicht stimmt (ipcc.ch).

Noch mehr Notizen aus dem September 1971, darunter Hinweise auf Tote durch

Zielgruppe Politik | Die Fraunhofer-Gesellschaft hat in Berlin unter dem Namen Eniq eine Niederlassung für die Energieforschung eröffnet (Foto). Diese Einrichtung soll mit Veranstaltungs- und Ausstellungsräumen die Arbeit der 20 Fraunhofer-Institute, die sich mit klimaneutraler Energieversorgung befassen, bei Politik, Verbänden und Öffentlichkeit sichtbar machen. Eniq befindet sich auf dem Campus des europäischen Energieforums Euref in Berlin Schöneberg.

www.eniq.fraunhofer.de

Für mehr Vielfalt in der Angewandten

Chemie | Die Zeitschrift *Angewandte Chemie* hat sich neue Richtlinien für die redaktionelle Arbeit gegeben, die Diversität, Gerechtigkeit und Inklusion fördern sollen. Dazu gehört, den Pool an Gutachtern für den Peer-Review-Prozess zu erweitern und unterschiedlichere Gutachter:innen zu gewinnen. Zudem spiegeln, so sagen die Herausgeber, die Autorenprofile und die Nachrichtenrubrik in der *Angewandten* nicht die Vielfalt der Erfolgsgeschichten in der Chemikergemeinschaft wider. Daher sollen nun häufiger Erstautor:innen zu Wort kommen. Der Verlag will die neuen Richtlinien durch Schulung der Redaktion sowie durch ein Scientific Advisory Committee und ein International Advisory Board durchsetzen. onlinelibrary.wiley.com/journal/15213773

Frauke Zbikowski

Den Einfluß einer starken atmosphärischen Konzentrationserhöhung an Kohlendioxid und Aerosolen auf das globale Klima haben S. I. Rasool und S. H. Schneider mit Computerberechnungen vorauszusagen versucht.

Luftverschmutzung in New York und Affen, die SO₂ einatmen mussten, lesen Sie im Online-Heftarchiv mit Ihrer GDCh-Mitgliedsnummer und Passwort: [www.gdch.de/doi/10.1002/\(ISSN\)1868-0054](http://www.gdch.de/doi/10.1002/(ISSN)1868-0054)

Politik

Parteien zur Wahl



Mehr Geld für die Wissenschaft wünscht sich die deutsche Forschungsgemeinschaft, steuerliche Förderung und weniger Bürokratie möchte die chemische Industrie. Die GDCh hat nachgefragt, was die Parteien vorhaben.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) hat Handlungsfelder und -empfehlungen für die Politik formuliert: „Erkenntnisgeleitete Forschung stärken, von Wissensspeichern profitieren“.¹⁾ Es bedürfe trotz Neuverschuldung und sinkender Steuereinnahmen im Zuge der Coronavirus-Pandemie langfristiger Investitionen in Wissenschaft und eines politischen Bekenntnisses zu kontinuierlichen Budgetzuwächsen und finanzieller Planungssicherheit für Wissenschaftsorganisationen.

Die Nationale Forschungsdateninfrastruktur solle gefördert und von der jetzigen Projekt- in eine stabile Infrastruktur überführt werden. Für ein wissenschaftsfreundliches Publikationswesen erwartet die DFG, dass der Staat die Basisinfrastruktur für wissenschaftliche Publikationen sichert und das weltweite Datentracking in der Wissenschaft reguliert.

Für die DFG ist eine der politischen Aufgaben, die Grundlagen für internationale wissenschaftliche Zusammenarbeit zu verbessern. Dazu gehöre es, den europäischen Forschungsraum zu stärken und die Wissenschaftsfreiheit gegen nationalpopulistische und autoritäre Macht- und Wahrheitsansprüche weltweit zu unterstützen. Es bedürfe einer ressortübergreifenden Strategie für das Zusammenspiel von Wissenschaft und Diplomatie.

1) Zum Impulspapier: t1p.de/sdgt

Über Wahlprogramme

Wahlprogramme sagen oft wenig aus zu Themen, die zur Naturwissenschaft gehören. Hier die Programmtitel:

- Das Programm für Stabilität und Erneuerung. Gemeinsam für ein modernes Deutschland,
- Das Zukunftsprogramm der SPD – Wofür wir stehen. Was uns antreibt. Wozu wir streben,
- Deutschland. Aber normal,
- Nie gab es mehr zu tun,
- Zeit zu Handeln – Für soziale Sicherheit, Frieden und Klimagerechtigkeit,
- Deutschland. Alles ist drin.

Der Verband der Chemischen Industrie (VCI) sieht im Wahlprogramm der Union gute Elemente für zukunftsorientierte Industriepolitik. Positiv seien das Planungsmodernisierungsgesetz, schnelle Genehmigungsverfahren, verdoppelte steuerliche Forschungsförderung und Bürokratieabbau. Kritisch sieht der VCI die Ansätze zur Eingliederung der Sektoren Gebäude und Verkehr in den EU-Emissionshandel sowie CO₂-Grenz-zölle.

Wahlprüfsteine

Zurzeit sind sechs Parteien im Bundestag: CDU/CSU mit 245 Sitzen, SPD mit 152, AfD mit 86, FDP mit 80, Die Linke mit 69 und Bündnis 90/Die Grünen mit 67 Sitzen.

Die GDCh hat zusammen mit anderen naturwissenschaftlichen Vereinigungen diese Parteien befragt. Alle Fragen und die Antworten der Parteien sind auf der Webseite wissenschaft-verbindet.de nachzulesen. Hier folgen Zusammenfassungen der Fragen und Antworten.

Maren Bulmahn ist Redakteurin der Nachrichten aus der Chemie und Wahlforscherin.



» Die Linke: Wir möchten den Forschungsstandort durch attraktive Arbeitsbedingungen und eine grundfinanzierte Forschung stärken, das Sonderbefristungsrecht der Wissenschaft aufheben und durch besser finanzierte Hochschulen mehr Dauerstellen im Mittelbau schaffen. Gebührenfreiheit und Qualität unserer Hochschulen sind zu erhalten und auszubauen. Um die anwendungsorientierte Forschung zu stärken, wollen wir Fachhochschulen und Hochschulen für angewandte Wissenschaften das Promotionsrecht verleihen und ihren Mittelbau deutlich vergrößern. Wir versprechen uns davon auch Impulse in die regionale KMU-Landschaft. Außerdem wollen wir die Zusammenarbeit von Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen fördern und ausbauen.

» FDP: Wir wollen eine nationale Agentur für wissenschaftliches Talent. Sie soll auf Trends in der Wissenschaft achten und Hochschulen mit modernsten Methoden der Personalrekrutierung bei der Gewinnung der klügsten Köpfe unterstützen. Zudem wollen wir für politische Entscheidungen das Innovationsprinzip ergänzend zum Vorsorgeprinzip.

Um Cluster bei IT-Techniken wie künstlicher Intelligenz und Blockchain zu begünstigen, wollen wir Regionen als digitale Freiheitszonen ausweisen. Dort sollen weniger Regularien gelten. Steuerliche Forschungsförderung, bessere Finanzierungsmöglichkeiten für Start-ups und weniger Bürokratie sollen Gründungen erleichtern.

Wie wollen Sie Deutschland als Standort für Wissenschaft und Technik stärken



» SPD: Wir machen die Bewältigung von vier Zukunftsmissionen zum Klimaschutz, zur Digitalisierung, zur Gesundheit und zur Mobilität zum Kern unseres Programms. Das schließt ein leistungsfähiges Forschungs- und Innovationssystem mit ein. Es ist unser Ziel, 3,5 Prozent des BIP für Forschung und Entwicklung aufzuwenden. Die umfassende Förderung der Wissenschaft schließt die Fortsetzung des Pakts für Forschung und Innovation ebenso ein wie die Gründung einer Deutschen Transfergemeinschaft.

» Bündnis 90/Die Grünen: Staat und Unternehmen sollen bis 2025 mindestens 3,5 Prozent der Wirtschaftsleistung in Forschung und Entwicklung investieren. Damit öffentliche Drittmittel zusätzliche Dynamiken freisetzen können, wollen wir sie länger als die üblichen drei Jahre aufsetzen und die Overheadkosten an den tatsächlich anfallenden Kosten orientieren. Mit den Ländern wollen wir den Zukunftsvertrag Studium und Lehre sowie den Pakt für Forschung und Innovation verstetigen und qualitativ voranbringen sowie die Exzellenzstrategie weiterentwickeln. Arbeitsbedingungen für Wissenschaftler:innen sowie die Bedingungen für Transfer, Kooperationen und Ausgründungen sind zu verbessern.

» CDU/CSU: Wir wollen Transfer als Kategorie guter Wissenschaft etablieren. Mit Technologiebiotopen werden wir die weltweit besten Köpfe und innovativsten Unternehmen anziehen. Hierfür garantieren wir Handlungsfreiheit und eine Grundfinanzierung. Mit einem Innovationsfreiheitsgesetz wollen wir für Gründer:innen aus Wissenschaftseinrichtungen und Hochschulen bürokratische Hürden abbauen. Unterstützungen in der Vorgründungsphase lassen sich so gemeinnützig durchführen, darunter Beratungsleistungen, Nutzung der Infrastruktur und Erstellen von Machbarkeitsnachweisen.

Wir werden außerdem die Förderung der Alexander-von-Humboldt-Stiftung, der Deutschen Forschungsgemeinschaft und des Deutschen Akademischen Austauschdienstes ausbauen. Internationalen Wissenschaftler:innen wollen wir insbesondere nach der Promotion bessere Karriere- und Bleibe Perspektiven in Deutschland bieten.

» AfD: Wir wollen eine höhere Grundfinanzierung der Hochschulen einführen, um deren Abhängigkeit von Drittmitteln zu verringern. Hochschulen sollen das Recht besitzen, Bewerber durch Aufnahmeprüfungen auszuwählen. Der durch politische Zielvorgaben zu Studentenzahlen, Studienerfolg und andere Quoten erzeugte Zwang zur Nivellierung ist zu beenden. Es soll keine Fördermittel für Genderwissenschaft mehr geben. Wissenschaftler dürfen nicht ausgegrenzt werden, wenn sie eine unpopuläre These vertreten.



- » Die Linke: Wir wollen den Trend der Ausweitung von Drittmittel- und Auftragsforschung zu Ungunsten der Grundfinanzierung von Hochschulen und Wissenschaftseinrichtungen umkehren. Wissenschaft sollte dank auskömmlicher Grundfinanzierung interessegeleitet stattfinden und nicht auf Drittmittel angewiesen sein. Die Förderung und Zusammenarbeit mit der mittelständischen Wirtschaft muss in der Forschungspolitik einen Schwerpunkt bilden. Wir wollen Fachhochschulen und Hochschulen für angewandte Wissenschaften stärken und diese in der Mittelstandsförderung mit kleinen und mittelständischen Unternehmen vernetzen. Dazu sollen die Hochschulen das Promotionsrecht erhalten, und der Mittelbau soll vergrößert werden.
- » FDP: Wir wollen mit einer Deutschen Transfergemeinschaft (DTG) die Brücke zwischen Wissenschaft und Praxis schlagen. Förderfähig sind Projekte unter Beteiligung einer Hochschule und eines Unternehmens aus der Wirtschaft oder Zivilgesellschaft. Die DTG wäre ein One-Stop-Shop, der Transfer-Know-how bündelt und kostenneutral durch bislang auf mehrere Ministerien verteilte Transferfördergelder finanziert wäre. Software- und Hightech-Unternehmen sowie Start-ups werden so in ihrer Leistungs- und Innovationskraft gestärkt. Zudem sollen Studierende ein Gründungssemester in Anspruch nehmen können, das sich nicht negativ auf ihre Studienzeit und ihren BAföG-Anspruch auswirkt. Außerdem wollen wir Gründerstipendien ausweiten und gründungsunterstützende Projekte wie Gründerzentren, Wettbewerbe und Hackathons finanziell unterstützen.

Wie sollen Universitäten mit kleinen und jungen Unternehmen zusammenarbeiten

- » SPD: Erkenntnisgeleitete Grundlagenforschung hat einen hohen Stellenwert, der nicht gegen andere Forschungsfelder beispielsweise in der Anwendungsorientierung ausgespielt werden darf. Wir wollen, dass alle Glieder der Innovationskette stark sind. Deswegen setzen wir uns für eine starke Deutsche Forschungsgemeinschaft ebenso ein wie für die Gründung einer Deutschen Transfergemeinschaft, die anwendungsorientierte Forschung fördert. Das schließt Kooperationen von Unternehmen und Hochschulen ein.
- » Bündnis 90/Die Grünen: Neugiergetriebene Grundlagenforschung ist das Fundament unseres Wissenschaftssystems, das wir durch Zusammenarbeit zwischen Bund und Ländern stärken wollen. Wo Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung in praktische Anwendungen überführt werden können, wollen wir dies unterstützen, indem wir den Ausbau von Förderprogrammen für Hightech-Start-ups, Gründungszentren und Entrepreneurship-Ausbildungen vorantreiben. Die stille Beteiligung der öffentlichen Institutionen soll zum neuen Ausgründungsstandard werden. Regionale Innovationsökosysteme aus Hochschulen, Mittelstand und Zivilgesellschaft wollen wir durch eine eigenständige Innovationsagentur fördern.
- » CDU/CSU: Die Grundlagenforschung ist ein entscheidender Baustein für einen zukunftsfähigen Wissenschaftsstandort Deutschland. Ein wichtiges Instrument zu ihrer Förderung ist der Pakt für Forschung und Innovation (PFI). Bund und Länder haben den Pakt für Forschung und Innovation (PFI). Bund und Länder haben den Pakt für Forschung und Innovation (PFI) zum Jahr 2030 verlängert und mit einem jährlichen Budgetaufwuchs von drei Prozent versehen. Mit dem PFI erhalten die Wissenschaftsorganisationen finanzielle Planungssicherheit. Im Gegenzug beschloss Bund und Länder Zielvereinbarungen. Unter anderem soll der Transfer aus der Wissenschaft in Wirtschaft und Gesellschaft gestärkt werden. Dazu werden CDU und CSU die Bedingungen für Ausgründungen mit einem Innovationsfreiheitsgesetz verbessern. Außerdem werden wir die Bemessungsgrundlage für die steuerliche Forschungsförderung auf acht Millionen Euro pro Unternehmen verdoppeln.
- » AfD: Grundsätzlich möchten wir den Forschern mehr Freiheit darüber geben, an welchen Themen sie forschen, und Vorgaben durch zweckgebundene Förderprogramme vermeiden. Auch Unternehmen sollen selbst entscheiden, ob und welche Art von Forschung sie betreiben, ohne sie durch Subventionen und Förderprogramme in eine bestimmte Richtung zu drängen.

» **Bündnis 90/Die Grünen:** Mit den Ländern wollen wir den Zukunftsvertrag Studium und Lehre verstetigen und qualitativ voranbringen und die Exzellenzstrategie weiterentwickeln. Wir wollen an Hochschulen eine nachhaltige, klimagerechte und barrierefreie Modernisierung ermöglichen, die auch digitale Infrastruktur und die IT-Sicherheit einschließt. Zur Stärkung der IT-Infrastruktur werden wir eine Digitalisierungspauschale für die Hochschulen schaffen. Für attraktivere Karrierewege in der Wissenschaft wollen wir das Wissenschaftszeitvertragsgesetz weiterentwickeln, den Anteil unbefristeter Stellen erhöhen und unbefristete Karrierewege neben der Professur schaffen. Wir werden die Vereinbarkeit von Beruf und Familie, Geschlechtergerechtigkeit und Diversität in der Wissenschaft unterstützen.

» **Die Linke:** Wir wollen finanzielle Mittel und öffentliche Liegenschaften bereitstellen, um 50 000 neue Wohnheimplätze im Lauf der nächsten vier Jahre zu schaffen. Zum Hochschulbau wollen wir ein auf zehn Jahre angelegtes Förderprogramm mit jährlich 1,5 Milliarden Euro an Bundesmitteln auflegen. Dazu ist eine Grundgesetzänderung notwendig, die das Kooperationsverbot zwischen Bund und Ländern in der Bildung vollständig aufhebt und stattdessen eine umfassende Gemeinschaftsaufgabe Bildung in Artikel 91b verankert.

Wir wollen den akademischen Mittelbau stärken und die Zahl der unbefristeten Stellen unterhalb der Professur erhöhen. Wir wollen das Sonderbefristungsrecht im Wissenschaftszeitvertragsgesetz abschaffen und durch eine höhere Grundfinanzierung der Hochschulen die Basis für neue Stellen schaffen. Der Grundsatz muss lauten: Dauerstellen für Daueraufgaben. Zudem sollen Leitungsaufgaben in Teilzeit erledigt werden können.

» **FDP:** Der Bund soll Mittel auch auf Basis qualitätsorientierter Kriterien zuweisen. Das Kapazitätsrecht, das die Zahl der Studienplätze regelt, wollen wir modernisieren. Alle Förderprogramme des Bundes für die Verbesserung der Hochschullehre wie auch zur Forschungsfinanzierung sollen den Hochschulen grundsätzlich unabhängig ihrer Trägerschaft offenstehen.

Die manchmal semesterweise Suche nach einer Anschlussfinanzierung raubt Zeit für die wissenschaftliche Arbeit und steht der Vereinbarkeit von Familie und Beruf im Weg. Das ist auch ein Qualitätsproblem. Wenn eine Promotion drei bis vier Jahre dauert, sollte das die reguläre Dauer einer befristeten Promotionsstelle sein. Die Evaluation des Wissenschaftszeitvertragsgesetzes muss vorgelegt werden, und Modelle wie die Tenure-Track-Professur sind auszubauen. Länder und Hochschulen müssen die inzwischen langfristige Finanzierungsperspektive durch den Bund nutzen.

Wie lässt sich der wissenschaftliche Karriereweg attraktiver gestalten ?

» **CDU/CSU:** Wir wollen im Rahmen der Stiftung „Innovation in der Hochschullehre“ deren Qualität fördern. Außerdem werden wir die Exzellenzstrategie fortführen und für erfolgreiche Cluster Möglichkeiten der dauerhaften institutionellen Förderung schaffen. Seit Januar ist der Vertrag „Studium und Lehre stärken“ in Kraft. Im Gegenzug verpflichteten sich die Länder, mehr unbefristetes, mit Studium und Lehre befasstes Hochschulpersonal einzustellen. Seit dem Jahr 2020 kann der Bund gemäß Artikel 91b Absatz 1 Grundgesetz lediglich Forschungsbauten einschließlich Großgeräte finanzieren.

» **AfD:** Wir möchten, dass die Bildung in der Zuständigkeit der Länder bleibt. Eine Finanzierung der Hochschulen durch den Bund ist ein Einfallstor, um den Bildungsföderalismus auszuhebeln. An den Hochschulen kann ohne Einbußen an der Qualität von Lehre und Forschung viel Geld durch den Abbau einer in den letzten Jahrzehnten stark gewachsenen Verwaltung eingespart werden. Wir möchten den Anteil befristeter Verträge für Nachwuchswissenschaftler verringern und mehr unbefristete Stellen im Mittelbau schaffen.

» **SPD:** Wir wollen die Hochschulen in ihrer Entwicklung über den Zukunftsvertrag Studium und Lehre hinaus unterstützen. Mit einer Digitalisierungspauschale wollen wir die digitalen Entwicklungen absichern, die die Hochschulen in der Pandemie geleistet haben. Mit einer Förderung für den klimaneutralen Campus der Zukunft wollen wir Hochschulen dabei fördern, Ideen zu entwickeln, um den Campus klimaneutral zu gestalten.

- » AfD: Wir sehen die Kernenergie als Schlüsseltechnik, um diesen Herausforderungen zu begegnen. Wir fordern die Wiedereinrichtung von Kernforschungszentren und eine umfangreiche Beteiligung an internationalen Kernforschungsprojekten, um das notwendige Wissen zum Betrieb und Bau von Kernreaktoren und zur Erforschung fortschrittlicher Reaktorkonzepte zu gewinnen.

Wir setzen uns für die Schaffung von Kompetenzzentren zur Erforschung von Abfallbeseitigungs- und Rohstoffrückgewinnungstechniken ein. International muss jedoch das Problem der Verschmutzung der Meere vor allem durch die Verringerung des Eintrags in den Entwicklungsländern gelöst werden. Mit wettbewerbsfähigen Wiederaufbereitungstechniken könnte Deutschland hier einen wichtigen Beitrag leisten.

- » CDU/CSU: Wir wollen den Aufwuchspfad der CO₂-Bepreisung straffen und zu einem europäischen Emissionshandel für Mobilität und Wärme übergehen. Die Einnahmen werden wir an die Bürger:innen und Betriebe über den Strompreis zurückgeben. Gleichzeitig wollen wir Möglichkeiten zur Abscheidung und Speicherung von CO₂ sichern und fördern. Hierfür sind Techniken zur feststofflichen Speicherung ebenso wie eine CO₂-Infrastruktur erforderlich. Dies wollen wir mit unseren europäischen Partnern diskutieren.

Wir werden uns dafür einsetzen, Rezyklate in der EU und in Deutschland zu fördern. Um die Nutzung von Rezyklaten, insbesondere im Kunststoffbereich, zu verbessern, wollen wir verbindliche Ziele für ihren Einsatz in bestimmten Bereichen prüfen.

- » Die Linke: Die Energieversorgung muss nicht nur auf eine erneuerbare Basis umgestellt, sondern auch demokratisiert werden. Dies bedeutet die Überführung der Strom- und Wärmenetze in die öffentliche Hand, die Entmachtung der Energiekonzerne und die Rekommunalisierung der Energieversorgung. Eine beschleunigte Energiewende wird nur gelingen, wenn die soziale Frage als integraler Bestandteil des ökologischen Umbaus der Energieversorgung begriffen wird. Eine Abgabe auf Primärressourcenverbrauch ist unser zentrales Werkzeug, das Recycling etwa von Kunststoff zu steigern. Die Höhe soll sich an der Umweltschädlichkeit der Ressourcengewinnung sowie der gewollten Lenkungswirkung orientieren.

- » FDP: Im Klimaschutz setzen wir auf einen sektorübergreifenden Emissionshandel, bei dem der Marktpreis für Emissionszertifikate Innovationsanreize für den Umbau der Energiesysteme setzt, was auch die Nutzung geologischer Potenziale für den Entzug von Treibhausgasen einschließt. In der Kreislaufwirtschaft wollen wir vor allem verhindern, dass Abfälle in die Umwelt gelangen, was die Wirtschaft zwingt, in Stoffkreisläufen zu produzieren. Dabei wollen wir möglichst auf starre Quoten und Verbote verzichten. Stattdessen setzen wir auf wirtschaftliche Anreize für die Inwertsetzung von Abfällen.

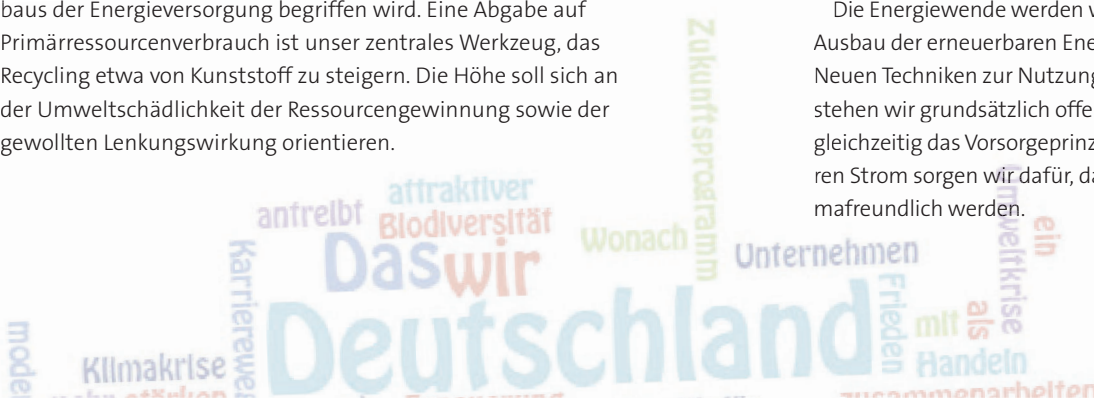
Wie lassen sich Klima- und Umweltkrisen bewältigen ?

- » SPD: Wir setzen auf einen Mix aus Ordnungsrecht, finanziellen Anreizen und öffentlichen Investitionen, um Treibhausgasneutralität 2045 zu erreichen. Unsere Klimaziele sind gleichzeitig Treiber zur Transformation des Energiesystems. Daraus ergibt sich der forcierte Ausbau der erneuerbaren Energien. Durch Sektorenkopplung muss etwa Prozesswärme aus der Industrie als Fernwärme für das Heizen genutzt werden. Die Nutzung von oberflächennaher oder tiefer Geothermie kann zur Wärme- beziehungsweise Kälte- und Stromversorgung beitragen.

Das Recycling muss gestärkt, möglichst viel Kunststoff aufbereitet und wiederverwendet werden. Hersteller sollen ressourcenschonende, langlebige, reparier- und recycelbare Produkte schaffen. Hierzu können finanzielle Anreize ebenso beitragen wie Recyclinglabels.

- » Bündnis 90/Die Grünen: Im Bereich der Kreislaufwirtschaft werden wir Inputquoten für Rezyklate verankern, auf EU-Ebene verbindliche material- und produktspezifische Einsatzquoten anstreben, wie dies für PET-Flaschen bereits geschehen ist, und einen Produktpass einführen, um die Praxis der Sortierung und des Recyclings zu verbessern.

Die Energiewende werden wir mit einem massiven Ausbau der erneuerbaren Energien voranbringen. Neuen Techniken zur Nutzung geologischer Potenziale stehen wir grundsätzlich offen gegenüber und halten gleichzeitig das Vorsorgeprinzip hoch. Mit dem sauberen Strom sorgen wir dafür, dass Industrieprozesse klimafreundlich werden.



» FDP: Wir brauchen mehr technischen Fortschritt, durch den Ressourcen gespart und Produktionsprozesse mit der Natur in einen guten Einklang gebracht werden. Damit der Gesetzgeber Innovationen nicht unnötig ausbremst, wollen wir, dass Gesetze auf ihre Innovationsfreundlichkeit geprüft werden.

Wir wollen Technologieoffenheit für die nachhaltige Landwirtschaft. Für gentechnisch veränderte Nutzpflanzen müssen daher wissenschaftlich basierte Zulassungskriterien gelten. Wir brauchen Land- und Forstwirtschaft, die nachhaltig ist, und Flächen, die zusätzliche Beiträge zum Naturschutz leisten. Der Vertragsnaturschutz ist aus unserer Sicht das liberalste Instrument für mehr Naturschutz. Wir setzen uns für eine Vielfalt an Erzeugungssystemen ein, die den gesellschaftlichen Vorstellungen nachhaltiger Produktionsweisen entsprechen.

» Die Linke: Wir streben eine sozial-ökologische Transformation an, die Klimagerechtigkeit, Erhaltung von Biodiversität und genetischer Vielfalt mit sozialer Gerechtigkeit verbindet. Weitere Details finden Sie im Aktionsplan Klimagerechtigkeit der Bundestagsfraktion. Schwerpunkte zum Schutz von Biodiversität und genetischer Vielfalt setzen wir in der Umgestaltung der Landwirtschaft und der Ausdehnung und Vernetzung von Schutzgebieten. Diese Maßnahmen können ohne Probleme für die Forschungsfreiheit umgesetzt werden. Auch werden sich durch die Transformation ausreichend neue Möglichkeiten zur Erzielung ökonomischer Erfolge bieten, zumal diese auf eine nachhaltige Grundlage gestellt werden und sich damit die Dauerhaftigkeit erhöht.

» SPD: Um unsere Ökosysteme, die Biodiversität und das Klima zu schützen, muss Nachhaltigkeit noch stärker als bisher das zentrale Prinzip des politischen Handelns werden. Die Wissenschaftsfreiheit ist im Grundgesetz verankert. Wir bekennen uns hierzu und verteidigen sie gegen autoritäre Tendenzen in der Politik. Dort, wo Forschung mit Risiken für andere Gesellschaftsbereiche behaftet ist oder an ethische Grenzen stößt, ist ein geregelter Ausgleich der Interessen nötig, zum Beispiel im Rahmen des Embryonenschutzgesetzes oder bei Eingriffen in die Keimbahn. Die Freiheit der Forschung bleibt in der Hinsicht gewahrt, dass ein weitgehender Erkenntnisgewinn unter geschlossenen Laborbedingungen möglich werden soll.

» CDU/CSU: Nachhaltiges Handeln wollen wir mit einer verbindlichen Nachhaltigkeitsprüfung für alle Gesetze anhand der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie verankern. Wir wollen Nachhaltigkeit wettbewerbsfähig machen und setzen einen Schwerpunkt beim Klimaschutz mit Innovationen. Untrennbar damit verbunden ist der Schutz der Natur und der Arten. Wir werden die Biodiversitätsforschung auch im Hinblick auf die genetischen Ressourcen verstärken und eine nationale Biodiversitätsstrategie vorlegen, die sich an den Zielen der Europäischen Biodiversitätsstrategie und des Übereinkommens über die biologische Vielfalt orientiert. Der Zugang der Forschung zu den biologischen Ressourcen muss dabei gewährleistet sein. Ziel ist es, die Erkenntnisse für die Medizin, für die Landwirtschaft und vor allem bei der Entwicklung einer Bioökonomie zu nutzen.

» AfD: Wir müssen größere Anstrengungen unternehmen, um die Einschleppung invasiver Tier- und Pflanzenarten zu verhindern und ihre Ausbreitung einzudämmen. Wälder müssen wie bisher nachhaltig bewirtschaftet werden, eine Rodung für Windkraftwerke lehnen wir ab. Energiepflanzen wollen wir nicht mehr fördern und Ackerflächen stattdessen wieder für den Nahrungsmittelanbau nutzen. Wir wollen einen pragmatischen Ordnungsrahmen für die Gentechnik schaffen. Für die Pflanzenzüchtung unterstützen wir die Einstufung und Bewertung der Genomeditierung als neue, nichttransgene Züchtungstechnik.

» Bündnis 90/Die Grünen: Wir pochen national auf die Umsetzung der in der UN vereinbarten Sustainable Development Goals ebenso wie für die Forschungsfreiheit überall. Wir setzen uns ein für ein ambitioniertes Abkommen der Vereinten Nationen zum Erhalt der biologischen Vielfalt. Die Biodiversitätsstrategie der Europäischen Union werden wir rasch umsetzen, so sollen mindestens 30 Prozent der Landfläche und 30 Prozent der Meere wirksam geschützt werden. Außerdem orientieren wir uns am Vorsorgeprinzip, weshalb wir etwa den Einsatz von Gene Drives, die irreversible Umweltschäden anrichten können, ablehnen. Ökonomische Erfolge brauchen langfristig eine intakte Natur und das Funktionieren unserer Lebensgrundlage.

Wie lassen sich Biodiversität, Forschungsfreiheit und Ökonomie vereinbaren



INTERVIEW

Kreislaufwirtschaft ist einer der zentralen Förderschwerpunkte der Deutsche Bundesstiftung Umwelt. Maximilian Hempel, Abteilungsleiter für Umweltforschung und Naturschutz, erläutert, wie es dazu kam.



„Planetare Leitplanken“

Nachrichten aus der Chemie: Was verstehen Sie unter nachhaltiger Chemie?

» Maximilian Hempel: Nachhaltige Chemie ist das, was Chemie für eine nachhaltige Entwicklung leistet. Chemie ist ja eine der Wissenschaften, die in alle möglichen Lebensbereiche hineinspielt. Sie kann einen Beitrag leisten, wenn wir uns schon am Beginn von Prozessen über Nachhaltigkeit Gedanken machen.

Was bedeutet das?

» Die Sicht auf Chemiker ist zuweilen ambivalent: Mal gelten sie als Heilsbringer, mal als Ursache von Problemen. Gerade in der Pandemie leisten etwa Chemie- und Pharmaunternehmen Großes bei der Entwicklung von Wirkstoffen. Allerdings: Die Produkte verursachen teils im Anschluss in der Umwelt Probleme. Kläranlagenbetreiber überlegen gerade, eine vierte Reinigungsstufe zu implementieren, um Arzneimittelrückstände und andere Mikroschadstoffe zurückzuhalten. Hier kann nachhaltige Chemie eine Rolle spielen, verbunden mit Fragen wie: Warum wird es nicht zu einem Ziel, leicht abbaubare Medikamente zu entwickeln oder generell Produkte, die möglichst wenig die Umwelt belasten?

Zeigt sich das auch bei den Projekten, die die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, DBU, fördert? Beobachten Sie hier eine Tendenz?

» Ja, es gibt diese grundsätzlichen Trends. Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt existiert seit 30 Jahren. Ganz am Anfang haben wir sehr viele Projekte und auch Stipendien im nachsorgenden Umweltschutz gefördert.

Also Projekte, die Schäden beseitigen sollten?

» Genau: Altlastensanierung, Abwasseraufbereitung, Luftfilter, Emissionsminderungsmaßnahmen. Heute geht es dagegen um vorsorgenden Umweltschutz. Das heißt: Zentrale Herausforderungen sieht die DBU im Klimawandel, im Biodiversitätsverlust und im Umgang mit Rohstoffen und Ressourcen sowie bei schädlichen Emissionen.

Wünschen Sie sich mehr Engagement der Chemiker für eine nachhaltige Entwicklung?

» Es gibt Aktivitäten und Aktionen in der Chemiebranche, die vorbildhaft sind. Beispiele sind die kürzlich gegründete Initiative für einen Weltchemikalienrat IPCP oder „Chemie hoch drei“.



Also der Zusammenschluss von Chemiearbeitgebern, der Gewerkschaft IG BCE und dem Verband der Chemischen Industrie.

» Ja, eine sehr schöne Initiative. Ich beobachte bei vielen Chemieunternehmen, vom Mittelständler bis zum Großunternehmen, dass Nachhaltigkeit eine immer stärkere Rolle in Debatten und Bewertungen spielt. Viele Unternehmen haben schon vor Jahren Tools entwickelt, um ihre Prozesse zu optimieren. Sie betrachten dabei nicht nur ökonomische, sondern auch ökologische und soziale Dimensionen.

Es ist also schon fast alles gut?

» Wir sollten uns stets weiterentwickeln. Chemikerinnen und Chemieingenieure können sich Gedanken darüber machen, wie die Syntheseleistung der Natur besser genutzt werden kann, wie kritische Materialien zu vermeiden und Stoffkreisläufe zu nutzen sind. Hilfreich dafür ist, wenn sich Chemikerinnen und Chemiker nicht nur mit der effizienten Herstellung von Materialien beschäftigen, sondern auch damit, was mit ihren Produkten ganz am Ende des Lebenszyklus geschieht, also in welcher Form sie vorliegen, ob sie rückgewinnbar sind oder in unbedenkliche Stoffe zerfallen.

Vielleicht optimieren Unternehmen eher den Produktionsprozess als die Substanzen.

» Tatsächlich ist das so. Aber die vor uns liegenden Aufgaben sind interdisziplinär und erfordern eine ganzheitliche Betrachtung. Ist bei Abfällen der chemische Lösungsweg der richtige oder eher ein werkstofflicher Sortierprozess? Oder brauchen wir ein Pfandsystem, damit Stoffe möglichst sortenrein zum Hersteller zurückkommen und nicht auf dem Müll landen? Es gibt unterschiedliche Wege, und manchmal muss sich der politische Rahmen ändern, damit etwas funktioniert.

Wie stark nimmt die Politik Einfluss auf Förderungen und Ausrichtung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt?

» Wir sind eine privatrechtliche Stiftung, also unabhängig und parteipolitisch neutral. Wir sind durch die Bundesregierung gegründet worden, sind aber nicht einem Ministerium unterstellt. Es gibt ein Kuratorium als Entscheidungsgremium.

Dem auch Bundestagsabgeordnete und Staatssekretäre angehören.

» Das ist paritätisch besetzt, NGO-Vertreter sind dabei, aber ebenso Vertreter aus Wissenschaft

und Wirtschaft – eine bunte Mischung also. Ich treffe das Kuratorium alle drei Monate. Dieses Gremium bestimmt die großen Linien und entscheidet über die großen Projekte. Förderlinien und -themen entwickeln wir in einem Dialogprozess.

Die DBU hat den Auftrag, angewandte Forschung zu fördern, also dezidiert keine Grundlagenforschung. Wo ziehen Sie die Grenze zwischen Anwendungs- und Grundlagenforschung?

» Wir haben ein praktisches Kriterium, ob nämlich Anwender am Projekt beteiligt sind. Wir wollen unsere Aktivitäten im Austausch mit Fachexpertinnen und -experten aus der Wissenschaft entwickeln, aber auch mit Landwirten, Wasserbetrieben und Verbraucherinnen. Mit denen also, die in der Praxis Verantwortung tragen. Wenn wir auf ein Thema aufmerksam machen wollen, schreiben wir es als Förderschwerpunkt aus. Im zurückliegenden Jahr haben wir elf Projekte in die Förderung genommen, die auf Vermeidung und Verminderung von Pestiziden in der Umwelt abzielen.

Ist bei Abfällen der chemische Lösungsweg der richtige?

ZUR PERSON: Maximilian Hempel

Maximilian Hempel leitet seit dem Jahr 2019 bei der Deutschen Bundesstiftung die Abteilung Umweltforschung und Naturschutz. Hempel studierte Geologie mit Schwerpunkt Geochemie an der Universität Hamburg und promovierte über Quecksilber in der Umwelt. Danach arbeitete er in einem Ingenieurbüro für Umwelttechnik in Berlin und am Institut für Chemie des heutigen Helmholtz-Zentrums Geesthacht. Er war einer der Gründer des Umweltlabors Galab und dessen Geschäftsführer. Im Jahr 2002 kam er zur Bundesstiftung Umwelt, wo er zunächst das Referat Umweltchemie leitete und unter anderem den Förderbereich „Nachhaltige Chemie“ aufbaute. Zudem leitet er die DBU-Projektgruppe Ressourceneffizienz. In der GDCh engagiert er sich im Vorstand der Fachgruppe Nachhaltige Chemie.



Foto: DBU

Die Stoffvielfalt hat rasant zugenommen

Mit den Promotionsstipendien fördern Sie aber auch grundlagenorientierte Arbeiten?

» Ja, wir haben Stipendiaten, die grundlegendere Fragen bearbeiten, etwa zum Verständnis von Mechanismen. Solche Forschungsfragen sind auch willkommen. Bei den Stipendien gibt es eine ganze Bandbreite. Derzeit haben wir ein Promotionskolleg „Besser wirtschaften und leben in Kreisläufen – Transformationspotenziale der Circular Economy“ initiiert.

Was ist das Ziel?

» Im Kolleg befassen sich die Teilnehmer mit dem gesamten Lebenszyklus von Produkten und mit der Entwicklung nachhaltiger Wirtschaftssysteme, und dafür sind Fachkenntnisse aus Chemie und Technik, aber auch aus Sozial- und Wirtschaftswissenschaften erforderlich. Mit den Stipendiatinnen und Stipendiaten stehen wir in engem Austausch. Wir laden sie regelmäßig zu Seminaren ein, bei denen dann Chemiker neben Biologinnen sitzen, Juristen neben Physikerinnen

und aktuelle Umwelt- und Nachhaltigkeitsthemen diskutieren.

Und vermutlich lernen sie dabei, dass eine Umweltdiskussion mehr ist als eine rein chemische oder eine rein juristische.

» Ja, solche Forscher entwickeln einen ganzheitlichen, politischen Blick. Hinterher sind sie sattelfester bei der Diskussion und in der Einschätzung von Umwelt und Nachhaltigkeitsthemen. Wir wünschen uns daher Bewerbungen aus möglichst vielen unterschiedlichen Fachrichtungen.

Haben sich auch die Förderschwerpunkte in diese Richtung entwickelt?

» Als die Deutsche Bundesstiftung Umwelt im Jahr 2004 das Thema nachhaltige Chemie in ihre Statuten aufnahm, hatten wir noch methodische Zugänge gewählt sowie chemische, technische oder biotechnologische Themen gesucht und gefördert. Damit waren die Fachrichtungen relativ klar abgrenzbar. 2016 haben wir unsere Strategie geändert und uns den bedeutenden Umweltproblemen gewidmet: Grundgedanke war das Konzept der planetaren Leitplanken, verbunden mit der Frage, wer dazu einen Beitrag leisten kann. Das Gesicht der Projekte und auch die Zielgruppen haben sich daher gewandelt.

Welche Themen werden Ihrer Ansicht nach an Bedeutung gewinnen?

» Ein Impulsgeber kann die Europäische Union mit ihrem Green Deal werden, auch wegen ihrer Klimaziele. Ein Thema, mit dem sich die DBU verstärkt befassen wird, ist die Circular Economy. Hier kann die Chemie Impulse setzen – nicht nur als Branche, sondern auch mit all den Forschenden und ihren cleveren Ideen. Dabei ist wichtig, die naturwissenschaftlichen und technischen Innovationen nicht isoliert zu denken, sondern mit anderen dafür notwendigen Entwicklungen.

Welche sind das?

» Zum Beispiel ist zu fragen, welche neuen Businessmodelle zu einer technischen Innovation passen. Zudem sind gesellschaftliche Aspekte zu berücksichtigen und Verbraucherbedürfnisse, etwa die Frage, wie wir die in eine Circular Economy einbinden können.

Damit ein Produkt eine Chance auf dem Markt hat.

» Viele gute Ideen oder Umwelt-Design-Konzepte scheitern, weil das Businessmodell nicht funktioniert oder Verbraucherinnen und Verbraucher das Produkt anders nutzen als erwartet.

INFO: Deutsche Bundesstiftung Umwelt

Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, DBU, fördert seit dem Jahr 1991 Umwelttechnik, -forschung und -kommunikation sowie Natur- und Kulturgüterschutz. Bisher hat sie 10 200 Projekte mit 1,9 Milliarden Euro unterstützt.

Das Stiftungskapital beträgt 2,32 Milliarden Euro, damit zählt die DBU zu den größten Stiftungen Europas. Im letzten Jahr betrug die Fördersumme 58,3 Millionen Euro.

Mehr als die Hälfte der Projektmittel geht an die mittelständische Wirtschaft, häufig in Kooperationsprojekten mit Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen als Partner. Die DBU unterstützt auch Projekte einzelner Unternehmen und anderer gesellschaftlicher Akteure wie Nichtregierungsorganisationen, Vereine und Verbände. In den letzten zehn Jahren hat die DBU rund 400 Anträge für Chemieprojekte erhalten und davon 123 bewilligt.

Zudem vergibt die Stiftung Promotionsstipendien. Pro Jahr stehen zwischen 50 und 60 zur Verfügung, davon gehen etwa 10 an Chemiker. In der Regel kommen vier Bewerber auf ein Stipendium.
dbu.de

Welche Themen möchten Sie am liebsten fördern?

» Kreislaufführung wird zu einer der Schlüsselfragen der Zukunft. Ein Beispiel: Im Moment verwenden wir fast das gesamte Periodensystem, um Produkte herzustellen. Die Stoffvielfalt hat rasant zugenommen. Das bringt tolle Funktionen, und dahinter steckt immer eine herausragende wissenschaftliche Leistung. In einem Smartphone etwa sind 40 bis 45 verschiedene Elemente in wenigen hundert Gramm. Aber das Wissen, dass diese wertvollen Materialien nicht zurückgewonnen werden, ist sehr ernüchternd und frustrierend. Das Design und eine Businesslösung dafür fehlen. Hier bietet sich Chemikerinnen und Materialwissenschaftlern ein enormes Potenzial. Es geht darum, sich Gedanken zu machen, wie wir solche Stoffe und Materialien im Kreislauf führen. Das Gleiche trifft auf Textilien zu. Die Rohstoffbedarfe in der Textilindustrie sind enorm. In Deutschland existiert eine wettbewerbsfähige und innovative Textilchemie, die Fasern mit unterschiedlichen Funktionen entwickelt und produziert. Aber bisher gelingt eine umweltschonende und zugleich wirtschaftliche Kreislaufführung für solche Materialien nicht. Chemikerinnen und Chemiker können das nicht alleine angehen, sondern nur gemeinsam mit Recyclern, Werkstoffwissenschaftlern, Designern, Betriebswirten und Wissenschaftlern, die Verbraucherverhalten beschreiben können.

Das heißt, eine Textilie, die eine elektronische Funktion hat, betrachten Sie eher mit Sorge?

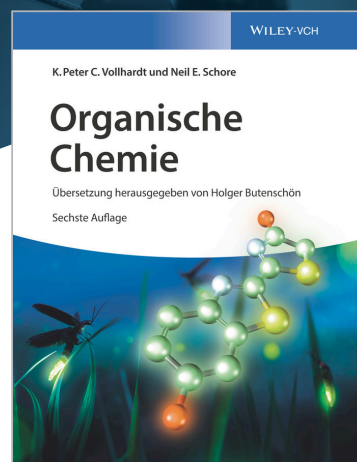
» Es gibt nützliche und sinnvolle Funktionen bei Textilien – etwa Schutzkleidung für Feuerwehrleute, die mit Sensoren ausgestattet wird. Das sind teure Textilien, in denen unglaublich viel Know-how drinsteckt. Doch es ist volkswirtschaftlich unvernünftig, ja geradezu absurd, wenn uns nach Verschleiß solcher Funktionskleidung nichts Besseres einfällt, als sie zu verbrennen. Anspruch sollte vielmehr sein, dass wir nicht nur tolle Produkte entwickeln, sondern auch berücksichtigen, was nach Ende der Nutzung damit passiert.

Für die Chemie bedeutet das, ...

» ... dass sie einen wichtigen Beitrag bei Lösungen zur Reduzierung des Rohstoff- und Ressourcenverbrauchs leisten kann – und muss. Denn die Branche wird nicht umhinkommen, in Zukunft mit weniger Rohstoffen weiterhin eine hohe Wertschöpfung zu erzielen. ■

Mit Maximilian Hempel sprach
Nachrichten-Redakteurin Frauke Zbikowski.

Der Schlüssel zum Studienerfolg



K. P. C. VOLLHARDT
und NEIL E. SCHORE

Organische Chemie

6. Auflage 2020.
1618 Seiten,
ca. 500 farbige
Abbildungen.
Gebunden.
ISBN: 978-3-527-34582-3
€ 89,90

Endlich – die 6. Auflage des „Vollhardt/Schore“ ist da! Modern gestaltet vermittelt das Lehrbuch verständlich das Wissen der organischen Chemie.



der Lehrbuchklassiker für **Chemiestudierende**, auch als **Deluxe-Version** mit Arbeitsbuch erhältlich



auch für **Biochemiker, Pharmazeuten, Biologen und Mediziner** geeignet



Lernziele am Anfang des Kapitels geben einen **praktischen Leitfaden** über den Lernstoff eines jeden Kapitels.



Mehr als 500 farbige Abbildungen



Zusätzliche **erklärende Kommentare** erläutern detailliert die auftretenden Reaktionsmechanismen.



hilfreiche Zusammenfassungen am Ende eines jeden Teilkapitels



überraschende und ungewöhnliche Fakten

Science to go

by WILEY-VCH

Das neue Portal für Studierende der MINT-Fächer!

WILEY-VCH • Postfach 10 11 61 • D-69451 Weinheim
Fax: +49 (0) 62 01 - 60 61 84
e-Mail: service@wiley-vch.de • <http://www.wiley-vch.de>

WILEY-VCH

WILEY

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



The 17 Sustainable Development Goals (SDGs) – heart of the 2030 Agenda for Sustainable Development of the United Nations.

Chemistry and society

The chemical sciences and the quest for sustainability

Two years into the "decade of action" to achieve the Sustainable Development Goals set by the UN in 2015, how much has been accomplished, and how well is chemistry performing in its intertwined goals of enhancing sustainability and reforming itself?

The 2015 UN agreement on Agenda 2030, setting 17 time-bound Sustainable Development Goals (SDGs),¹⁾ represented a challenge and opportunity for science, working in concert with other sectors, to provide effective, environmentally benign, and affordable solutions to many of the pressing problems faced by human beings and the physical and living systems of the planet we inhabit.²⁾ The reach and ingenuity of the chemical sciences must be central to achieving these goals. However, as we commented³⁾ at the time the SDGs were launched, to play its optimum role chemistry needs not only to provide specific solutions to sustainability challenges but also to reimagine its priorities as part of the process. The nature of this reappraisal was encapsulated in the concept of "one-world" chemistry⁴⁾, whose defining charac-

teristics include the repositioning of chemistry as a science for the benefit of society and the adoption of systems thinking⁵⁾ and cross-disciplinarity to advance it.

Where do the SDGs stand, two years into the decade for action⁶⁾ to achieve them? Broadly speaking, the overall picture of SDG progress, in terms of 169 measurable Targets tracked by 232 unique Indicators, has been unsatisfactory,⁷⁾ even before the extraordinary impacts of the Covid-19 pandemic,⁸⁾ underscoring the need for greater and speedier inputs from science, technology, and innovation.^{9,10)}

Recognising strong interdependencies¹¹⁾ across the 17 SDGs, Sachs and co-authors¹²⁾ have grouped them into Six Transformations as modular SDG building blocks to operationalise achievement, with an action agenda for science to provide

the knowledge required for designing, implementing, and monitoring them. We will take these Six Transformations as convenient categories within which to examine the progress chemistry is contributing towards achieving the SDGs and broadly to sustainable development.

Education, gender, and inequality

This SDG Transformation emphasises education and training to extend capacity for science, technology, and innovation.¹²⁾ In the chemical sciences, a significant initiative through a global project has been aimed at reorienting chemistry¹³⁾ by infusing Systems Thinking In Chemistry Education (STICE).^{14,15)} Generation of interest and momentum for STICE¹⁶⁾ led to the development of a new tool, named the Sys-

tems-Oriented Concept Map Extension (SOCME),¹⁷⁾ to help chemistry learners visualise and explore how chemical processes contribute to and interact with Earth and societal systems to impact on planetary sustainability. A follow-up to the STICE project has been a new global project called STCS 2030+,¹⁸⁾ which looks towards and beyond the UN Agenda 2030 and also aims to link chemistry education with the Planetary Boundaries framework created by the Stockholm Resilience Centre,¹⁹⁾ as well as with the 2022–23 International Year of Basic Sciences for Sustainable Development.²⁰⁾ This initiative emphasises the need to engineer major retooling of the chemistry education curriculum, by developing contextual resources and redefining learning objectives.²¹⁾

The issue of equity, diversity, and inclusion (EDI) in the sciences has received increased attention in the last few years, and new data has begun to expose the breadth and depth of problems across all areas, including in the sciences.²²⁾ In the case of chemistry, the issue has spurred an animated debate that has not only highlighted the need to tackle attitudes and practices related to EDI and biases within academia, but has also shaken scientific publishers into deep reflection on some of their processes.²³⁾ Analyses²⁴⁾ of EDI have emphasised the need to tackle the gender-parity problem in science and the challenge of dealing with conscious or unconscious forms of bias and discrimination in the sciences. It has been argued²⁴⁾ that the chemical sciences can play a leading role in addressing biases, through (1) becoming a model of good systemic practice in policies, processes, and actions for EDI; (2) developing practical skills through training in cultural competence; and (3) promoting a stronger evidence base, to uncover both the extent of problems and the degree to which approaches to improve EDI are working.

Health, well-being, and demography

The chemical sciences have contributed immensely to improving health and life expectancy.²⁵⁾ Faced with current and oncoming challenges including those related to infectious diseases (bacterial, fungal, parasitic, viral), multi-drug resistance (MDR), lifestyle epidemics (malnutrition, obesity, diabetes), behavioural and mental health issues, and geriatric diseases, it is imperative and urgent that the chemical sciences provide much greater and even more effective inputs. Notable examples include the spread of anti-microbial resistance (AMR), recognised as one of the top ten global public health threats facing humanity,^{26,27)} and the emergence of MDR in malaria and tuberculosis, where concerted efforts by chemists and biologists are making some headway. Newer antibiotics²⁸⁾ and anti-parasitic agents have been introduced in the past few years, and promising new leads are emerging.²⁹⁾

Despite repeated warnings over many years about the risks of viral pandemics, the world in 2019 was ill prepared³⁰⁾ for the advent of Covid-19. The accumulated knowledge of chemistry, its tools, and processes led to the rapid rollout of tailored diagnostics, mRNA-based vaccines, and a variety of disinfectants in record time, along with the repurposing of old drugs such as remdesivir, favipiravir, and dexamethasone to improve survival for those with severe SARS-CoV-2 infections. However, much more remains to be done to improve health security in the future, and the chemical and health sciences need to collaborate with other disciplines across academia and industry to anticipate the character of global health challenges and develop "ready to cook" platform technologies that can be rapidly adapted. Experiences with AIDS containment, handling of Avian Flu and MERS epidemics, lowering of infant mortality, and progress to-

wards demographic stability portend potential for delivering the SDGs.

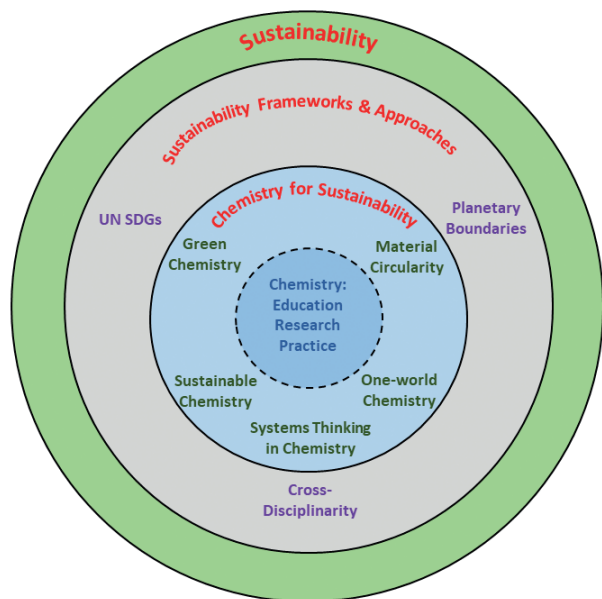
The many roles of the chemical sciences and the contributions they make to health are somewhat fragmented. It has been argued³¹⁾ that the discipline could make a more substantial contribution with greater impact through integration into a distinct field of "chemistry and health", to be taught and explored as a mainstream platform for research and practice that synergises the emergent "one health"³²⁾ and one-world chemistry⁴⁾ concepts.

Energy decarbonisation and sustainable industry

The need for alternative materials to fossil fuels, for both static and mobile energy generation and storage, places chemistry at the centre of efforts to decarbonise the production of energy globally. This, along with R&D to reduce or avoid CO₂ release from other major activities, will be vital to avoid disastrous levels of global warming and consequent changes to climate, provoking extreme weather events with increased frequency and severity as well as catastrophic perturbation of many Earth systems. ▶



The article was written by members of Chemists for Sustainability, an action group of the International Organization for Chemical Sciences in Development (IOCD). IOCD was founded in 1981 and promotes the pursuit and application of the chemical sciences for sustainable development and economic growth. Authors are: Henning Hopf (right), former President of the German Chemical Society, Alain Krief (second from left), former Executive Director of the IOCD, Goverdhan Mehta (left), University of Hyderabad, India; Stephen A. Matlin, Visiting Professor, Imperial College London, UK and Senior Fellow in the Global Health Centre, Geneva, Switzerland.



The circles of sustainability.

Chemistry has demonstrated great innovation in recent years in the energy field. Examples include the creation of new materials for trapping sunlight and for photochemical and electrochemical cleavage of water to generate H_2 as a potential non-carbon fuel;³³⁾ advances towards artificial photosynthesis;³⁴⁾ new developments in batteries;³⁵⁾ and CO_2 fixation³⁶⁾ reaction of H_2 with N_2 under more environmentally benign conditions than the Haber-Bosch process to produce NH_3 .³⁷⁾ These areas illustrate that it is critically important for chemists to engage in work related to sustainable development, and for those doing so to develop competence in both cross-disciplinary working and systems thinking. As an example, a recent review noted that the massive amounts of clean water needed if NH_3 is to be the source of molecular hydrogen in a decarbonised energy economy may add substantially to water stress on a planetary scale unless there is sufficient supportive infrastructure.³⁸⁾

At a broader level, much greater attention is being given to the sustainability of industries of all kinds, including those where chemistry plays a central role. Key emerging

concerns include the potential shortage of a number of strategic elements,³⁹⁾ the challenge of waste in all its forms,⁴⁰⁾ and the growing magnitude of overall biogeochemical flows of material as population, production, and consumption demand all continue to grow, resulting in overstepping safe limits as defined by Planetary Boundaries.⁴¹⁾ Chemistry has been evolving a number of approaches to help support and enable solutions based on circular economy⁴²⁾ principles, including green and sustainable chemistry, circular chemistry, and the adoption of systems thinking.⁴³⁻⁴⁴⁾

Sustainable food, land, water, and oceans

Chemistry's contributions to improving food and nutrition have included the development of fertilisers, crop protection agents, and methods of post-harvest preservation, as well as fundamental knowledge of the composition and biological roles of food constituents, supporting the major increases in food production and preservation that were needed while the planet's population rose four-fold to six billion during the 20th century.⁴⁵⁾ With the SDG goal of eliminating hunger and with the global population likely to approach ten billion by 2050, chemistry's role will be essential in achieving food security sustainably for all in the 21st century. Current approaches include work to support crop innovations,⁴⁶⁾ the recycling of phosphorus⁴⁷⁾ and hydroponic waste solution chemicals⁴⁸⁾ nurturing cultured cells for food on a scaffold in a bioreactor supplied with a tailored nutrient broth,⁴⁹⁾ and "cooking with molecular compounds" to eliminate the constraints of traditional ingredients.⁵⁰⁾

A third or more of all the food the world produces goes to waste, resulting in both a massive loss of nutrition and the release of greenhouse gases from food decomposing in landfills, a major contributor

to climate change.⁵¹⁾ Chemistry must build on its successes in reducing food waste (which have included control of chemical environments for storage and ripening, inhibition of decay processes, and preservation of quality and extension of shelf life through tailored materials for packaging), while ensuring that value in food not consumed is captured (e.g., by energy-generating incineration or biogas production) without environmental harm (e.g., warming resulting from CO_2 release).

There are concerns that threats of water shortages due to climate change, increased demands for greater consumption by people, industry, and agriculture, and geopolitical rivalries may lead to future water wars.⁵²⁾ Important roles that chemistry is fulfilling in enhancing water security include the analysis, purification (e.g., desalination and reverse osmosis to purify sea and wastewater)³⁸⁾, and recycling of water.⁵³⁾ Promising future approaches to water purification that are being explored include leads based on photocatalysts (e.g., TiO_2 /zeolite and sunlight) and nanotechnology (e.g., graphene oxide nano-filtration, acoustic nanotube technology).⁵⁴⁾ Harvesting water from desert air using metal-organic frameworks also has the potential to make a major contribution to solving the water challenge.⁵⁵⁾

Sustainable cities and communities

Cities are home to more than half the world's population, and this proportion is expected to continue growing. The majority of cities, however, do not meet the triple goal of being economically productive, socially inclusive, and environmentally sustainable. Even access to basic necessities such as clean water, sanitation,⁵⁶⁾ and waste disposal⁵⁷⁾ fall far short of the SDG targets. Chemistry has central roles in relation to all three (see Sections 3

and 4 above for examples relating to water).

Chemists need to engage more in the work of city planners, architects, and engineers, ensuring that the capacity of chemistry to co-create sustainable solutions to urban challenges such as shelter, transportation, and services is fully utilised.

Digital revolution for sustainable development

Much attention is being given to the potential benefits of the applications of information and communication technologies (ICTs) and artificial intelligence (AI) to sustainable development.⁵⁸⁾ However, risks and down-sides that may emerge from the expanding use of ICTs and AI have also been noted and are the subject of a study in preparation by our group.⁵⁹⁾ This will highlight, among other areas, material and energy inputs that are often not visible to the consumer but are essential in constructing the necessary ICT hardware, including digital and wireless electronic devices and infrastructures. Extraction, processing, use, and disposal or recycling of all the materials required for this form a series of critical links that must be made sustainable, both individually and collectively.

Conclusion

It is evident that an augmented role is required from chemistry, along with other sciences, if the SDGs are to be achieved and if, beyond 2030, a secure basis for the co-sustainability of people and planet is to be established. As the "central science" providing the molecular and material basis for sustainability, chemistry's specific inputs are essential – and their delivery demands close collaboration and synergy with many other disciplines and sectors. To fulfil the potential, major changes are required in the orientation of chemists, with effort needed to generate and sustain interest in solving grand challenges and to foster an environment in which sustainability-oriented science, technology, and innovation can flourish.

As chemists committed to achieving a sustainable future, we are optimistic that this "critical decade" will provide the turning point for achieving these challenging ambitions. ■

- 1) *Agenda 2030*. sdgs.un.org/2030agenda
- 2) *Independent Group of Scientists appointed by the Secretary-General, Global Sustainable Development Report 2019: The Future is Now – Science for Achieving Sustainable Development*, United Nations, New York, 2019. sustainabledevelopment.un.org/content/documents/24797GSDR_report_2019.pdf

- 3) S. A. Matlin, G. Mehta, H. Hopf, A. Krief, *Nat. Chem.* 2015, 7(12), 941
- 4) a) S. A. Matlin, G. Mehta, H. Hopf, A. Krief, *Nat. Chem.* 2016, 8, 393; b) H. Hopf, S. A. Matlin, A. Krief, G. Mehta, *Nachr. Chem.* 2016, 64, 1190.
- 5) a) D. H. Meadows. *Thinking in Systems: A Primer*. Earthscan, London 2009. wtf.tw/ref/meadows.pdf; b) A. Wiek, L. Withycombe, C. L. Redman, *Sustain. Sci.* 2011, 6, 203
- 6) *Sustainable development: Implementation of Agenda 21, the Programme for the Further Implementation of Agenda 21 and the outcomes of the World Summit on Sustainable Development and of the United Nations Conference on Sustainable Development. Resolution adopted by the General Assembly on 15 October 2019*. UN General Assembly Document A/RES/74/4, UN, New York 21 October 2019. undocs.org/en/A/RES/74/4
- 7) *Sustainable Development Goals Report 2020*. United Nations, New York 2020, un.org/sustainabledevelopment/progress-report/
- 8) *Secretary-General's SDG Progress Report Recaps Pandemic Impacts on 17 Global Goals*. sustainabledevelopment.un.org/content/documents/27610SG_SDG_Progress_report_2021.pdf; sdg.iisd.org/news/secretary-generals-sdg-progress-report-recaps-pandemic-impacts-on-17-global-goals/
- 9) S. Schneegans, J. Lewis, T. Straza (eds.). *UNESCO Science Report: the race against time for smarter development; Executive Summary*. UNESCO, Paris 2021, unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377250
- 10) Editorial, *Nature* 2021, 589, 329
- 11) *Review of the Sustainable Development Goals: The Science Perspective*. International Council for Science, International Social Science Council, 2015. council.science/wp-content/uploads/2017/05/SDG-Report.pdf

Keine halben Sachen.

Die Welt ist voll von Halbwissen. Besonders im sensiblen Umfeld der Chemie ist dies jedoch fehl am Platz. Deshalb arbeiten wir seit 1947 mit Leidenschaft und Liebe zum Detail daran, dass evaluierte Daten und Fakten rund um das Themenfeld Chemie zur Verfügung stehen. Immer. Und ohne Ausnahme. So wurde „Der RÖMPP“ Synonym für inzwischen über 65 000 Stichwörter und über 240 000 Querverweise, auf die man sich verlassen kann. Das sollten Sie sich am besten selbst anschauen.



Sonderpreis
für GDCh-Mitglieder 139,- €
für stud. Mitglieder 69,- € www.gdch.de

GDCh

Nur 100% sind 100%.
www.roempp.com

 Thieme

- 12) a) J. D. Sachs et al., *Nat. Sustain.* 2019, 2, 805; b) J. D. Sachs et al., *The Decade of Action for the Sustainable Development Goals: Sustainable Development Report 2021*. Cambridge University Press, Cambridge, 2021
- 13) P. G. Mahaffy, A. Krief, H. Hopf, G. Mehta, S. A. Matlin, *Nat. Rev. Chem.* 2018, 2, 1
- 14) Infusing Systems Thinking into (Post)-Secondary General Chemistry Education (STICE). IUPAC Project # 2017–010–1–050, co-chairs: P. G. Mahaffy, S. A. Matlin. iupac.org/projects/project-details/?project_nr=2017-010-1-050
- 15) *Special Themed Issue: Reimagining Chemistry Education: Systems Thinking and Green and Sustainable Chemistry*, J. Chem. Educ. 2019, 96
- 16) P. G. Mahaffy, S. A. Matlin, *L'Actualité Chimique* 2019, 446, 47
- 17) a) P. G. Mahaffy, S. A. Matlin, T. A. Holme, J. MacKellar, *Nat. Sust.* 2019, 2, 362; b) K. B. Aubrecht, Y. J. Dori, T. A. Holme, R. Lavi, S. A. Matlin, M. Orgill, H. Skaza-Acosta, *J. Chem. Educ.* 2019, 96, 2888
- 18) *Systems Thinking in Chemistry for Sustainability: Toward 2030 and Beyond (STCS 2030+)*. IUPAC Project # 2020–014–3–050, co-chairs: P. G. Mahaffy, S. A. Matlin, M. Potgieter, B. B. Saha, A. P. Visa. iupac.org/project/2020-014-3-050
- 19) *Planetary Boundaries. King's Centre for Visualization in Science, The King's University, Edmonton, 2020*. kcvsc.ca/details.html?key=planetaryBoundariesSite
- 20) *International Year of Basic Sciences for Sustainable Development*. iybssd2022.org/en/home/
- 21) a) J. E. Wissinger, A. Visa, B. Saha, S. A. Matlin, P. G. Mahaffy, K. Kümmerer, S. Cornell, *J. Chem. Educ.* 2021, 98(4), 1061; b) P. G. Mahaffy, S. A. Matlin, M. Potgieter et al., *Systems Thinking in Chemistry for Sustainability: 2030 and Beyond (STCS 2030+)*. *Chem. Internat.* 2021, in the press.
- 22) a) *Diversity landscape of the chemical sciences*. *Royal Society of Chemistry, London 2018*. rsc.org/globalassets/02-about-us/our-strategy/inclusion-diversity/cm-044-17_a4-diversity-landscape-of-the-chemical-sciences-report_web-2.pdf; b) J. Deathridge, "Equity/Equality, Diversity, and Inclusion: eLife collection". eLife 11 Feb 2021, elifesciences.org/collections/3a6a7db3/equity-diversity-and-inclusion; c) G. Wolbring, *Societies* 2021, 11, 49
- 23) L. K. Sydnes, *Chem. Internat.* 2021, 43, 42
- 24) a) S. A. Matlin, V. W. W. Yam, H. Hopf, A. Krief, G. Mehta. *Tackling Science's Gender-Parity Problem*. *Project Syndicate* 9 February 2018, project-syndicate.org/commentary/steps-toward-science-gender-parity-by-stephen-matlin-et-al-2018-02; b) G. Mehta, V. W. W. Yam, A. Krief, H. Hopf, S. A. Matlin, *Angew. Chem. Internat. Ed.* 2018, 57, 14690;
- c) S. A. Matlin, V. W. W. Yam, G. Mehta, A. Krief, H. Hopf, *Angew. Chem. Internat. Ed.* 2019, 58, 2912
- 25) *Chemistry for Better Health: A White Paper from the Chemical Sciences and Society Summit (CS3) 2011*. *Royal Society of Chemistry, London 2012*. rsc.org/globalassets/04-campaigning-outreach/tackling-the-worlds-challenges/health/chemistry-for-better-health-cs3-white-paper.pdf
- 26) C. L. Ventola, *Pharmacy & Therapeutics* 2015, 40, 277
- 27) *Antimicrobial resistance*. *World Health Organization, Geneva 2021*. who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance
- 28) a) M. I. Hutchings, A. W. Truman, B. Wilkinson, *Curr. Op. Microbiol.* 2019, 51, 72; b) E. Yusuf, H. I. Bax, N. J. Verkaik, M. van Westreenen, *J. Clin. Med.* 2021, 10(5), 068; c) E. J. Culp, N. Waglechner, W. Wang et al., *Nature* 2020, 578, 582
- 29) J. M. Murithi, C. Pascal, J. Bath et al., *Sci. Translational Med.* 2021, 13(603), eabg6013
- 30) *Global Preparedness Monitoring Board. A world at risk: Annual report on global preparedness for health emergencies*. *World Health Organization, Geneva 2019*. apps.who.int/gpmb/assets/annual_report/GPMB_annualreport_2019.pdf
- 31) S. A. Matlin, G. Mehta, A. Krief, H. Hopf, *ACS Omega* 2017, 2, 6819
- 32) J. H. Amuasi, T. Lucas, R. Horton, A. S. Winkler, *The Lancet* 2020, 395(10235), 1469
- 33) "Green hydrogen is bubbling with hype – again". *Anthropocene* 9 April 2021
- 34) B. Zhang, L. Sun, *Chem. Soc. Rev.* 2019, 48, 2216
- 35) a) B. Craig, T. Schoetz, A. Cruden, C. Ponce de Leon, *Renewable and Sust. Energy Rev.* 2020, 133, 110100; b) H. Gao, B. M. Gallant, *Nat. Rev. Chem.* 2020, 4, 566
- 36) I. Hitoshi, M. Charles, R. Marc, I. Nobuharu, *Frontiers in Chem.* 2020, 8, 59
- 37) C. Li, T. Wang, J. Gong, *Trans. Tianjin Univ.* 2020, 26, 67
- 38) *Water resource considerations for the hydrogen economy*. *K&L Gates 17 December 2020*. jdsupra.com/legalnews/water-resource-considerations-for-the-84603/
- 39) S. A. Matlin, G. Mehta, H. Hopf, A. Krief, *Eur. J. Inorg. Chem.* 2019, 39
- 40) S. A. Matlin, H. Hopf, A. Krief, G. Mehta. "Ending the time of waste: Clean up, catch up, smarten up". *Angle J. published online 1 November 2019*.
- 41) W. Steffen, K. Richardson, J. Rockström et al., *Science* 2015, 347(6223), 736
- 42) *The circular economy in detail*. *Ellen MacArthur Foundation 2017*. ellenmacarthurfoundation.org/explore/the-circular-economy-in-detail
- 43) T. Keijer, V. Bakker, J. C. Sloopweg, *Nat. Chem.* 2019, 11, 190
- 44) S. A. Matlin, G. Mehta, H. Hopf, A. Krief, Lisa Keßler, K. Kümmerer, *Sust. Chem. Pharm.* 2020, 17, 100312
- 45) J. Fanzo, R. Remans, P. Sanchez. In: *The Chemical Element: Chemistry's Contribution to Our Global Future*, Eds.: J. Garcia-Martinez, E. Serrano-Torregrosa, Wiley-VCH, Weinheim, 2011, Ch. 2, 71
- 46) M. M. Bomgardner, *Chem. Eng. News* 2020, 98(6), 20
- 47) A. R. Jupp, S. Beijer, G. C. Narain, W. Schipper, J. C. Sloopweg, *Chem. Soc. Rev.* 2021, 50, 87
- 48) a) R. R. Kumar, J. Y. Cho, *Environ. Sci. Pollution Res.* 2014, 21, 9569; b) M. Rufi-Salís, F. Parada, V. Arcas-Pilz, A. Petit-Boix, G. Villalba, X. Gabarrell, *Frontiers in Plant Sci.* 2020, 11, 1793
- 49) N. Firth. "Cultured meat has been approved for consumers for the first time". *MIT Technology Review 1 December 2020*
- 50) H. This, *Note-by-Note Cooking: The Future of Food*, *Columbia University Press 2016*
- 51) *Food waste footprint: Impact on natural Resources*. *Food and Agriculture Organization, Rome 2013*
- 52) F. Farinosi, C. Giupponi, A. Reynaud et al., *Global Environ. Change* 2018, 52, 286
- 53) a) S. Homaieghar, *Water* 2020, 12, 1507; b) A. M. Grumezescu, *Water Purification*. *Academic Press/Elsevier 2017*; c) S. Vilhunen, M. Sillanpää, *Rev. Environ. Sci. Bio/Technol.* 2010, 9, 323
- 54) a) R. G. Suthar, B. Gao. "Nanotechnology for drinking water purification". In A. M. Grumezescu (ed.), *Water Purification*. *Academic Press, Cambridge MA 2017, Chapter 3, 75*; b) A. Nagar, T. Pradeep, *ACS Nano* 2020, 14, 6, 6420
- 55) C. -H. Liu, H. L. Nguyen, O. M. Yaghi, *Asia-Chem* 2020, 1(1), 18
- 56) "The human right to water and sanitation." *UN General Assembly resolution 64/292 adopted 28 July 2010*. *UN, New York, Doc A/RES/64/292, 3 August 2010*. undocs.org/A/RES/64/292&usg=AOvVaw3uSRh0qd_5d97_vy4-SsLV
- 57) *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. *World Bank, Washington DC 2018*. openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317
- 58) G. Mehta, H. Hopf, A. Krief, S. A. Matlin, *AsiaChem* 2020, 1(1), 60; b) C. Bettenhausen, *Chem. Eng. News* 2020, 98(34); c) P. J. Kitson, G. Marie, J. -P. Francoia, et al., *Science* 2018, 359, 314
- 59) S. A. Matlin, J. Yans, J.-P. Raskin, et al., "A multidisciplinary lens on the material sustainability of the digital society". 2021, in preparation

With support from GDCh and Royal Society of Chemistry.



Illustration: Die Wortkizze

Nachhaltigkeit

(M)Ein ganz persönlicher Beitrag

Wer nachhaltig lebt, lebt unbequem – so die gängige Vorstellung. Aber wer Bestehendes und Gegebenheiten hinterfragt, kann ohne übermäßige Anstrengung zu weniger Verschwendung beitragen. Einige Ideen abseits von kälter waschen, seltener duschen und weniger Fertiggerichte kaufen.

Ja, ich gehöre zu diesen Leuten. Zu denen, die mit ihrem Stoffbeutel zum Bäcker gehen, um sich das Brot direkt darin werfen zu lassen. Um so eine Papiertüte zu sparen. Zu denen, deren Thermobecher dauerhaft im Rucksack wohnt, um ihn im Falle eines Ich-brauch-Kaffee!-Falls auf die Theke eines Coffeeshops knallen zu können.

Viele der bisher üblichen Tricks, die Umwelt zu schonen, hat die Coronapandemie erschwert oder sogar unmöglich gemacht. Gut, dass es noch mehr Möglichkeiten gibt, Müll und Einwegverpackungen zu sparen und seinen Rohstoffverbrauch zu senken.

Die fünf Rs

Wer sich mit Nachhaltigkeit auseinandersetzt, wird schnell auf die fünf englischen Rs des Minimalismus stoßen:

Re-use: nochmal nutzen. Geht beispielsweise mit Kaffeetassen (müssen nicht nach jedem Getränk abgewaschen oder ausgetauscht werden), Kochwasser (Kartoffeln raus, Eier rein) und Kaffeebohnen (erst Getränk brühen, dann den Satz nutzen, etwa als Dünger, Hautpeeling, Scheuermittel im Haushalt...). Funktioniert aber auch mit den dünnen Plastiktütchen, in die man im Supermarkt sein empfindliches Gemüse einpackt, wenn es nicht unverpackt geht – erfahrungsgemäß ist der Kassierer selten amüsiert, wenn er dreißig nackte Champignons auf der Kassenwaage stapeln muss. Und die Erde vom Kassenband wischen.

Re-fuse: Nein sagen. Was mich nicht glücklich macht und was ich nicht brauche, das nehme ich nicht – auch nicht, wenn es nichts kostet. Gilt für die auf Präsenzveranstaltungen

(das waren noch Zeiten) verteilten Gratiskulis wie auch für Präsente. Unter Freunden einigt man sich, nichts zu schenken, oder aber etwas für die Umwelt, beispielsweise Aufforstungen oder CO₂-Zertifikate. Oder es gibt gar keine Gegenstände, sondern gemeinsame Unternehmungen.

Re-duce: von allem etwas weniger. Brauche ich wirklich noch einen Pullover, noch eine Sorte Teebeutel, das neueste Smartphone? Ist das Krepppapier in der Küche wirklich nötig oder tät's auch der Spüllappen? Und wie wäre es statt neuer Bücher mit einem Bibliotheksausweis?

Re-think: Umdenken. Das Schwierigste, denn schließlich sind Routinen bequem – sie kosten wenig Energie. Glücklicherweise lassen sich neue Gewohnheiten schnell einschleifen, und zwar schneller, als alte zu ändern. Zwi-



schen 30 und 90 Wiederholungen braucht es dazu, sagen Neurowissenschaftler. Das heißt: Die nächsten (mindestens) 30 Male, die ich in ein Restaurant gehe, nehme ich meine Brotdose mit und packe die Reste darin ein, falls ich sie mit nach Hause nehmen will. Stecke mir die nächsten 30 Male, wenn ich einen Stadtbummel mache, einen Teelöffel, eine Gabel und ein Messer in die Jacke – nur für den Fall, dass ich mir zwischendurch was zu essen hole, für das ich Plastikbesteck bekäme. Und habe immer ein Stofftaschentuch dabei, in das mir die nette Bäckerin mein Teilchen „auf die Hand“ geben darf.

Re-cycle: Etwas für die Kreativen: Aus Toilettenpapierverpackung wird Müllbeutel. Alter Briefumschlag wird Notizzettel oder Einkaufsliste. Reste vom Mittagessen werden püriert zu Brotaufstrich.

Eine der bekanntesten Minimalistinnen ist Bea Johnston. Die Nachhaltigkeitsaktivistin ist als Autorin von Ratgeberbüchern bekannt geworden. (Sie propagiert etwa die fünf Rs.) Der Müll, den sie und ihre Familie in einem Jahr produzieren – und der sich nicht kompostieren lässt, sondern in die örtliche Abfallwirtschaft eintritt –, passt nach ihren Angaben in ein Marmeladenglas.¹⁾

Johnston treibt das Prinzip dafür natürlich auf die Spitze: Nachhal-

tigkeits-Einsteigerinnen müssen nicht gleich den kaputten Seidenschal als Zahnseide verwenden. Aber den löchrigen Pullover zu Putztüchern zerschneiden – das geht immer.

Wasser

Wasser kaufe ich nicht. Und ich meine nicht nur Trinkwasser in Flaschen, sondern auch Wasser, den gewichtssteigernden Füllstoff. Ein ehemaliger Mitarbeiter des Unternehmens Henkel sagte mal in einer privaten Minute: „Spüli? Ganz schön teures Wasser.“ Wozu sind wir Chemikerinnen? Mal wagemu-

INFO: Deshalb nutzen wir so viele Plastikverpackungen

Verbraucher:innen in Deutschland haben im Jahr 2018 doppelt so viele Kunststoffverpackungen verbraucht wie im Jahr 1997, nämlich 3,2 Millionen Tonnen. Das entspricht 228 Kilogramm pro Person – der europäische Durchschnitt liegt bei 174 Kilo. Warum wir so häufig und so viel Plastik nutzen? Das hat das Institut für transformative Nachhaltigkeitsforschung (IASS) 40 Menschen gefragt. Die Gründe sind:

- **Gewohnheit:** Die meisten Befragten gehen ohne Tasche und Behälter zum Lebensmitteleinkauf und kaufen gerne verarbeitete (und somit in Plastik verpackte) Lebensmittel.
- **Wissensmangel:** Viele der Befragten können nicht einschätzen, welche Verpackungen weniger umweltschädlich sind als andere.
- **Hygiene:** Die Teilnehmer:innen hatten Bedenken, ob unverpackte Ware, selbst mitgebrachte oder wiederverwendbare Behälter hygienisch sind.
- **Materialeigenschaften:** Kunststoff ist leicht, bruchstabil und reißfest und daher oft bevorzugt.
- **Prioritäten:** Einigen Teilnehmern war anderes wichtiger, als Plastikmüll zu sparen. So sollte der Schulrucksack der Kinder nicht zu schwer werden, was gegen Glasflaschen spricht.
- **Preis:** In Kunststoff verpackte Lebensmittel sind gemeinhin preisgünstiger als anders verpackte.
- **Verfügbarkeit:** Da viele Lebensmittel in Supermärkten und Discountern nur in Plastik erhältlich sind, haben die Befragten das Gefühl, keine Wahl zu haben.
- **Verantwortung:** Die Befragten sehen jeden Einzelnen und auch die Industrie in der Pflicht, Plastik zu reduzie-

ren. Verbraucher sollten aber nicht nur bewusster einkaufen, sondern die Industrie müsse auch andere Verpackungslösungen anbieten.

- **Erreichbarkeit und Infrastruktur:** Die Befragten empfinden verpackungsfreie Läden und Wochenmärkte als schwierig zu erreichen, daher würde deren Besuch mehr Zeit und Mühe erfordern als der im Supermarkt oder Discounter.
- **Zeitstrukturen:** Durch lange Anfahrtswege (siehe voriger Punkt) würde der plastikfreie Einkauf mehr Zeit in Anspruch nehmen als ein „herkömmlicher“ Einkauf, zudem würde auch das Einkufen wegen des Selbstabfüllens länger dauern. Hinzu käme Zeit, um die Behälter zu reinigen, und um die unverarbeiteten Lebensmittel zuzubereiten.
- **Bequemlichkeit:** Es sei unpraktisch, eigene Behälter mitzubringen.
- **Konsumkultur:** Die Befragten möchten alle gewünschten Produkte im Handel vorfinden, was ein Unverpackt-Konzept schwierig mache. Zudem habe die Auswertung gezeigt: Die Kultur des Spontan- und To-go-Konsums erschwere es, Verpackungen zu reduzieren.

Das IASS kommt zu dem Schluss: Damit Waren ohne Einweg-Kunststoffverpackungen und möglichst unverpackt die günstigste und bequemste Option sind, wären Infrastrukturen, wirtschaftliche Anreize und politische Rahmenbedingungen zu ändern. Es erfordere grundlegende gesellschaftliche Struktur- und Lebensstiländerungen sowie einen Kulturwandel.

Cleaner and Responsible Consumption 2021, 3, doi: 10.1016/j.clrc.2021.100022

tig ein Konzentrat kaufen und selbst verdünnen. Schaffe sogar ich nach sechs Jahren Laborabstinenz.

Weiterer Vorteil an Produkten in Festform: In der Regel sind weniger Konservierungsstoffe nötig als bei den Flüssigformulierungen. Und natürlich sind die Transportkosten geringer. Das ist auch toll bei Waschmitteln und Shampoo.

Auch bei Lebensmitteln lässt sich das zu kaufende Wasser minimieren: Eine Tomatensaucenbasis zum Beispiel entsteht aus Tomatenmark und Leitungswasser. Und manche Unternehmen bieten Konzentrate für Säfte oder Reisdink an.

Ernährung

Dass Fleischkonsum nicht positiv zur Klimabilanz beiträgt, ist bekannt – WWF und Statistischem Bundesamt zufolge benötigen wir für unseren Lebensmittelkonsum in Deutschland jährlich weltweit 16,6 Millionen Hektar Fläche, also etwa 2000 Quadratmeter pro Einwohnerin. Und auf rund 12,4 Millionen Hektar davon wird Tierfutter angebaut.²⁾ Wer auf Fleisch dennoch nicht verzichten möchte, für den ist vielleicht Crowd-Butchering etwas. Das Wording ist neu, das Konzept alt: Hier bestellen online mehrere Menschen Fleisch vor, und zwar so lange, bis ein Tier vollständig verteilt ist. Erst dann wird es geschlachtet.

Schmeckt Ihnen eine der pflanzlichen Alternativen? Auch damit fahren Sie CO₂-technisch gut. Denn dem Institut für Energie- und Umweltforschung zufolge erzeugt beispielsweise ein Burgerpatty aus Rindfleisch 9 kg CO₂-Äquivalente

pro Kilogramm Lebensmittel, einer aus Soja oder Erbsen dagegen nur 1,1 beziehungsweise 1,8.³⁾

Was ist mit Unverpackt-Läden [diese *Nachrichten* S. 51]? Die sparen zwar Verpackungen, haben aber einen großen Nachteil: Dort ist ähnlich viel Desinfektion nötig wie in Bäckereien. Laut Klaus Kümmerer, Professor an der Universität Lüneburg, fördert ständige Desinfektion das Entstehen resistenter Erreger [*Nachr. Chem.* 2016, 64(6), 644]. Eine müllsparende Möglichkeit wäre hier, genau andersherum zu handeln: von dem, wovon ich viel brauche, große Packungen kaufen.

Selbermachen macht Spaß

Wer Freude am Experimentieren hat, überlegt sich Alternativen zu käuflichen Dingen. Für die Zähne etwa ein Gemisch aus Schlämmeerde (ist weicher als Zahnschmelz, daher keine Abriebgefahr) und Xylit (mögen Kariesbakterien gar nicht, *Nachr. Chem.* 2017, 65(4), 427). Habe ich ausprobiert – funktioniert. Zweimal in der Woche gibts zusätzlich ein Fluoridgelee auf die Beißerchen; von Karies keine Spur.

Wäsche waschen geht auch mit Seifenlauge – zumindest bei normalem Verschmutzungsgrad, also wenn es nicht gerade Gras- oder Motorölflecken sind. In türkischen Supermärkten – oder auch deutlich teurer im Biosupermarkt – gibt es Aleppo-seife, die nur aus vollständig verseiftem Olivenöl besteht und bis auf eine Pappbanderole unverpackt daherkommt. Die Seife über die Küchenreibe ziehen und die Raspel in heißem Wasser lösen ergibt ein su-

per Waschmittel. Und die ganz Harten können wirklich mal in den Garten gehen: Frische Rosskastanienfrüchte liefern, zermahlen und eingeweicht, eine ebenso funktionale Lauge.

Zum Putzen im Haushalt kaufe ich lediglich drei Dinge: Natron, Soda und Citronensäure. Seife als Tensid und Schlämmeerde als Abrasiv sind ja schon da. Wer mag, tut noch ein paar Tropfen ätherisches Öl in den Mix. Oder Sie extrahieren Orangenschalen über Wochen – Anregungen und Rezepte liefern Blogs und Bücher genügend [zum Beispiel diese *Nachrichten*, S. 96].

Bevor Sie jetzt bei Google zu suchen beginnen: Nutzen Sie doch lieber eine Suchmaschine wie Ecosia. Denn eine Suchanfrage produziert (ja, leider laut Google) etwa 0,2 Gramm CO₂ (oder 0,3 kWh).⁴⁾ Damit reichen 20 Suchanfragen, um eine Energiesparlampe eine Stunde brennen zu lassen.⁵⁾ Daran ändert zwar auch eine Suchanfrage bei Ecosia nichts. Aber: Ecosia pflanzt Bäume (einen für durchschnittlich 45 Suchanfragen).

Sharing is caring

Was weder vorrätig ist noch sich aus irgendwas vorhandenem umfunktionieren lässt, kann man leihen. Gute Anlaufstellen sind Nachbarn, Freunde, der Baumarkt oder das örtliche Carsharing. Wenn Leihen nicht geht: Gibt es die Winterjacke vielleicht gebraucht, etwa online bei Ebay Kleinanzeigen, Mox Fashion oder Vinted?

Dem Umweltbundesamt zufolge beeinflusst es die Klimabilanz übrigens nur wenig, ob ich stationär oder

Open Access
für Autoren
leicht gemacht

Berechtigte Autoren an deutschen Institutionen können Open Access ohne Autorenggebühr veröffentlichen



Ausführliche
Informationen siehe:
bit.ly/DEALAuthor

GDCh

Publizieren Sie in Ihren
Fachzeitschriften
der GDCh!

online einkaufe. Demnach machen Handel und Transport oft nur ein bis zehn Prozent der Gesamtemissionen im Lebenszyklus eines Produkts aus. Das meiste stammt dagegen aus der Herstellung und je nach Produkt der Nutzung. Langlebige, umweltfreundlich hergestellte Produkte sind daher vorzuziehen – und wenn Sie sie vor Ort kaufen, schwingen Sie sich am besten aufs Rad (oder in den ÖPNV). Und falls es doch mal was „Neues“ sein soll: Unternehmen wie der niederländische Schmuckhersteller Taj zum Beispiel erschaffen kleine Kostbarkeiten vollständig aus recyceltem Metall.

Wenn Sie keine Zeit haben, einkaufen zu gehen, spricht also nichts gegen Onlineshopping – zumindest dann, wenn Sie nichts zurücksenden. Denn Ware prüfen und aufbereiten ist für die Händler oft teurer, als die Retoure zu vernichten. Mit Onlineshopping können Sie aber sogar Betreiber aus der Region unterstützen: Über die Plattform Genialokal etwa bestellen Sie beim örtlichen Büchergeschäft und holen Ihren Lesestoff wahlweise ab oder lassen ihn liefern.

Nicht regional, aber auch mit Mehrwert ist das Konzept von Buch7. Der Anbieter versendet nicht nur kostenlos und CO₂-neutral, sondern spendet auch 75 Prozent seines Gewinns für gemeinnützige Projekte, ohne dass der Bestellende mehr zahlt.

Gibt es irgendwo doch Versandkosten, können Sie auch die teilen, wenn Sie mit Menschen aus Ihrem Umkreis gemeinsam bei einem Anbieter einkaufen. Das spart zudem Transportkosten und Verpackungsmaterial. Das gleiche gilt für Großpackungen, deren Inhalt sich ebenso teilen lässt.

Falls Sie kurz davor stehen, in den Urlaub zu fahren, und Ihr Kühlschrank überquillt: Posten Sie doch mal auf foodsharing.de, was sich bei Ihnen tummelt. Vermutlich interessieren sich Menschen in Ihrer Umgebung sich für die übrig gebliebene Packung Käse und den Rest Salat. Oder kommen Sie gerade aus dem Urlaub wieder und haben keine Lust zu kochen? ToGoodtoGo verrät Ihnen, welche Bäckerei, welches Café oder welches Restaurant in Ihrer Gegend noch Köstlichkeiten vom Vortag zum reduzierten Preis anbietet.

Vielleicht fällt Ihnen ja auch etwas ein, wie Sie Ihren Arbeitsplatz nachhaltiger gestalten können. In der GDCh-Geschäftsstelle beispielsweise gibt es – wie in vielen Städten – seit letztem Jahr einen Bücherschrank. Dort hinein stellen Menschen die Bücher, die sie nicht mehr lesen, die aber vielleicht noch andere erfreuen. Jede darf Bücher einstellen und mitnehmen – dank eines klugen Benutzerkonzepts müllt nichts zu.

Einen Tod muss man sterben

Bei allem, was man machen und ändern kann: Keiner von uns wird seinen ökologischen Fußabdruck zum Verschwinden bringen (es sei denn, wir betreiben irgendwann Photosynthese – dann müssten wir allerdings auch nackig durch die Gegend rennen). Und bei vielem muss man abwägen: Ist es mir wichtig, dass mein Gelber Sack möglichst leer ist, und nehme ich dafür reihenweise Altglas in Kauf? Oder sollen beim Transport nur wenig Emissionen entstanden sein, und kaufe ich darum lieber den Tetrapak? Denn der sei, schreibt die

Biosupermarktkette Alnatura auf ihrer Homepage, die ökologisch sinnvollste Verpackung.⁶⁾

Ich persönlich stehe auf Altglas. Denn dem Umweltbundesamt zufolge wird in Deutschland der Großteil der Kunststoffabfälle verbrannt (53 Prozent im Jahr 2019), und Kunststoff lässt sich nicht unbegrenzt wiederverwerten.⁷⁾ Glas hingegen schon. Zudem schmilzt recyceltes Glas bei niedrigeren Temperaturen als die zur Glasherstellung erforderlichen Rohstoffe, was also Energie spart.⁸⁾ Zwar entstehen beim Transport mehr CO₂-Emissionen, die man gegebenenfalls einrechnen muss, aber – und das ist mir auch wichtig – Glas ist meist schadstoffärmer als Kunststoff.

Immer wieder sagen und hören

Nichts von dem, was Sie hier lesen, ist neu. Um ein bisschen nachhaltiger zu sein, reicht es an vielen Stellen, sich auf Althergebrachtes und Traditionen zu besinnen. Auch dabei lässt sich Neues lernen. Wann haben Sie zuletzt Sauerkraut gemacht, Ihr vertrocknetes Brötchen zu Paniermehl gerieben oder Ihre Kirschkerne zu einem Wärmekissen upgecycled? Probieren Sie es mal. Vielleicht entdecken Sie eine ganz neue Welt für sich – nicht die bequemste, aber eine ressourcenschonendere. ■

Nachrichten-Redakteurin **Eliza Leusmann** ist komplett biologisch abbaubar.

SO WERDEN SIE NACHHALTIGER

Nutzen Sie das, was Sie haben, wo Sie können: Lassen Sie sich beim Bäcker Ihren Kaffee in einem Keramikbecher geben und füllen Sie ihn in Ihren Thermobecher um. Coffee to go selbstgemacht, Müll gespart.

Hinterfragen Sie: Was brauche ich? Muss Kaufen sein, oder reicht Leihen? Kann ich etwas umfunktionieren oder Kaputttes aufwerten?

Vermeiden Sie Füllstoffe – sowohl bei Lebens- als auch bei Putzmitteln.

Angenehmer Nebeneffekt: Vieles spart nicht nur Ressourcen und Müll, sondern auch Geld.

- 1) zerowastehome.com
- 2) dpaq.de/2doMF, <http://dpaq.de/gl3U2>
- 3) t1p.de/0tqb (Stand 19.8.2021)
- 4) t1p.de/trgl (Stand 19.8.2021)
- 5) c (19.8.2021)
- 6) t1p.de/mzz0 (19.8.2021)
- 7) t1p.de/nwad (19.8.2021)
- 8) t1p.de/ikz0 (19.8.2021)

Chemiedidaktik

Funken selbstgemacht

Die Mischung, die Wunderkerzen funkeln lässt, ist nichts für Kinder – die Bestandteile sind gesundheitsschädlich und können explosiv sein. Das muss nicht sein: Chemiker und Chemiedidaktiker aus München haben eine Mischung entwickelt, die Schülerinnen und Schüler ab der Jahrgangsstufe fünf sicher handhaben können.



So brennt eine selbst hergestellte Wunderkerze.

Chemiker und Chemiedidaktiker aus München und Tübingen haben gemeinsam bariumnitratfreie Wunderkerzen entwickelt:¹⁾ Die Didaktiker haben sich darauf konzentriert, die Wunderkerzen weniger umweltschädlich und den Herstellungsprozess einfach und schultauglich zu machen. Die Arbeitsgruppe für hochenergetische Materialien der Ludwig-Maximilians-Universität München hat untersucht, ob die neuen Wunderkerzen explosionsfähig oder explosionsgefährlich sind.

Die Wunderkerzen sollten nach der Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht (Risu) der Kultusministerkonferenz²⁾ aus dem Jahr 2019 sicher herzustellen und zu handhaben sein, Schülerinnen und Schüler sollten sie im Unterricht selbst herstellen dürfen. Dies haben Prüfverfahren sichergestellt, welche die Reaktivität der Wunderkerzenreaktionsmischung ermittelten.

Chemische Zusammensetzung

Artikel über die Herstellung konventioneller Wunderkerzen gibt es von Keeney und Coautoren aus dem Jahr 1995³⁾ und über die chemischen Reaktion bei der Verbrennung von Wunderkerzen von Martin und de Vries aus dem Jahr 2004.⁴⁾ Zudem dokumentierte das

Portal impulse.de im Jahr 2013 den Herstellungsprozess von Wunderkerzen der Firma Weco.⁵⁾

Darüber hinaus ist es schwierig, einen Einblick in die Herstellung und besonders in die chemische Zusammensetzung von Wunderkerzen zu erhalten – die Produzenten halten ihre Rezepturen geheim.

Wunderkerzen bestehen aus einem Gemisch anorganischer Chemikalien sowie einem Bindemittel, mit dem die Masse auf einem Draht fixiert wird. Die Hauptbestandteile von Wunderkerzen sind Eisenpulver, ein Oxidationsmittel, Aluminium- und Magnesiumpulver, Bindemittel sowie Draht.⁶⁾ Handelsübliche Wunderkerzen enthalten zudem geringe Mengen weiterer Chemikalien, welche die Abtrenneigenschaften optimieren. So sorgt Borax für einen gleichmäßigen Funkenflug und fixiert zugleich die Reaktionsprodukte am Draht, damit die heiße Schlacke nicht tropft.⁵⁾

Funkenflug erzeugen

Das in Wunderkerzen enthaltene Eisenpulver oxidiert während der Reaktion mit Luftsauerstoff zu Magnetit; dabei entstehen die für Wunderkerzen typischen warmweißen Funken. Das Erscheinungs-

bild der Funken hängt von der Größe der Eisenpartikel und von deren Kohlenstoffgehalt ab. Partikelgrößen von 44 µm bis 149 µm sowie ein Kohlenstoffanteil von ein bis zwei Prozent sind ideal für einen gleichmäßigen Funkenflug mit vielen Verzweigungen. Größere Partikel führen zu unregelmäßigem Funkenflug und Verbrennungsfahr; kleinere Partikel reagieren so schnell, dass keine Funken fliegen. Zudem reagiert das Eisen mit dem Oxidationsmittel der Wunderkerzen, und zwar im Inneren, sodass Funken nicht zu sehen sind.

In handelsüblichen Wunderkerzen dient Bariumnitrat als Oxidationsmittel, das eine hohe Oxidationskraft hat und kostengünstig

Diesen Beitrag haben Michael Scheid (Foto oben), Magdalena Rusan, Thomas M. Klapötke und Stefan Schwarzer (Foto unten) verfasst. Scheid studierte an der LMU München Chemie und Geographie für das gymnasiale Lehramt. Seit 2018 forscht er im Arbeitskreis von Stefan Schwarzer. Rusan entwickelt an der LMU München Experimente für Vorlesungen und Lehramtspraktika. Klapötke ist Lehrstuhlinhaber für anorganische Chemie an der LMU München und erforscht Explosivstoffe. Schwarzer war Professor für Chemiedidaktik an der LMU München und wechselte 2020 an die Universität Tübingen. Er entwickelt Experimente zu Materialien mit Bezug zur Nachhaltigkeit für Schule und Schülerlabor.



ist.⁵⁾ Da viele Bariumverbindungen giftig und umweltschädigend sind,⁷⁾ verbietet sich Bariumnitrat in den neu entwickelten Wunderkerzenmischungen. Alternativen in den beiden neuen Wunderkerzenmischungen sind Kalium- und Strontiumnitrat.

Kalium- und Strontiumkationen sind umweltverträglicher als das Bariumkation. Anders als Bariumverbindungen sind die meisten Strontiumverbindungen toxikologisch unbedenklich.⁸⁾

Die unterschiedliche Umweltverträglichkeit der drei Nitratsalze in Wunderkerzen können Schülerinnen und Schüler an der Wasserlinse als Modellorganismus untersuchen: Während die Wasserlinsen in Kontakt mit Bariumkationen innerhalb von zehn Tagen ausbleichen, wachsen die Pflanzen mit Kaliumkationen im Wasser weiter.⁹⁾

Aluminium und Magnesium reagieren in Wunderkerzenmischun-

gen mit dem Oxidationsmittel stark exotherm. Dabei entstehen Gase, durch die Eisenpartikel austreten, die dann als Funken erscheinen. Dabei entscheidet der Zerteilungsgrad von Aluminium und Magnesium über das Abbrennverhalten der Wunderkerze. Für einen homogenen Funkenflug ist Aluminiumstaub mit einer maximalen Partikelgröße von 45 µm erforderlich. Magnesium ist verzichtbar, wenn der Anteil von Aluminium ausreichend groß ist: Je feiner das Aluminiumpulver ist, desto geringer muss sein Anteil sein. Bei einer Partikelgröße des Aluminiums von 45 µm sind etwa 5 Gewichtsprozent notwendig.

Bindemittel bei konventionellen Wunderkerzen ist Dextrin,⁵⁾ es macht die Mischung dickflüssig, sodass die Drähte von Wunderkerzen in Tauchgängen beschichtet werden können, bis das Material dick genug aufgetragen ist. Dieses Verfahren dauert und ist materialin-

tensiv, daher eignet es sich nicht dazu, Wunderkerzen für die Forschung oder in der Schule herzustellen. Eine Alternative ist kaltlösliche Stärke, die mit kaltem Wasser verkleistert. Mit diesem Bindemittel nimmt die Wunderkerzenmischung eine Konsistenz wie Knetmasse an, die mit der Hand gerollt und einfach zu einer Wunderkerze geformt werden kann (Abbildung 1).

Die beiden neu entwickelten Wunderkerzenmischungen bestehen je aus einem Nitratsalz, Eisen und Aluminium sowie kaltlöslicher Stärke und Wasser. Der optimale Stoffmengenanteil des Nitratsalzes liegt bei 35 Prozent der anorganischen Bestandteile an der Mischung, und zwar für SrNO_3 und KNO_3 .

Die Herstellung der Wunderkerzenmischungen wird detailliert in der Literatur beschrieben^{1,9)} und ist als Video abrufbar.¹⁰⁾

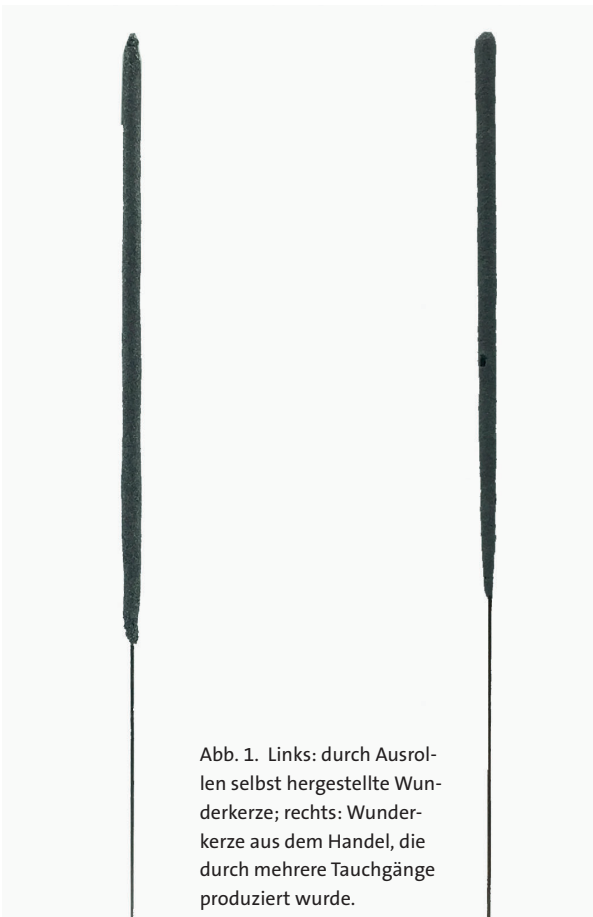


Abb. 1. Links: durch Ausrollen selbst hergestellte Wunderkerze; rechts: Wunderkerze aus dem Handel, die durch mehrere Tauchgänge produziert wurde.



Abb. 2. Ergebnisse von Stahlhülisentests, bei dem ein Stoff in einer verschlossenen Stahlhülse mit Entlastungsöffnung erhitzt wird; oben: negativ, rechts: positiv.



Prüfverfahren: explosiv oder nicht?

Pyrotechnische Mischungen unterliegen in Deutschland sowohl im Unterricht als auch allgemein strengen Regelungen. So können nach der aktuellen Fassung der Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht (Risü) „Mischungen oxidierender Verbindungen, z. B. Nitrate [...] mit entzündbaren oder reduzierbaren Stoffen [...] die Eigenschaften von explosiven Stoffen haben.“²⁾ Schülerinnen und Schüler dürfen explosive Stoffe an Schulen nicht herstellen, und Lehrer dürfen sie nur in Demonstrationsversuchen einsetzen. Um Wunderkerzen als Schülerexperiment herstellen zu dürfen, ist somit der Nachweis zu erbringen, dass die Wunderkerzenmischungen nicht explosiv sind.

Fachwissenschaft und Gesetzgeber unterscheiden zwischen explosionsfähigen und explosionsgefähr-

lichen Stoffen und Gemischen.¹¹⁾ Um die Explosionsfähigkeit eines Stoffs abzuschätzen, wird das Berthelot-Rot'sche Produkt B_R berechnet. Ist dieses größer oder gleich dem des traditionell als Referenzwert dienenden Oppauer Salzes, wird ein Stoff oder Gemisch als explosionsfähig bezeichnet. Oppauer Salz ist eine Mischung aus Ammoniumnitrat und Ammoniumsulfat zu gleichen Gewichtsanteilen.

Keine der beiden neu entwickelten Mischungen mit den Oxidationsmitteln Kalium- und Strontiumnitrat hat ein B_R oberhalb des Referenzwerts.

Damit ein chemischer Stoff darüber hinaus nicht als explosionsgefährlich eingestuft wird, darf er bei drei Prüfverfahren zur thermischen und mechanischen Belastbarkeit nicht spontan reagieren.¹¹⁾ Die drei Prüfverfahren sind:

- Stahlhülstentest (Abbildung 2) mit einer Bohrung von 2 mm in der Düsenplatte,

- Schlagempfindlichkeit ≤ 39 J (im BAM-Fallhammer, Abbildung 3),
- Reibeempfindlichkeit ≤ 353 N (Abbildung 4).

Das Ergebnis des Stahlhülstentests mit den neuen Mischungen ist negativ, sie weisen eine Schlagfestigkeit von über 40 J sowie eine Reibeempfindlichkeit von mehr als 360 N auf.

Zudem wurden die Mischungen einem ESD-Test (electrostatic discharge) unterzogen, der ihre Empfindlichkeit gegenüber elektrostatischer Entladung prüft. Beide Mischungen weisen hier eine ESD-Empfindlichkeit von mehr als 1,5 J auf.

Die Wunderkerzenmischungen sind somit nach dem deutschen Sprengstoffgesetz weder explosionsgefährlich noch zählen sie zu den Explosivstoffen.^{11,12)} Daher dürfen mit den Mischungen Wunderkerzen als Schülerexperiment im Unterricht hergestellt werden. ▶

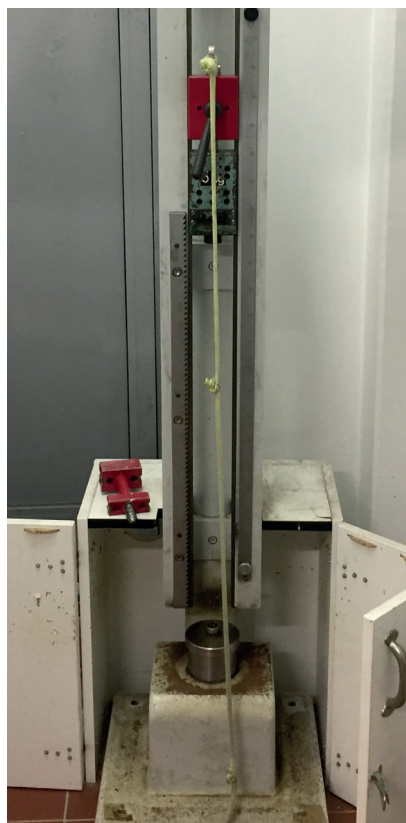


Abb. 3. BAM-Fallhammer; damit wird im Labor die Schlagempfindlichkeit eines Stoffs geprüft.

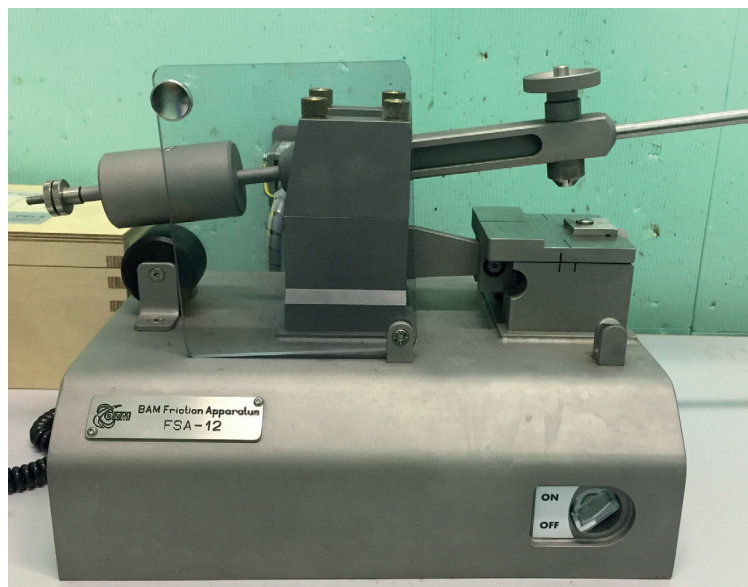


Abb. 4. BAM-Reibapparat, dient im Labor dazu, die Reibeempfindlichkeit einer Substanz zu bestimmen.

Allerdings ist es Schülerinnen und Schülern bis einschließlich Jahrgangsstufe 4 nicht erlaubt, mit Eisenpulver, Aluminiumpulver, Kalium- und Strontiumnitrat zu arbeiten,¹⁴⁾ die Herstellung von Wunderkerzen im Schülerexperiment ist somit erst ab Jahrgangsstufe fünf möglich.

Wunderkerzen im Chemieunterricht

Seit zwei Jahren fertigen Schülerinnen und Schüler Wunderkerzen im Schülerlabor an. Dies gelingt bereits Fünftklässlern gut.

Ergänzend können sie mit Wasserlinsen die Umweltverträglichkeit der verschiedenen Wunderkerzenmischungen untersuchen und das Handlungsprinzip Nachhaltigkeit fächerübergreifend diskutieren. Dies schult Schülerinnen und Schüler in den Kompetenzbereichen Erkenntnisgewinnung und Bewertung. Schulklassen aus der Unterstufe können damit einen Beitrag der Wissenschaft Chemie zu einer saubereren Umwelt diskutieren.

Ab der Jahrgangsstufe 9 sind die Schülerinnen und Schüler der weiterführenden Schulen meist mit den Grundlagen der Redoxchemie vertraut und können die grundlegenden Reaktionsgleichungen ei-

ner abbrennenden Wunderkerze aufstellen.⁴⁾ Weitere Lehrplanbezüge der Wunderkerzen finden sich zu den Themen Oxidationsmittel, Atombau und Flammenfärbung. Die Lehrpläne einiger Bundesländer, etwa in Bayern und Brandenburg,^{15,16)} führen die Wunderkerze als Beispiel für Redoxreaktionen und Pyrotechnik direkt auf.

Ein Fazit: Zusammenarbeit mit der Grundlagenforschung

Die Ergebnisse aktueller chemischer Forschung erscheinen auf den ersten Blick oft als ungeeignet für den Chemieunterricht. Dies liegt meist an komplizierten Reaktionsmechanismen, komplexen Theorien sowie an Geräten, die an Schulen nicht vorhanden sind und deren Verständnis und Handhabung fachliches Wissen und oft auch Detailwissen erfordert.

Trotzdem lohnt es sich, bei aktuellen Forschungsthemen genauer hinzusehen: Es gibt Themen mit Lehrplanbezug, die sich für die Wissenschaftskommunikation eignen.¹⁷⁾ Dies ist zum einen für außerschulische Lernorte wie Schülerlabore oder Chemieunternehmen interessant. Zum anderen lässt sich so der Unterrichtsgegenstand aus den Lehrplänen auf dem aktuellen Stand halten. Zudem tragen solche interdisziplinär erarbeiteten Themen zur Öffentlichkeitsarbeit der Wissenschaft Chemie bei. Aktuelle Forschungsinhalte und -methoden können Schülerinnen und Schülern so an alltagsnahen Beispielen zugänglich gemacht werden. ■

Das Projekt „Di-Fa_{Ch}^M“ wird im Rahmen der „Qualitätsinitiative Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus den Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Hierfür bedanken wir uns. Ein besonderer Dank geht zudem an alle Schülerinnen und Schüler, die mit ihrem Feedback den Entwicklungsprozess zur Herstellung der neuartigen Wunderkerzen unterstützt haben.

- 1) M. Scheid, M. Rusan, T. M., Klapötke, S. Schwarzer, Chemistry Teacher International, 2021
- 2) www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/1994/1994_09_09-Sicherheit-im-Unterricht.pdf (Stand 16.8.2021)
- 3) A. Keeney, C. Walters, R. D. Cornelius, J. Chem. Educ. 1995, 72/7, 652–653
- 4) C. Martin, T. de Vries, CHEMKON 2004, 11/1, 13–20
- 5) V. Bast, Impulse 2013, „Warenprobe: Wie eine Wunderkerze entsteht“, www.impulse.de/leben/oh-wunder/2011512.html#4 (Stand 16.8.2021).
- 6) J. Falbe, H. Römpf, M. Regitz, E. Hillen, (Hrsg.) Römpf-Chemie-Lexikon, 19. Aufl. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1995
- 7) www.umweltprobenbank.de/de/documents/profiles/analytes/10084 (Stand 16.8.2021)
- 8) www.umweltprobenbank.de/de/documents/profiles/analytes/10254 (Stand 16.8.2021)
- 9) M. Scheid, L. Pohl, M. Rusan, T. M., Klapötke, S. Schwarzer, CHEMKON 2020, doi: 10.1002/ckon.202000054
- 10) player.vimeo.com/video/464925052 (letzter Zugriff am 4.3.2021).
- 11) T. M. Klapötke, Chemie der hochenergetischen Materialien, de Gruyter, Berlin 2009
- 12) www.gesetze-im-internet.de/sprengg_1976/BjNR027370976.html#BJNR027370976BJNG000101377 (Stand 4.3.2021)
- 13) degintu.dguv.de/chemicals/export/pdf (Stand 4.3.2021)
- 14) S. Sjøberg, C. Schreiner, The ROSE project. An overview and key findings. University of Oslo 2010
- 15) www.isb-gym8-lehrplan.de/content/serv/3.1.neu/g8.de/id_1.html (Stand 4.3.2021)
- 16) bildungsserver.berlin-bran-denburger.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmen-lehrplanprojekt/amtliche_Fassung/Teil_C_Chemie_2015_11_10 (Stand 4.3.2021)
- 17) T. Wilke, P. Engelmann, S. Schwarzer, O. Tepner, Nachr. Chem. 2020, 68(12), 8

AUF EINEN BLICK

Wunderkerzen bestehen aus Eisenpulver, einem Oxidationsmittel, Aluminium- und Magnesiumpulver sowie einem Bindemittel, das die Substanzen zusammen- und an einem Draht festhält.

Als Oxidationsmittel dient in handelsüblichen Wunderkerzen Bariumnitrat. Da es ein starkes Oxidationsmittel ist, eignet es sich in Kombination mit brennbaren Stoffen nicht für Schülerexperimente. Alternativen sind Kalium- und Strontiumnitrat.

Neue Mischungen sind auf Explosivität zu untersuchen, bevor Kinder und Jugendliche in der Schule mit ihnen arbeiten dürfen.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Karriere

„Mit langem Atem“



Die chemische Industrie kommt nicht daran vorbei, nachhaltiger zu werden. Dies meinen junge Chemieingenieurinnen und Chemiker, die an ihren Arbeitsplätzen dazu beitragen, dass die Unternehmen ihre Rohstoffbasis umstellen, weniger Lösungsmittel verwenden oder die Umweltauswirkungen der Produktion minimieren. Das Chemiestudium bereitet auf solche Aufgaben nicht immer vor.

Berufseinsteiger in der Chemie wünschen sich, dass ihre Arbeit zu nachhaltiger Entwicklung beiträgt. Und sie wählen ihre Arbeitgeber entsprechend, das legt eine Umfrage des Jungchemikerforums der GDCh nahe. In Studium und Ausbildung vermissen junge Chemiker allerdings die entsprechenden Inhalte (jcf.io/teams/nachhaltigkeit).

So wie den Teilnehmern der Befragung ging es Aleksandra Gwozdz, die sich in einem großen Chemieunternehmen mit GHS-Klassifizierung befasst. Ihrer Ansicht nach müssten Themen wie Entsorgung, Kreislaufwirtschaft und das Konzept „Benign by Design“ im Studium mehr Raum einnehmen. Während ihres Bachelorstudiums konnte die Chemieingenieurin freiwillig ein Modul wählen, das unter anderem Green Chemistry vorgestellt hat, das war alles. In ihrer Zeit in einem Produktentwicklungslabor fiel ihr auf, wie wenig Nachhaltigkeit thematisiert wurde.

Inzwischen bildet sich Gwozdz an der Universität Lüneburg im berufsbegleitenden Masterstudiengang „Sustainable Chemistry“ weiter (Kasten S. 32). Sie hat gelernt, ökotoxikologische Daten zu interpretieren, den Lebenszyklus von Produkten zu analysieren, wo die Grenzen solcher Studien liegen und wie sie sie bewertet. Kollegen und Vorgesetzte reagierten positiv auf ihre Studienpläne. In der Industrie machten solche Kenntnisse einen Unterschied. „Mit meiner Arbeit kann ich dann mehr bewirken, als wenn ich eine Plastiktüte weniger verwende,“ sagt sie.

Nachwachsende Rohstoffe

Wie Aleksandra Gwozdz studiert Benjamin Triller Sustainable Chemistry in Lüneburg. Im Arbeitsalltag befasst er sich seit Jahren intensiv mit nachwachsenden Rohstoffen und muss verstehen, wie Produkte auf die Um-

welt wirken. Als Laborleiter bei Beiersdorf entwickelt er Kosmetika für Männer. Hier kommt es nicht mehr nur darauf an, dass beispielsweise der Rasierschaum gut riecht und auf der Haut nicht brennt. „Es geht auch um die biologische Abbaubarkeit von Inhaltsstoffen und ihren CO₂-Fußab-

#karriere

#chemie

#engagement

#netzwerk

JungChemikerForum
jcf.io

Exkursionen und Karriere-Start

Top-Events zu Spezialkonditionen

Mitgliedermagazin
Nachrichten aus der Chemie

Römpf Online kostenlos

GDCh-Starterkit

GDCh-VAA-Doppelmitgliedschaft

**Startermitgliedschaft –
kostenfrei und Spaß dabei.
Jetzt mitmachen!**

gdch.de/leistungen

gdch.de/linkedin | gdch.de/xing | gdch.de/facebook | gdch.de/instagram | gdch.de/twitter

druck,“ berichtet Triller. Die Industrie sieht er vor einem Transformationsprozess, den Schlüssel dazu in stärkerer fachübergreifender Zusammenarbeit. Beiersdorf hat sich verpflichtet, bis zum Jahr 2025 30 Prozent der CO₂-Emissionen einzusparen.

Syntheseleistungen der Natur

Nachwachsende Rohstoffe sind auch das Arbeitsgebiet von Adrian Brandt – allerdings die von Klebstoffen. Bei Henkel arbeitet er im Geschäftsbereich Klebstoffe (Adhesive Technologies) und leitet dort ein Labor innerhalb der Forschungsplattform Biorenewables. Hier arbeiten insgesamt zwölf Chemiker, Techniker und Laboranten. „Die Industrie steht davor, die gesamte Rohstoffbasis von fossilem auf erneuerbaren Kohlenstoff umzustellen“, sagt er, „das ist eine Riesenaufgabe.“ Henkel hat sich zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2040 klimaneutral zu arbeiten, und das betrifft nicht nur die Energieerzeugung.

Brandt forscht an Klebstoffen für Elektronikbauteile wie Kopfhörer

oder Smartphones und fragt sich dabei: „Welche Syntheseleistung hat die Natur schon für uns erbracht, die im Produkt einen technischen Vorteil bringt?“ Dabei muss er im Auge behalten, ob die Moleküle im industriellen Maßstab herzustellen sind. Er prüft zudem, ob es für die Substanzen einen Lieferanten gibt, der einen Prozess entwickeln und die Substanzen herstellen kann, oder ob Henkel sie selbst produzieren soll.

Parallel dazu berät er interne Kunden und hilft ihnen dabei, in Klebstoffformulierungen die neuen Grundstoffe einzusetzen, manchmal auch mit viel Überzeugungsarbeit und langem Atem. Dabei hilft ihm, dass er nicht als Laborleiter bei Henkel angefangen hat, sondern als Scout in der Geschäftsentwicklung (New Business Development) und daher viele Kollegen kennt. Adrian Brandt ist ursprünglich Physikochemiker. In Münster hat er in der Batterieforschung promoviert, weil dies seinem Interesse an nachhaltiger Chemie am nächsten kam. Zu Henkel kam er über eine Stellenausschreibung.

Im Konzern bestand seine Aufgabe zunächst darin, nach kleineren

Projekten zu suchen, die es zu bündeln und weiterzuentwickeln lohnte. Dabei lernte er das gesamte Unternehmen kennen und fand heraus, welche Themen an welcher Stelle bearbeitet wurden. Nach einem Jahr schlug die Abteilung dem Henkel-Vorstand vor, eine Forschungsplattform für biogene Rohstoffe einzurichten, und Brandt übernahm dort direkt ein Labor. Heute sagt er: „Es gibt in Zukunft hoffentlich mehr Industriejobs, die so nahe an der Chemie sind und den Übergang von fossilem zu erneuerbarem Kohlenstoff vorantreiben.“

Auf dem Prüfstand

Das Interesse in der Industrie an Nachhaltigkeit und neuen Rohstoffen habe in den letzten Jahren zugenommen, hat Brandt beobachtet. „Wir bekommen mehr Unterstützung für unsere Projekte.“ Immer mehr Kunden seien bereit, für einen umweltfreundlicheren Stoff zu bezahlen.

„Am Thema Nachhaltigkeit kommt – vom Labor bis zum höheren Management – keiner mehr vorbei“, meint Ipek Bargu, die nach einem Bachelorstudium der Industriechemie bei einem Chemiekonzern im technischen Marketing arbeitet. In ihrer Arbeit hat sie Bewährtes zu hinterfragen, etwa ob ein Produkt oder ein Prozess wirklich ein bestimmtes kritisches Lösungsmittel erfordert, ob es nicht gelingt, dass ein Kunde mit weniger Material- oder Energieeinsatz auskommt oder weniger Ausschuss produziert. Dafür kooperiert sie mit dem Qualitätsmanagement und dem Sustainability Management. Ihr gefällt, dass ihr Arbeitgeber sein Portfolio auf Nachhaltigkeit durchleuchtet. Allerdings wünscht sich Bargu, dass die Umstellung in Richtung Nachhaltigkeit schneller geht, und hofft, dazu beitragen zu können.

Nachhaltigkeit als Teil des Chemiestudiums – dafür gibt es mittlerweile einige Initiativen (Kasten); die Studienkommission der GDCh hat das Thema nun aufgenommen. FZ

INFO: Nachhaltigkeit im Chemiestudium

Seit März 2020 können Chemiker und Absolventen verwandter Studiengänge wie Pharmazie oder Verfahrenstechnik an der Universität Lüneburg berufs begleitend „Sustainable Chemistry“ studieren. Zugangsvoraussetzungen für den Studiengang sind ein Hochschulabschluss auf Bachelorniveau oder höher, fließende Englischkenntnisse und mindestens ein Jahr Berufserfahrung.¹⁾

Hochschulen, die Module zu Nachhaltigkeitsthemen einrichten, hat der Fonds der chemischen Industrie Anfang des Jahres mit insgesamt 167933 Euro unterstützt. Dabei sind die TH Mittelhessen, die FH Aachen, die TH Rosenheim, die Universitäten Saarbrücken, Hamburg und Düsseldorf. Die HS Bonn-Rhein-Sieg nutzt die Fördermittel dazu, ihr Konzept zu erweitern: Chemiestudierende lernen nun gemeinsam mit Wirtschaftswissenschaftlern und sollen dafür ECTS-Punkte erhalten.²⁾

Das Institut für Chemie der TU Berlin hat als bisher einzige Institution in Deutschland das Green Chemistry Commitment der internationalen Organisation Beyond Benign unterzeichnet. Damit verpflichtet sich die Universität, die Grundsätze der grünen Chemie in der Lehre zu verankern.³⁾

1) www.leuphana.de/sustainable-chemistry

2) www.h-brs.de/de/anna/studieninhalte-bsc-chemie-mit-materialwissenschaften

3) www.beyondbenign.org/he-green-chemistry-commitment/

KARRIEREKOLUMNE

Fragen Sie jemanden, der sich auskennt

„Vielleicht klingt es wie ein Luxusproblem“, berichtet Dirk in einem Karriereseminar. „Ich habe bereits ein Stellenangebot, bei einer finnischen Firma. Ich müsste also in ein anderes Land ziehen. Wie kann ich wissen, worauf ich mich einlasse?“

Natürlich hat Dirk das Internet nach allen verfügbaren Quellen zur Firma durchsucht und zudem im Vorstellungsgespräch einen Eindruck gewonnen. Doch was ist Fassade, was ist Substanz? Dazu kommen der organisatorische Aufwand und die kulturellen Veränderungen im Ausland. Keine Entscheidung, die man auf die leichte Schulter nehmen sollte. „Wie komme ich an authentische Informationen, noch dazu in kurzer Zeit?“, fragt er.

Ein bewährtes Mittel, das glücklicherweise auch in Corona-Zeiten funktioniert, sind Gespräche mit Expertinnen. Nehmen Sie Kontakt auf mit Leuten, die mehr über ein Thema wissen als Sie. In Dirks Fall wären das also alle, die schon einmal in Finnland gelebt und die für dieses Unternehmen gearbeitet haben – auch an anderen Standorten.

Wie stellen Sie das an? Eine unpersönliche Anfrage an info@unternehmen.com hat geringe Erfolgsaussichten. Einen engen persönlichen Kontakt benötigen Sie für so eine Anfrage trotzdem nicht. Im Idealfall fädelt jemand, der Sie kennt, den Kontakt ein. Doch wenn das für Sie nicht möglich ist, stoßen Sie bei Ihrer Recherche hoffentlich auf persönliche E-Mail-Adressen oder Profile in den sozialen Medien. Dann reicht es oftmals, wenn aus Ihrer Anfrage hervorgeht, dass Sie sich vorbereitet haben. Sie müssen ausdrücken, dass Sie mit genau dieser Person sprechen möchten.

Wechseln wir kurz die Perspektive: Warum sollte jemand einer fremden Person seine wertvolle Zeit widmen?

Menschen reden gerne über sich selbst. Durch den Rahmen „Expertinneninterview“ unterstreichen Sie den respektvollen Ansatz. Sie tun Ihnen einen einfachen, jedoch wertvollen Gefallen und fühlen sich dabei effektiv und nützlich. Und der Gefallen kommt ja vielleicht irgendwann zurück.

Expertinneninterviews sind Netzwerk-Instrumente, die mit Introvertierten auf beiden Seiten kompatibel sind. Voraussetzung ist, dass sie gut vorbereitete, inhaltsgetriebene Einzelinteraktionen sind.

Nach dem Gespräch fragen Sie nach weiteren Kontakten, mit denen Sie sprechen können. Dadurch werden Sie sich durch einzelne Puzzlestücke Antworten auf Ihre Fragen zusammensetzen.



Der promovierte Chemiker **Philipp Gramlich** ist Mitgründer von Natural Science Careers, einem Unternehmen für Karriereberatung und Soft-Skill-Seminare für Naturwissenschaftler. Für die Nachrichten aus der Chemie schreibt er über Beobachtungen aus seiner Beratungstätigkeit. p.gramlich@naturalscience.careers

Illustration: Uta Neubauer

Notizen aus der Wirtschaft

Brenntag stärkt Spezialitätengeschäft in China

Der Essener Chemievertrieb Brenntag baut mit zwei Akquisitionen sein Spezialitätengeschäft in China aus. Im Juli übernahm er 67% der Anteile an Zhongbai Xingye, einem Spezialitätendistributeur für Lebensmittelinhaltsstoffe wie Molkereiprodukte und Proteine. Bis Ende 2024 will Brenntag das Unternehmen vollständig übernommen haben.

Ende Juni hat Brenntag die restlichen 49% Anteile am Pigment- und Additivunternehmen Wellstar Group mit Hauptsitz in Hongkong erworben.

Merck baut in Darmstadt aus

Das Chemie- und Pharmaunternehmen Merck investiert in Darmstadt 200 Mio. Euro in ein neues Healthcare-Forschungszentrum und 70 Mio. Euro in ein neues Aus- und Weiterbildungszentrum. Das Healthcare-Laborgebäude soll ab dem Jahr 2025 Platz für mehr als 500 Wissenschaftler auf einer Fläche von 30 000 Quadratmetern bieten. Das Aus- und Weiterbildungszentrum soll ab 2024 auf etwa 14 000 Quadratmetern alle Ausbildungseinheiten mit über 600 Auszubildenden zusammenfassen.

BASF und Sinopec bauen

Der Chemiekonzern BASF und das chinesische Erdgas- und Mineralölunternehmen Sinopec erweitern am gemeinsam betriebenen Verbundstandort in Nanjing die Anlagenkapazitäten. Das betrifft etwa die Produktion von Propionsäure, Propionaldehyd, Ethylenamin, Ethanolamin und Ethylenoxid für den chinesischen Markt. Zudem wird eine neue t-Butylacrylat-Anlage gebaut. Die Anlagen sollen 2023 in Betrieb gehen.

Lanxess kauft US-Spezialchemikalienhersteller

Der Kölner Spezialchemiekonzern Lanxess hat im August den US-amerikanischen Spezialchemikalienhersteller Emerald Kalama Chemical für etwa 870 Mio. Euro übernommen. Die Akquisition ist die zweitgrößte in der Firmengeschichte. Lanxess übernimmt die 470 Mitarbeiter an den Produktionsstandorten in Kalama (USA), Rotterdam (Niederlande) und Widnes (Großbritannien) und baut damit sein Geschäft mit Konservierungsmitteln sowie mit Produkten für Aroma- und Duftstoffe aus.

Evonik kauft Jenacell

Der Spezialchemiekonzern Evonik übernimmt das Biotechunternehmen Jenacell und integriert dessen Portfolio in sein Healthcare-Geschäft. Damit erweitern die Essener ihr Biomaterial-Portfolio um biotechnisch gewonnene Cellulose. Evonik hatte bereits bei der Gründung von Jenacell im Jahr 2012 Unternehmensanteile erworben. Jenacell entwickelt Weichgewebe-Implantate und medizinische Wundauflagen.

Alpla: biologisch abbaubare Kaffeekapseln

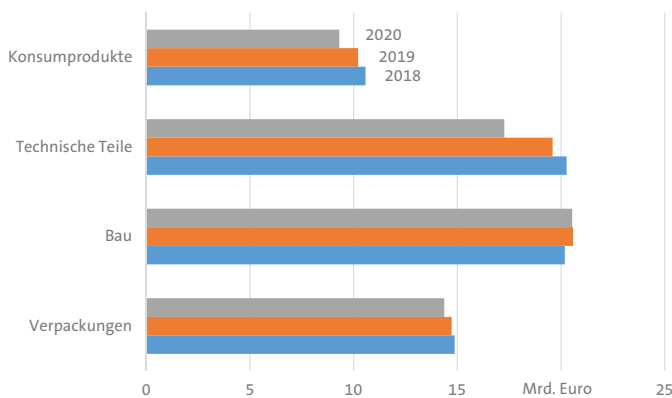
Unter der Marke „Blue Circle Packaging“ fasst der österreichische Verpackungshersteller Alpla biologisch abbaubare Verpackungen zusammen. Die Basis bilden Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen wie heimkompostierbare Kaffeekapseln. Mit dem Kaffeeröster Amann Kaffee und der Agentur Silberball hat Alpla zudem das Start-up Blue Circle Coffee gegründet.

Kunstharzhersteller Allnex nach Thailand verkauft

Der Petrochemiekonzern PTT Global Chemical aus Bangkok übernimmt für etwa 4 Mrd. Euro den Frankfurter Kunstharzhersteller Allnex vom Finanzinvestor Advent International. Allnex ist aus dem ehemaligen Chemiekonzern Hoechst hervorgegangen und stellt mit 4000 Mitarbeitern Bindemittel für die Farben- und die Lackindustrie sowie lösemittelfreie Harze für die Auto- und Verpackungsindustrie her.

BASF verkauft Anteile an Solenis

Der Chemiekonzern BASF und die Beteiligungsgesellschaft Clayton, Dubilier & Rice verkaufen ihre jeweiligen Anteile am US-Spezialchemiekonzern Solenis an die kalifornische Beteiligungsgesellschaft Platinum Equity. Die Transaktion umfasst einen Unternehmenswert von 5,25 Mrd. US-Dollar. Seit Anfang 2019 hielt BASF 49% der Anteile an Solenis, das mit über 5200 Mitarbeitern etwa Chemikalien zur Abwasserbehandlung, für Bioraffinerien oder die Papier- und Zellstoffindustrie bietet.



Weniger Kunststoffe

Die deutschen Hersteller von Kunststoffverpackungen haben dem Verband Technische Kunststoffprodukte (Tecpart) zufolge im vergangenen Jahr 4,3 Mio. Tonnen Packmittel produziert, 2% weniger als im Jahr 2019. Der Umsatz ging coronabedingt um 2,7% auf 14,4 Mrd. Euro zurück. Im ersten Quartal setzten die Unternehmen weltweit 3,8 Mrd. Euro um, ein Plus von 1,1% im Vergleich zum Vorjahreszeitraum. Tecpart ist Teil des Gesamtverbands Kunststoffverarbeitende Industrie (GKV). Insgesamt setzten im Jahr 2020 kunststoffverarbeitende Betriebe 61,5 Mrd. Euro um (Grafik), 5,6% weniger als im Jahr zuvor.

Quelle: GKV



Partnerschaft für Lithiumabbau | Mehrere Unternehmen haben eine „Responsible Lithium Partnership“ initiiert, die sich für einen verantwortungsvollen Umgang mit natürlichen Ressourcen, darunter Lithium für Batterien in Elektrofahrzeugen, im chilenischen Salar de Atacama einsetzen will. Zu den Geldgebern gehören BASF, Daimler, Fairphone und Volkswagen.

In der Atacama-Wüste (Foto) liegen die weltweit größten Lithiumreserven. Dort gewinnen Minengesellschaften bisher Lithiumverbindungen aus Grundwasser, was Chiles Wasserhaushalt zerstört [*Nachr. Chem.* 2021, 69(7–8), 36].

Foto: Roman Bonnefoy/Adobe Commons

Borealis mit Recycling-Start-up | Der österreichische Polyolefin- und Basischemikalienhersteller Borealis hat eine zehnpromtente Minderheitsbeteiligung am belgischen Start-up Renasci erworben und nimmt dessen zirka 20 000 Jahrestonnen chemisch recycelter Rohstoffe in Oostende ab. Die Anlage soll jährlich 120 000 Tonnen getrocknete Haushalts- und Industrieabfälle verarbeiten.

Nobian: neuer Basischemikalienhersteller | Das aus dem niederländischen Spezialchemiekonzern Nouryon hervorgegangene Unternehmen Nobian produziert seit Juli eigenständig Basischemikalien wie Chloride und Chlormethane für Desinfektionsmittel, Kunststoffe, Aluminium und Pharmazeutika. Nobian betreibt mit 1600 Mitarbeitern Anlagen in den Niederlanden, Dänemark und in Deutschland in Bitterfeld, Ibbenbüren und Frankfurt am Main.

Clariant verkauft Pigmentsparte | Das Schweizer Spezialchemieunternehmen Clariant verkauft sein Pigmentgeschäft an ein Konsortium aus dem deutschen Pigmenthersteller Heubach und dem US-amerikanischen Investor SK Capital Partners. Das Pigmentgeschäft wird mit bis zu 855 Mio. Schweizer Franken bewertet. Die Transaktion soll im ersten Halbjahr 2022 abgeschlossen sein. Clariant reinvestiert in das kombinierte Geschäft und übernimmt 20% der Anteile der entstehenden Holding mit rund 3000 Mitarbeitern.

Schur Flexibles übernimmt Folienhersteller | Der Folien- und Verpackungshersteller Schur Flexibles aus Österreich hat den italienischen Folienhersteller Termoplast übernommen. In der Nähe von Florenz produziert er mit 100 Mitarbeitern Polyethylenfolien. Zum Produktportfolio gehören siegfähige Folien sowie Barriere- und wiederverschließbare Folien für die Lebensmittel und Pharma.

Lanxess: Lederchemikalien verkauft | Der Kölner Spezialchemiekonzern Lanxess hat im Juni den Verkauf seines Geschäfts mit organischen Lederchemikalien mit 420 Mitarbeitern an TFL Ledertechnik in Weil am Rhein abgeschlossen. TFL ist Teil der US-Investmentgesellschaft Black Diamond Capital Management. Der Kaufpreis beträgt 80 Mio. Euro, hinzu kommt innerhalb der nächsten drei Jahre eine erfolgsabhängige Komponente von bis zu 115 Mio. Euro.

Evonik: Polyamid-12-Anlage | Der Essener Spezialchemiekonzern Evonik hat im Chemiepark Marl eine neue Anlage für Polyamid-12. Die etwa 500 Mio. Euro teure Anlage soll im vierten Quartal in Betrieb gehen. Die Anlage bietet 120 neue Arbeitsplätze und verdoppelt die Kapazität für das Polymer, das 3-D-Druck, Medizintechnik und Automobilbau nutzen sowie Stahl ersetzen kann.

Jörg Wetterau, Labor für Kommunikation

G E M E I N S A M
D I E C H E M I E
V E R N E T Z E N

Fachgruppen Mitglieder
Netzwerke Gedankenaustausch Expe
IUPAC **Publikationen**
JungChemikerForen **Arbeitskreise** T
Ortsverbände EuCheMS Präsident
EuCheMS Expertenpool
ositionspapiere **Tagungen** Wissen
Fachgruppen Chancengleichheit Publikati
beitskreise **JungChemikerF**
Mitglieder Expertenpools **Netzwerke**
Tagungen Positionspapiere
Wissen Koordinierung **Ortsverbände**
rke IUPAC **Mitglieder** Fach
JungChemikerForen Ortsverbänd
Arbeitskreise EuCheMS Gedankenaustaus

GDCh
Gesellschaft
Deutscher Chemiker e.V.
Postfach 90 04 40
60444 Frankfurt am Main
Telefon: 069 7917-0
Fax: 069 7917-232
E-mail: gdch@gdch.de
www.gdch.de



Energiebedarf im Individualverkehr

Elektromobilität und synthetische Kraftstoffe

Ein CO₂-neutraler Transportsektor ist mit erneuerbarem Strom realisierbar. Wie viel elektrische Energie dafür nötig ist, hängt von den verwendeten Antriebsformen ab. Daher sind CO₂-Ausstoß und Energiebedarf der zur Verfügung stehenden Techniken stets gemeinsam zu betrachten: ob batterieelektrisch, brennstoffzellenbetrieben oder mit E-Fuels angetrieben.



Der Hauptteil des Energieverbrauchs im Transportsektor entsteht durch Individualverkehr.¹⁾ Daher fördert die Bundesregierung bei Pkw den Übergang von fossilen Treibstoffen hin zu potenziell CO₂-neutralen Alternativen: Strom und Wasserstoff, der mit Energie aus erneuerbaren Quellen gewonnen wurde, oder E-Fuels aus CO₂ und Wasserstoff.

Es stellt sich die Frage, wie viel elektrische Energie Antriebe mit diesen alternativen Energieträgern für die gleiche Strecke benötigen. Nun ist die Herstellung von batterieelektrischen Fahrzeugen (battery electric vehicles, BEVs) aufgrund der Akkuproduktion energie- und CO₂-intensiver als jene vergleichbarer Benzin- und Dieselfahrzeuge. Aufgrund des geringeren Energieverbrauchs von BEVs kompensiert zunehmende Laufleistung diesen zusätzlichen CO₂-Rucksack.²⁾ Die CO₂-Emissionen der Akkuherstellung sind Gegenstand vieler Studien und Metaanalysen, die jedoch oft ungünstige Rahmenbedingungen annehmen, darunter ein wenig aktueller CO₂-Emissionsfaktor der Stromerzeugung, veraltete Akkuzusammensetzungen und Vernachlässigen des Second-life-Einsatzes oder Recyclings.^{3,4)} Durch die schnelle Erweiterung der weltweiten Fertigungskapazitäten (besonders an Standorten mit wenig CO₂-intensivem Strommix) sowie

die Verbesserungen bei Zellchemie und Herstellungsprozessen wird der CO₂-Fußabdruck der Akkus in Zukunft erheblich geringer sein als heute. Daher verzichten wir hier bewusst auf die volle Lebenszyklusanalyse, sondern konzentrieren uns auf den mit fortschreitender Verbesserung stark überwiegenden Anteil in einer Well-to-wheel-Analyse, also dem für die Mobilität relevanten Teil. Diese berücksichtigt die Energiekosten und CO₂-Emissionen beim Fahrzeugbetrieb sowohl im Verkehrs- und als auch im Energiesektor.

Batterieelektrische Fahrzeuge

Bei BEVs liefert ein Akkupack die zur Fortbewegung erforderliche Energie und treibt mindestens einen Elektromotor an. Da sich das Akkupack mit Wechselstrom aus der Steckdose oder an Schnellladepunkten mit Gleichstrom laden lässt, entstehen nur wenig Um-

Den Beitrag haben Denis Priester (oben) und Ingo Krossing verfasst. Priester ist Doktorand in der Gruppe von Krossing am Institut für Anorganische und Analytische Chemie der Universität Freiburg und im Freiburger Materialforschungszentrum (FMF). Zu dessen Forschung gehören elektrochemisches Bestimmen freier Einzelionen-Transferenthalpien und Flüssig-Flüssig-Phasengrenzen. Die Gruppe erforscht die heterogene Katalyse der CO₂-Hydrogenierung hin zu flüssigen Basischemikalien und Energieträgern sowie ionische Systeme in Batterien. Auf dieser Katalysewie Batterieforschung basiert das Interesse an der energetischen Betrachtung von Szenarien für die Mobilität. krossing@uni-freiburg.de



wandlungsverluste. Zudem haben Elektromotoren über einen weiten Drehzahlbereich einen hohen Wirkungsgrad – der Gesamtwirkungsgrad des Fahrzeugs beträgt zirka 80 Prozent –, weshalb sie insbesondere im Teillastbetrieb weniger Energie benötigen als herkömmliche Verbrennungsmotoren mit zirka 15 bis 20 Prozent Fahrzeugwirkungsgrad.⁵⁾ Typische Verbräuche inklusive Ladeverluste reichen dabei von zirka 16 bis 28 kWh pro 100 km.

Brennstoffzellenfahrzeuge

Brennstoffzellenfahrzeuge (fuel cell electric vehicles, FCEVs) setzen Wasserstoff mit Luftsauerstoff zu Wasser um. Die so erzeugte elektrische Energie treibt einen Elektromotor an und lässt sich in einer Pufferbatterie speichern. Somit zählen FCEVs zu den Elektrofahrzeugen, weshalb sie wie BEVs besonders im Teillastbetrieb effizient fahren. Der typische Wasserstoffverbrauch von FCEVs liegt dem Verkehrsclub ADAC zufolge etwa bei Toyota Mirai und Hyundai Nexo zwischen 1,0 kg und 1,2 kg pro 100 km, was einem Stromverbrauch von 33,3 bis 40,0 kWh pro 100 km entspricht.

Da FCEVs für die Katalysatoren Platin und für die Wasserstofftanks Carbonfaserverbundwerkstoffe benötigen, ist der Energiebedarf bei der Herstellung größer als der konventioneller Verbrenner. Dieser Nachteil lässt sich unter bestimmten Rahmenbedingungen jedoch kompensieren.⁷⁾

Verbrenner mit E-Fuels

Verbrennungsfahrzeuge, die mit E-Fuels laufen, werden hier als e-internal combustion engine vehicles (E-ICEVs) bezeichnet. Der Begriff E-Fuels bezeichnet jegliche Formen synthetischer Brennstoffe, die Strom als chemische Energie speichern und als Energieträger zur Verfügung stellen.⁷⁾

	Batterie	Brennstoffzelle	E-Fuel	Diesel	Benzin
Well-to-wheel-Wirkungsgrad [%]	69	22	13	23	23
Für Antrieb genutzte kinetische Energie [kWh(100 km) ⁻¹]	16,2	17,6	17,7	17,7	16,3
Tank-to-wheel-Wirkungsgrad [%]	81	48	29	29	29
Kraftstoffverbrauch [kWh(100 km) ⁻¹ , kg(100 km) ⁻¹ , L(100 km) ⁻¹]	20	1,1	6,3	6,3	6,6
Kraftstoffenergiegehalt [kWh(100 km) ⁻¹]	20	37	61	61	56
Well-to-tank-Wirkungsgrad [%]	86	46	44	79	80
Gesamtenergie [kWh(100 km) ⁻¹]	23	80	139	77	70
Vergleichsfaktor*	1,0	3,5	6,0	3,3	3,0
CO ₂ -Ausstoß 2020 [g·km ⁻¹]	69	241	418	211	196
CO ₂ -Ausstoß 2030 [g·km ⁻¹]	34	119	207	189	176
CO ₂ -Ausstoß 2050 [g·km ⁻¹]	1,2	4,0	7,0	153	143

Geschätzte Energiekosten der Kraftstoffbereitstellung je nach Fahrzeugantrieb und daraus resultierende CO₂-Emissionen für die Jahre 2020, 2030 und 2050 anhand typischer Verbräuche und Wirkungsgrade aus der Literatur; *verglichen mit der für eine Strecke von 100 km benötigten Strommenge des batteriebetriebenen Elektrofahrzeugs.

Durch Wasserelektrolyse gewonnener (grüner) Wasserstoff wird in einem katalytischen Power-to-Liquid-Verfahren zusammen mit CO₂ in flüssigen Kraftstoff gewandelt. Vielversprechende Kandidaten sind beispielsweise kurzkettenige Alkohole (besonders Methanol), Etherverbindungen (vor allem Oxymethylenether, OME), aber auch Kohlenwasserstoffe wie synthetischer Diesel oder Kerosin.

Berücksichtigt man den Energiegehalt der flüssigen Kraftstoffe in kWh·L⁻¹, so zeigt sich: Für die Fortbewegung eines Fahrzeugs sind unabhängig von der Antriebsart ähnliche Energiemengen nötig (Tabelle oben). Aber die Verbrauchsangaben in L(100 km)⁻¹ variieren, je nachdem wie groß der Heizwert des verbrannten Kraftstoffs ist. Gerechnet vom flüssigen Kraftstoff aus sollte der Energieverbrauch eines E-ICEVs auf Basis von E-Fuels jedoch nicht weit von dem eines Verbrenners abweichen, der mit konventionellem Kraftstoff betrieben wird. Für ein OME-betriebenes Fahrzeug liegt der Energieverbrauch als flüssiger Kraftstoff nur zwei bis drei Prozent über dem des entsprechenden Dieselpendants.⁷⁾

Um den Energiebedarf für 100 km zu schätzen, sollte ein normaler Die-

sel-PKW daher repräsentativ sein. Liegt ein Dieselverbrauch von 6,3 L(100 km)⁻¹ zugrunde – das ist der Durchschnitt der im Jahr 2019 neu zugelassenen Dieselfahrzeuge –,⁸⁾ beträgt der Energieinhalt des Kraftstoffs zirka 61 kWh(100 km)⁻¹.

Wirkungsgrad, Energiebedarf und CO₂-Ausstoß je 100 km

Bei Herstellung und Verwendung von E-Fuels in konventionellen Verbrennungsmotoren sind viele Umwandlungsschritte notwendig. Daher ist der von außen zugeführte

AUF EINEN BLICK

Es müssen sowohl CO₂-Emission als auch elektrischer Energiebedarf der Mobilität im Blick behalten werden.

Mit Brennstoffzellen betriebene Fahrzeuge brauchen für die gleiche Fahrstrecke 3,5-mal mehr Energie als batterieelektrisch betriebene, und solche mit E-Fuels betriebenen Verbrennungsmotoren fahrende benötigen 6-mal mehr Energie.

Bezogen auf den Stromverbrauch im Jahr 2019 würde beim Austausch aller Fahrzeuge durch batterieelektrische der Jahresstromverbrauch um 28 Prozent steigen.

Energiebedarf für das Betreiben von E-ICEVs hoch. Allerdings trifft dies zum Teil auch auf FCEVs zu, wie sich anhand von Wirkungsgradvergleichen von Elektrofahrzeugen (BEV, FCEV) und mit E-Fuels betriebenen Verbrennern zeigt (Abbildung unten).

Das batterieelektrische Fahrzeug hat mit 69 Prozent den höchsten Gesamtwirkungsgrad. Bei einem Brennstoffzellenfahrzeug, dessen Wasserstoff durch Elektrolyse mit einem Wirkungsgrad von 70 Prozent gewonnen wird, können nur 22 Prozent der ursprünglich eingesetzten elektrischen Energie das Fahrzeug antreiben. Beim Fahrzeug mit Verbrennungsmotor, das mit E-Fuels betankt wird, sinkt dieser Wert auf 13 Prozent. Für das E-ICEV sind Wirkungsgrade von jeweils 70 Prozent für die Wasserstoffelektrolyse und das Power-to-Liquid-Verfahren angenommen. Hieraus ergibt sich für die Herstellung des E-Fuels bei Vernachlässigen der Übertragungs- und Transportverluste ein Gesamtwirkungsgrad von 49 Prozent. Dieser liegt im Bereich publizierter Werte für Power-to-Methanol- und Power-to-

DME-Verfahren: 52,5 beziehungsweise 54,3 Prozent.¹¹⁾ Berücksichtigt man, dass DME aufgrund seines niedrigen Siedepunkts verflüssigt oder in flüssige OMEs umgewandelt werden muss, sind 49 Prozent plausibel.

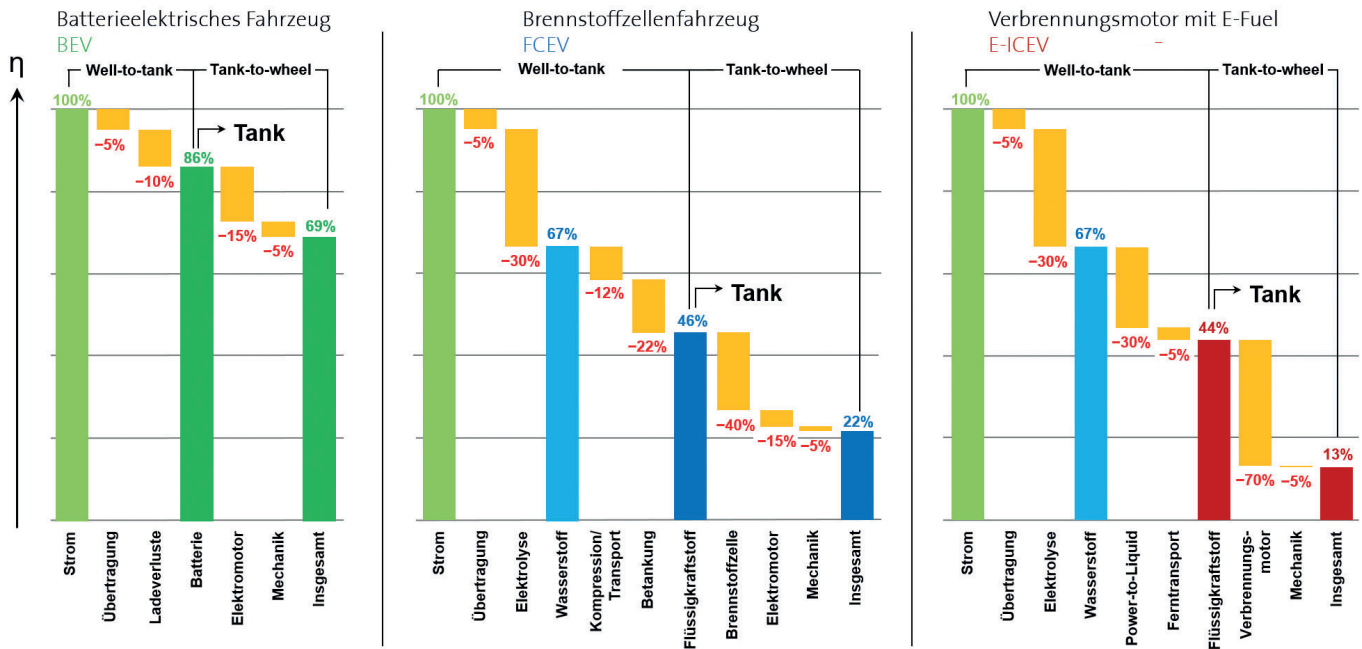
Obwohl die für den Antrieb genutzte kinetische Energie bei allen Fahrzeugtypen ähnlich ist, zeigen sich erhebliche Unterschiede in der summarischen Well-to-wheel-Betrachtung. Die meiste Energie verbraucht ein mit E-Fuels betriebenes Verbrennungsfahrzeug. Für 100 km müssen 139 kWh elektrische Energie aufgewendet werden, was der sechsfachen Energiemenge gegenüber dem BEV entspricht. Klassische Verbrenner liegen beim Energieverbrauch pro 100 km etwas unter dem von Brennstoffzellenfahrzeugen, der zirka 3,5-mal über dem von BEVs liegt.

Wie eine Abschätzung der CO₂-Emissionen zeigt, ist gegenwärtig bei den strombasierten Antriebsarten mit erheblichen Emissionen zu rechnen (Tabelle S. 37), auch wenn diese vom Verkehrs- in den Energiesektor verschoben werden. Konventionelle Verbrenner lie-

gen in Deutschland etwas unter dem Niveau des Brennstoffzellenfahrzeugs, wenn der Energiebedarf der Kraftstoffherstellung in Deutschland berücksichtigt ist.

Die Werte der Momentaufnahme aus dem Jahr 2020 für Deutschland lassen sich verbessern, wenn die Antriebseffizienz steigt. Darüber hinaus besteht CO₂-Einsparpotenzial bei den strombasierten Antrieben, indem fossile durch erneuerbare Energieträger ersetzt werden.

Mit den CO₂-Emissionsfaktoren aus einer Studie vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme¹³⁾ für die Jahre 2030 und 2050 wurden die CO₂-Emissionen berechnet. Demnach sollten BEVs und FCEVs im Jahr 2030 weniger CO₂ ausstoßen als klassische Verbrenner, auch wenn für diese eine Effizienzsteigerung von 10 Prozent pro Zehnjahreszeitraum angenommen wird. Mit E-Fuels betankte Fahrzeuge liegen bei CO₂-Emissionen selbst in diesem optimistischen Szenario im Jahr 2030 etwas über den klassischen Verbrennerpendants. Im Jahr 2050 sollten sich dann aufgrund der Defossilisierung des Stromsektors alle strombasierten Antriebe



Wirkungsgradvergleich zwischen drei Fahrzeugtypen.⁹⁾ Der Gesamtwirkungsgrad heißt Well-to-wheel. Zusätzlich sind weitere Wirkungsgrade (Well-to-tank, Tank-to-wheel) definiert.

fast CO₂-frei betreiben lassen, im Gegensatz zu Fahrzeugen mit fossilen Kraftstoffen.

Die CO₂-Emissionen strombasierter Antriebe sind sowohl länder- als auch jahresspezifisch und werden sich mit voranschreitender Defossilisierung verbessern.¹³⁾ Somit ist nur der Energieverbrauch pro 100 km ein von Staat und Jahr unabhängiges Maß, um Antriebskonzepte zu vergleichen. Daher sollten nicht nur CO₂-Emissionen, sondern auch der Energieverbrauch des jeweiligen Fahrzeugs berücksichtigt und bekannt gemacht werden. Relevant ist hier zusätzlich die Größenordnung des Gesamtenergieverbrauchs, um die gesamte deutsche Fahrzeugflotte zu elektrifizieren.

Energieverbrauch bei elektrifizierter Fahrzeugflotte

Im Jahr 2019 waren in Deutschland zirka 46,5 Millionen PKW zugelassen, die durchschnittlich jeweils 13 602 km zurückgelegt haben. Dies führt zu einer Gesamtfahrleistung von zirka 632 Milliarden km.¹⁵⁾ Um die benötigte Strommenge bei der fiktiven Elektrifizierung der Fahrzeugflotte zu schätzen, dienen die in Tabelle auf S. 37 berechneten Energiemengen für die Kraftstoffbereitstellung pro 100 km (Tabelle rechts).

Die benötigten elektrischen Energiemengen lassen sich mit der Nettostromerzeugung des Jahres 2019 als Vergleich einordnen (Grafik rechts). Bei der fiktiven Elektrifizierung der deutschen Fahrzeugflotte würde erheblich mehr Strom benötigt. Im günstigsten Szenario – wenn alle Fahrzeuge durch BEVs ersetzt würden – müssten 28 Prozent des im Jahr 2019 produzierten Stroms zusätzlich zur Verfügung stehen. Dies liegt im Bereich der mit Wind- und Wasserkraft produzierten Strommengen. Würden ausschließlich FCEVs genutzt, würden 98 Prozent zusätzlich erzeugter Strom benötigt, und wenn alle PKW mit E-Fuels betankt, etwa 170 Prozent zusätzlich.

Ausblick

Der Bundesregierung zufolge sollen bis zum Jahr 2030 sieben bis zehn Millionen Elektrofahrzeuge in Deutschland zugelassen sein. Dies entspricht einem Strommehrverbrauch von jährlich 22 bis 31 TWh (ausschließlich BEVs), 76 bis 109 TWh (ausschließlich FCEVs) oder 132 bis 189 TWh (ausschließlich E-ICEVs).

Gleichzeitig will die Bundesregierung den Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung in Deutschland bis zum Jahr 2030 auf mindestens 65 Prozent erhöhen. Unter den Annahmen, dass der Stromverbrauch in den Folgejahren konstant bleibt und das Ziel für 2030 erreicht wird, sollten dann ungefähr 337 TWh des bereitgestellten Nettostroms aus erneuerbaren

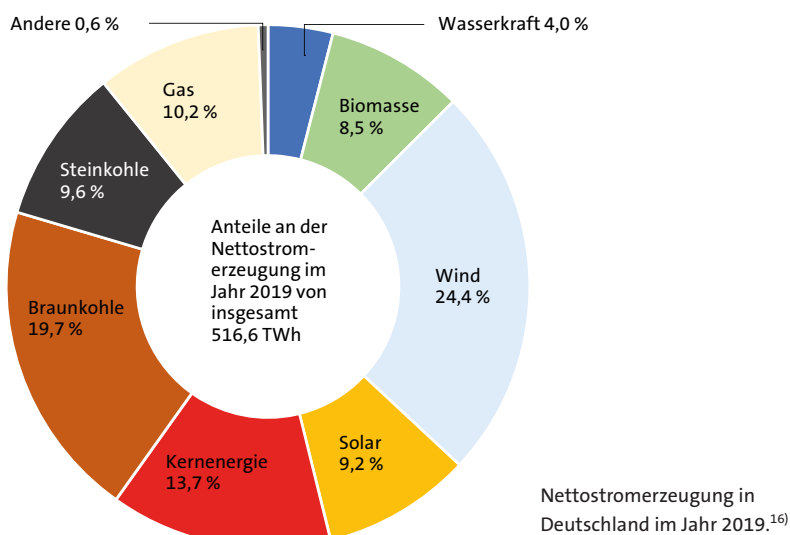
Quellen stammen. Dies entspräche einer Zunahme von zirka 100 TWh solchen grünen Stroms verglichen mit dem Jahr 2019.

Dies würde bedeuten: Der Zuwachs an Strom aus erneuerbaren Energien wäre größer als der Mehrverbrauch durch zehn Millionen BEVs (31 TWh) oder läge in der Größenordnung von zehn Millionen FCEVs (109 TWh). Um zehn Millionen E-ICEVs zu versorgen, wären zusätzlich beträchtliche Mengen fossil erzeugter Stroms notwendig. Somit ist fraglich, ob mit Strom aus dem deutschen Energiesystem erzeugte E-Fuels im Individualverkehr sinnvoll sind.

Um den gesamten Transportsektor (Individual-, Güter-, Flug-, Schienen, Schiff- und öffentlicher Verkehr) zu defossilisieren, müssen verschiedene Konzepte für die Energie-

	Batterieelektrisch	Brennstoffzelle	Verbrenner mit E-Fuel
Energiemenge für Kraftstoffbereitstellung [kWh(100 km ⁻¹)]	23	80	139
Energiemenge, falls ausschließlich dieser Fahrzeugtyp verwendet würde [TWh·a ⁻¹]	145	506	878
Vergleichsfaktor*	1,0	3,5	6,0
Anteil an der Nettostromerzeugung 2019 [%]	28	98	170

Jährliche Energiemenge für die Elektrifizierung der gesamten deutschen Fahrzeugflotte nach Fahrzeugtyp; *relativer Mehrverbrauch des Brennstoffzellenfahrzeugs beziehungsweise mit E-Fuel betriebenen Verbrenners gegenüber dem batterieelektrischen Fahrzeug.



bereitstellung parallel verfolgt werden. Während im Individual-, Schienen- und öffentlichen Verkehr Strom direkt via Batterien und Oberleitungen bereitgestellt werden kann, ist dies in den anderen Teilspektoren schwieriger möglich. Auch wenn batteriebetriebene Lastwagen Teile des Güterverkehrs – besonders in Städten – abdecken können, benötigt der Fern- und Schwerlastverkehr wohl andere Lösungen. Bereiche, in denen die volumetrische Energiedichte entscheidend ist wie im Flugverkehr oder hohe Motorleistungen erforderlich sind wie bei Schiffen, müssen wohl durch E-Fuels defossilisiert werden. Zusätzlich soll darauf hingewiesen werden, dass der Einsatz von CO₂-arm produziertem Wasserstoff in vielen Anwendungsbereichen – etwa in der Stahlherstellung oder der chemischen Industrie – alternativlos ist.

Um die hierfür nötigen Mengen synthetischer Kraftstoffe wirtschaftlich und mit möglichst geringem CO₂-Ausstoß herzustellen, sollten die Anlagen dafür dort errichtet werden, wo sich Strom aus erneuerbaren Energien klimafreundlich erzeugen

lässt. Dies können Länder mit bereits hohen Anteilen an erneuerbaren Energien im Strommix sein wie Norwegen oder Standorte, an denen sich schnell große Anlagen zur Herstellung erneuerbarer Energien installieren lassen, etwa in sonnen- oder windreichen Regionen. Jedoch benötigen solche Anlagen außer günstigem erneuerbaren Strom auch einen kontinuierlichen Volllastbetrieb, um wirtschaftlich zu sein. Daher lassen sie sich schlecht mit Überschussstrom betreiben.⁹⁾ So ist die Produktion strombasierter Kraftstoffe nach heutigem Stand in Deutschland wenig sinnvoll. Sie sollte wie beispielsweise beim Haru-Oni-Projekt von Siemens und Porsche in Chile in Ländern mit weniger CO₂-intensivem Strom aufgebaut werden [diese *Nachrichten*, S. 41]. ■

- 1) [bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/verkehr-in-zahlen.html](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/verkehr-in-zahlen.html)
- 2) [agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/klimabilanz-von- Elektroautos](https://www.agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/klimabilanz-von- Elektroautos)
- 3) [energimyndigheten.se/globalassets/forskning--innovation/transporter/c243-the-life-cycle-energy-consumption-and-co2-emissions-from-lithium-ion-batteries-.pdf](https://www.energimyndigheten.se/globalassets/forskning--innovation/transporter/c243-the-life-cycle-energy-consumption-and-co2-emissions-from-lithium-ion-batteries-.pdf)

- 4) ivl.se/download/18.14d7b12e16e3c5c36271070/1574923989017/C444.pdf
- 5) M. Lackner, F. Winter, B. Geringer, Chem. Unserer Zeit 2005, 49, 246–254
- 6) [ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/news/2019/fraunhofer-ise-vergleicht-treibhausgas-emissionen-von-batterie-und-brennstoffzellenfahrzeugen.html](https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/news/2019/fraunhofer-ise-vergleicht-treibhausgas-emissionen-von-batterie-und-brennstoffzellenfahrzeugen.html)
- 7) W. Maus, Zukünftige Kraftstoffe. Energiewende des Transports als ein weltweites Klimaziel, Springer Verlag, 2019
- 8) [umweltbundesamt.de/themen/klimaschutz-geht-auch-benzinern-diesel](https://www.umweltbundesamt.de/themen/klimaschutz-geht-auch-benzinern-diesel)
- 9) [agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/die-zukuenftigen-kosten-strom-basierter-synthetischer-brennstoffe](https://www.agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/die-zukuenftigen-kosten-strom-basierter-synthetischer-brennstoffe)
- 10) S. Campanari, G. Manzolini, F. La Garcia de Iglesia, J. Power Sources 2009, 186, 464
- 11) research.lut.fi/converis/portal/Publication/10574933?auxfun=&lang=en_GB
- 12) [agora-energie.wende.de/presse/neuigkeiten-archiv/erneuerbare-energien-ueberholen-gas-und-kohle-in-der-eu-stromerzeugung](https://www.agora-energie.wende.de/presse/neuigkeiten-archiv/erneuerbare-energien-ueberholen-gas-und-kohle-in-der-eu-stromerzeugung)
- 13) [ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/wege-zu-einem-klimaneutralen-energiesystem.html](https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/wege-zu-einem-klimaneutralen-energiesystem.html)
- 14) [agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/klimabilanz-von-strombasierten-antrieben-und-kraftstoffen-1](https://www.agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/klimabilanz-von-strombasierten-antrieben-und-kraftstoffen-1)
- 15) [kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/Verkehr/Kilometer/vk_inlaenderfahrleistung/vk_inlaenderfahrleistung_inhalt.html](https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/Verkehr/Kilometer/vk_inlaenderfahrleistung/vk_inlaenderfahrleistung_inhalt.html)
- 16) [energy-charts.info/charts/energy_pie/chart.htm?l=de&c=DE&interval=year&year=2019](https://www.energy-charts.info/charts/energy_pie/chart.htm?l=de&c=DE&interval=year&year=2019)

Metalle, Kunststoffe und sicherere Alternativen

Rohstoffe aus Abwasser | Um kritische Metalle aus industriellen Abwässern zu gewinnen, haben zehn europäische Partner im Projekt Biomimic Prozesse weiterentwickelt, darunter das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung und das Freiburger Unternehmen Geos. Beispiele waren Grubenwässer aus stillgelegten Bergbaustollen in Sachsen, Sickerwasser aus der Rotschlamm-Lagerung einer Aluminiumoxidanlage in Irland und Lösungen aus der Aschenlaugung einer schwedischen Müllverbrennung. Mit den Verfahren lässt sich die EU-Versorgung zwar nicht sichern, aber das lokale Umweltproblem verringern. [biomimic-project.eu](https://www.biomimic-project.eu)

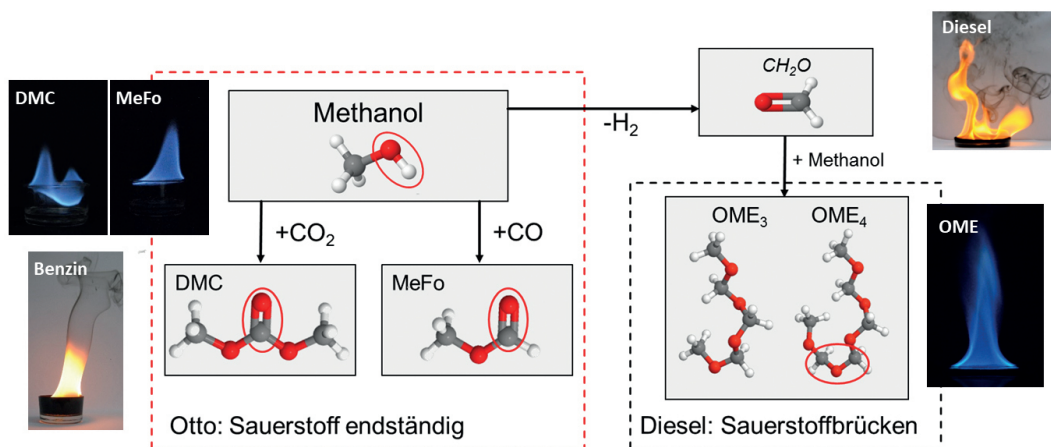
Für weniger Müll im Meer | Nikoleta Bellou, Forscherin am Helmholtz-Zentrum Hereon, hat mit ihrem Team eine Überblicksstudie veröffentlicht, wie sich Müll im Meer vermeiden und sich das Meer davon reinigen lässt. Zwischen 1990 und 2015 sind demnach bis zu 100 Millionen Tonnen Müll in die Ozeane gelangt, vor allem Kunststoffe. Die Forschenden haben fast 200 geplante oder bereits umgesetzte Lösungen betrachtet, die etwa mit Drohnen, Robotern, Förderbändern, Netzen, Pumpen oder Filtern arbeiten – je nachdem, ob sie an der Küste, auf hoher See oder am Meeresgrund säubern wollen. Die meisten Projekte kamen nicht über eine Entwicklungsphase hinaus. 60 Prozent hatten primär das Monitoring zum Ziel.

Nature 2021, doi: 10.1038/s41893-021-00726-2

Chemikalienstrategie | Das Helsinki Chemicals Forum (HCF) will weltweit einen sichereren Umgang mit Chemikalien fördern. Beim 12. HCF im April diskutierten virtuell mehr als 200 Delegierte die neue EU-Chemikalienstrategie. Es ging zudem um Risikokommunikation und die Rückverfolgbarkeit besorgniserregender Chemikalien. Dazu kamen Ideen, wie sich Marktvertrauen schaffen lässt sowie ein Anreiz, sicherere Chemikalien-Alternativen zu entwickeln und zu nutzen. Der Abschlussbericht fasst die Debatten zusammen [zum Report: [t1p.de/f2b8](https://www.t1p.de/f2b8)].

Das nächste HCF soll vom 30. bis 31. März 2022 stattfinden. [helsinkichemicalsforum.messukeskus.com](https://www.helsinkichemicalsforum.messukeskus.com)

Maren Bulmahn



Synthetische Kraftstoffe aus dem Projekt Namosyn. Kraftstoffe wie Dimethylcarbonat (DMC), Methylformiat (MeFo) und Oxy-methylenether (OME) verbrennen im Gegensatz zu Benzin und Diesel rußfrei. Fotos: M. Härtl, Kalottenmodell; E. Jacob, beide TU München

Synthetische Kraftstoffe

Oxygenat-Verbindungen

Auf der Fährte des Treibstoffs der Zukunft untersucht ein Projekt Dimethylcarbonat, Methylformiat und Oxymethylenether für Diesel- beziehungsweise Ottomotoren. Die flüssigen chemischen Energieträger lassen sich klimaneutral herstellen.

Nachhaltig soll ein Treibstoff sein, in der Bilanz möglichst CO_2 -neutral, flüssig, leicht zu speichern und zudem gut verfügbar- und bezahlbar. Ungeachtet der Fortschritte in der Elektrifizierung des Pkw-Verkehrs werden aller Voraussicht nach solche Anwendungen bleiben, in denen es nicht sinnvoll ist, Strom direkt zu nutzen. Beispiele dafür sind der Schwerlastverkehr auf Langstrecken, der Flug- und Schiffsverkehr oder bestimmte Bau- und Landmaschinen. Auch für den Pkw-Verkehr wird immer wieder debattiert, ob auf absehbare Zeit insbesondere in Ländern mit geringer Elektrifizierung flüssige chemisch erzeugte Energieträger nicht doch notwendig bleiben.

Flüssige synthetische Kraftstoffe haben Vorteile: Ihre Energiedichte ist hoch, sie sind leicht zu speichern und mit vorhandenen Infrastrukturen kompatibel, inklusive der Möglichkeit zum schnellen Tanken. Sie einzusetzen ist dann sinnvoll, wenn die direkte Stromnutzung zu Reich-

weitenproblemen führt, etwa auf Langstrecken, und wenn schwere und damit energieintensive mechanische Arbeit zu verrichten ist. Dies motiviert, zusätzlich zur Elektrifizierung Techniken zu entwickeln, die flüssige Energieträger mit Klimaneutralität verbinden. Dazu gehören die synthetischen Kraftstoffe (Synfuels).

Lange Prozesskette

Großer Nachteil der Synfuels ist die lange Prozesskette, mit der aus Strom zuerst Wasserstoff und dann Kraftstoff wird. Dies führt zu einer insgesamt niedrigen Energieeffizienz bezogen auf die eingesetzte Strommenge. Teile der Öffentlichkeit und Fachwelt argumentieren immer wieder gegen Synfuels, dass der knappe grüne Strom ausschließlich maximal effizient – also im Elektroauto – einzusetzen sei.

Doch kann und darf der allein auf energetische Effizienz fokussierte

direkte Vergleich überhaupt in jedem Fall angewendet werden, oder müssen vielmehr die spezifischen Randbedingungen der Prozesskette individuell berücksichtigt werden? Steht der benötigte grüne Strom in der Praxis zeitlich und örtlich für eine direkte Nutzung überhaupt zur Verfügung? Wenn das nicht der Fall ist, stellt sich die Frage nach der Effizienz gar nicht erst. Dann bietet das Speichern des Stroms als chemische Energie die Möglichkeit, die Stromerzeugung unabhängig von der späteren Nutzung an Standorte mit hohen Wind- oder Solarpotenzialen zu legen. Dort sind bezogen auf den Aufwand für einen installierten Stromerzeuger wie Windrad oder Photovoltaikanlage hohe Aus-



Die promovierte Chemikerin Isabel Kundler ist Koordinatorin des Projekts Namosyn. Das auf drei Jahre ausgelegte Forschungsprojekt ist im April 2019 gestartet. namosyn@dechema.de



beuten an elektrischer Energie realisierbar, die um einen Faktor zwei oder drei höher als in Deutschland liegen können. Vor Ort lassen sich daraus grüner Wasserstoff erzeugen und Folgeprodukte synthetisieren, sodass die Energie chemisch gespeichert und transportabel ist.

Synfuels für den Energieimport

Ein Beispiel, wie sich Synfuels unter günstigen Rahmenbedingungen, etwa viel Wind und Meerwasser, herstellen lassen, ist das von Siemens Energy und Porsche vorangetriebene Projekt „Haru Oni“ in Chile.¹⁾ Der dort mit Windkraft erzeugte Strom lässt sich in der abgelegenen geografischen Lage nicht direkt nutzen, und die Stromausbeute pro Turbine ist viel höher, als sie es hierzulande wäre. Vor Ort wird die elektrische zu speicherbarer chemischer Energie: über Wasserstoff zu Methanol und Benzin. Diese chemischen Energieträger werden anschließend zu Anwendern etwa in Deutschland transportiert.

Diese Art von Energieimport ist in hohem Maß komplementär zur Elektrifizierung und muss keine Konkurrenz sein. Vielmehr sollten wir jede Möglichkeit nutzen, grüne

Energie zur Verfügung zu stellen und somit die Klimaziele für die Jahre 2030 und 2045 in Reichweite zu bringen.

Fachübergreifende Forschung

Ein weiteres Synfuel-Projekt ist Namosyn, das Akronym steht für „nachhaltige Mobilität mit synthetischen Kraftstoffen“. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert dieses Forschungsprojekt, das klimaneutral hergestellte Kraftstoffe für Diesel- und Ottomotoren untersucht. Forschungsthemen von Namosyn sind Syntheserouten für diese Synfuels und deren motorische Testung. Dem Projektconsortium gehören Universitäten, Fraunhofer-Institute, Großforschungseinrichtungen und Industrieunternehmen an.

Die Unternehmen decken nahezu die komplette Wertschöpfungskette ab: von der chemischen Synthese über Verfahrensentwicklung, Anlagenbau und Motorentechnik bis zum Automobilhersteller. Dies ermöglicht einen fachübergreifenden Austausch und bezieht die Perspektiven und Anforderungen potenzieller Anwender von Anfang an in die Forschung ein. Koordiniert wird das Projekt mit seinen 39 Partnern von der Dechema (www.namosyn.de).

Nahezu rußfrei: Oxygenate

Die im Projekt untersuchten Synfuels sind chemisch nicht die im Kraftstoffbereich standardmäßig verwendeten, überwiegend paraffinischen Moleküle, sondern Oxygenat-Verbindungen: Dimethylcarbonat und Methylformiat für Ottomotoren, Oxymethylenether mit drei bis fünf Wiederholungseinheiten (OME₃₋₅) für Dieselmotoren. Die Oxygenat-Synthese geht von Methanol aus, das aus Wasserstoff und CO₂ gewonnen wurde.

Weil diese Oxygenate keine C-C-Bindungen haben, reagieren sie

mit Luftsauerstoff nahezu ohne Ruß zu bilden (Abbildung S. 41). So wird insbesondere bei der dieselmotorischen Verbrennung die konkurrierende Interaktion zwischen Ruß- (bei niedriger Temperatur) und Stickoxidbildung (bei hoher Temperatur) aufgehoben, und der Verbrennungsprozess lässt sich leichter in Richtung Stickoxidminderung optimieren.

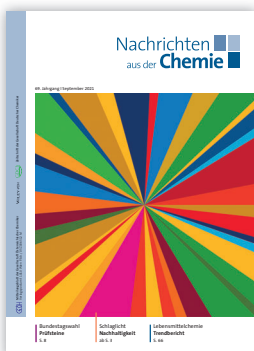
Der chemische Aufbau der Oxygenat-Kraftstoffe hat allerdings Nachteile: Die tendenziell hydrophilen Moleküle sind nicht in jedem Mischungsverhältnis kompatibel mit bestimmten Materialien im Motor, in der Kraftstoffzuführung oder in der Tankinfrastruktur, darunter Dichtungen und Pumpen. Dies schränkt die Kompatibilität der Oxygenat-Kraftstoffe mit der Bestandsflotte und der Infrastruktur ein, was eine Kommerzialisierung behindert.

Dennoch deuten die bisherigen Ergebnisse aus Namosyn auf vielversprechende Anwendungen hin: etwa ein OME-Reinbetrieb in bestimmten Flottenanwendungen oder ein Drop-in weniger Prozente Oxygenat in Dieselmotoren. Im ersten Fall ergäbe sich ein grüner Kraftstoff mit zusätzlich verminderter lokaler Emission. Im zweiten Fall kann die Technik aus Namosyn das lokale Emissionsverhalten günstig beeinflussen und – zusammen mit anderen regenerativen Kraftstoffen – zur kontinuierlichen Umstellung von fossilen Kraftstoffen auf klimaneutrale Alternativen beitragen.

Unabhängig davon, wo die Grenze zwischen Elektrifizierung und Verbrennereinsatz in Zukunft liegen wird, sind flüssige chemische Energieträger wichtig: beim Speichern, Transportieren und Nutzen von Energie aus erneuerbaren Quellen. So ließe sich zusammen mit der direkten Stromnutzung ein nicht nur klimaneutrales, sondern auch robustes und flexibles Energiesystem erreichen. ■

1) BMWI zum PTX-Projekt: t1p.de/470u

Die Nachrichten online weiter blättern mit der neuen GDCh-App!



www.gdch.app

Purification

Magnetic water cleaning



Hazardous water pollution caused by pure or chemically refined hydrocarbons – e.g., crude oil, nano- and microplastics, or herbicides – can be removed by rust. Nanoscience combined with chemical recognition motifs on surfaces enables an efficient and sustainable technique.

Water is essential for all life on earth – yet the supply of clean water in sufficient quantities is at risk. While our need for clean water is certified as a human right, recognised as such through UN Resolution 64/292 in 2010, almost all water pollution is human-made.

A crucial class of contaminants relate to the excessive use of hydrocarbons including fossil fuels and all oil-based chemical refined products, which differ in their chemical structure, their molecular weight, and their properties. The global water contamination is not primarily driven by spectacular disasters – like the still remembered Deep Water Horizon accident in 2010 – but by daily production, improper handling, and regular consumption of hydrocarbon-based products in huge quantities.

Besides fossil fuels, plastic products are becoming increasingly precarious. Due to the poor recycling rate (38% in Germany, 9% in the United States) and their chemical persistence, it is predicted that by 2050, a volume of 12 billion tonnes of plastic debris will be accumulated in the environment. This is not only an environmental disaster but also a waste of energy resources equivalent to approximately 1,200 TWh – more than twice the total power generation in Germany in 2020.

Preventing any water pollution would be the most favourable solution. But for those organics that escape careful handling, efficient

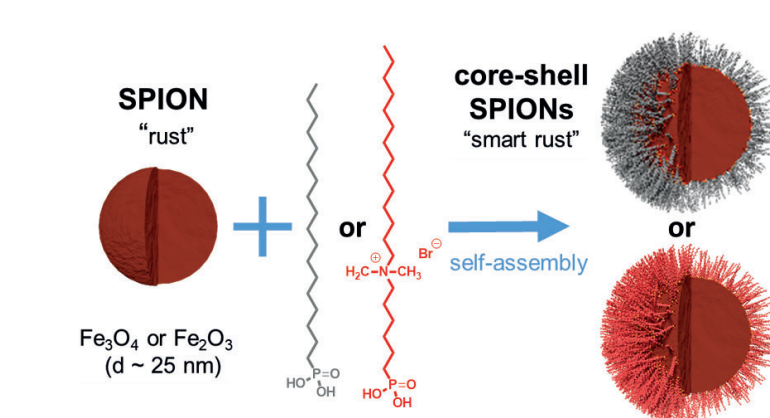


Fig. 1. The concept of magnetic water cleaning materials – “smart rust” of core-shell SPIONs.

and sustainable remediation is required. Such a technique needs to solve a series of requirements:

- The process needs to be efficient, simple, scalable and inexpensive.
- It needs to be universal, to remove chemically different contaminants with one single platform.
- The auxiliary materials (e.g., sorbent) must be non-toxic and should be recyclable.
- Ideally, the collected contaminants are safely decomposed or utilised as resource.

Working with magnetism

The concept of magnetic water cleaning (MWC) is to collect contaminants magnetically. Naturally, hydrocarbons and their derivatives are not magnetic, but they can adsorb on surfaces of magnetic carriers. Once added, the loaded car-

riers can be removed from the water phase using common magnetic separation approaches.

Super paramagnetic iron oxide nanoparticles (SPIONs) exhibit large surface-to-volume ratios of $>100 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ and attract efficiently to external magnetic fields. Chemically, SPIONs are particles smaller than 30 nm diameter of magnetite (Fe_3O_4) or maghemite (Fe_2O_3) – basically, rust. They are widely used as cheap pigments. However, the

This article was written by Marcus Halik, Marco Sarletti, and Dirk Zahn. Halik is a professor at the Institute of Polymer Materials (Material Science Department) at the University Erlangen-Nürnberg since 2005. His main research interests are molecular self-assembly, flexible electronics, and organic-inorganic hybrids. Sarletti is a PhD candidate with Marcus Halik since 2017. Zahn is a professor for theoretical chemistry since 2010. marcus.halik@fau.de

iron oxide surface – typically terminated with hydroxyl groups – does not provide suitable attraction to hydrophobic alkanes, aromatic groups, or other hydrocarbon skeletons.

The key of MWC is to use the SPION platform and to functionalise the surface towards strong interaction to dedicated classes of organic compounds, or more specifically to

implement chemical recognition motifs (figure 1). For this, a large set of attractive interaction motifs is available, ranging in strengths: from weak van der Waals forces, dipoles and charges to strong covalent bonds. They can be used individually or combined.

A strong toolkit for the functionalisation of SPION surfaces consists of phosphonic acid-based

chained molecules that form stable self-assembled monolayers (SAMs) as a shell around the SPION core in a reliable way. The nature of the chain of the SAM molecules strongly determines the surface properties of the core-shell SPION, and the selection of the right structures can ensure the selectivity and efficiency needed to extract contaminants (see infobox). For this, a deeper understanding of local interaction energies and thermodynamics, gained through simulation of molecular dynamics, can enable a more precise experimental approach towards knowledge-driven design – what turns the rust into “smart rust”.

INFO: Selectivity and sensitivity of pollutant association to SPIONS: thermodynamics in a nutshell

Effective water cleaning by SPION particles calls for the binding of the pollutant species in a selective manner – hence ignoring other, potentially harmless solutes. Using thermodynamic equilibrium averages, the ratio of binding two competing species A and B may be estimated on the basis of the corresponding binding free energies $\Delta G_{association}^A$ and $\Delta G_{association}^B$, respectively:

$$c_{bound}^A : c_{bound}^B = e^{\frac{-(\Delta G_{association}^A - \Delta G_{association}^B)}{k_B T}}$$

In turn, the binding free energy is determined by a favourable potential energy $\Delta E_{association}^A$ of binding a pollutant (say A) and the trade-off in entropy caused by extracting A from the solution. While the former may be optimised by tailoring molecular recognition, the entropy loss that results from depleting A from an increasingly disperse solution eventually constitutes the thermodynamic limit of how pure water can be cleaned.

In particular at low solute concentrations $c_{solution}^A$ we must consider the solvent as the main competitor for coordinating the SPIONS. With B = water we get:

$$\Delta G_{association}^A - \Delta G_{association}^B = \Delta E_{association}^A - \Delta E_{association}^{water} - k_B T \cdot \ln\left(\frac{c_{solution}^A}{55.5 \text{ mol/l}}\right)$$

This implies that the extraction of a pollutant becomes increasingly inefficient with decreasing concentration in the solution. We define the sensitivity as the concentration limit to which a pollutant may be extracted from water, until the SPIONS would catch pollutants equally likely as water ($c_{bound}^{pollutant} : c_{bound}^{water} = 1$ or $\Delta G_{association}^{pollutant} = \Delta G_{association}^{water}$):

$$c_{remaining\ solution}^{pollutant} = 55.5 \text{ mol/l} \cdot e^{\frac{\Delta E_{association}^{pollutant} - \Delta E_{association}^{water}}{k_B T}}$$

Using potential of mean force calculation, molecular simulation tools readily offer the calculation of binding energies $\Delta E_{association}$ and thus provide practical estimates of achievable water purification.

Movie available:  or t1p.de/6bl1

Applications

The following three examples all use the same SPION-core as a platform and magnetic remediation as a technical tool in water cleaning, but they differ in the applied recognition motif:

Glyphosate (N-(phosphonomethyl)glycine) is one of the most widely used herbicides in the world (production > 1 mt/yr). It is also one of the most controversial chemical compounds, as it is suspected of being carcinogenic. Due to the unique combination of phosphonic acid and carboxylic acid moieties in its structure, where both are also known as perfect binding motifs for oxides, glyphosate binds covalently on ordinary magnetite (Fe_3O_4) nanoparticles. Experimental and theoretical results indicate that approximately 2.7 molecules per nm^2 bind onto the Fe_3O_4 -surface and can be magnetically removed.¹⁾ By treating water with raw “rust”, the glyphosate concentration is easily reduced below the maximum permissible value of $0.1 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ (European Drinking Water Directive). It falls even below the detection limit, as demonstrated for real water samples in competition with

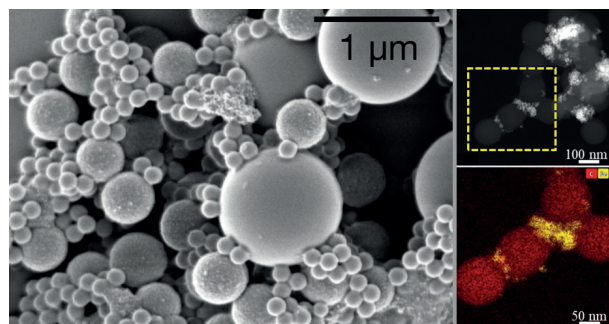


Fig. 2. Left: SEM-, top right: STEM- and down right: STEM-EDXS-images of polystyrene nanoplastics-SPION aggregates.

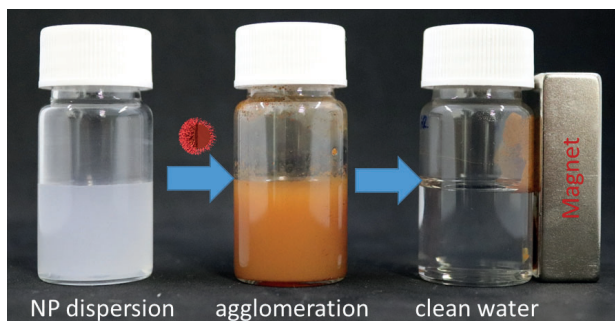


Fig. 3. Optical photographs of lab-scale nanoplastics remediation via permanent magnet.

other contaminants. In this case multiple and strong covalent binding motifs of the contaminant are responsible for the gain in efficiency and selectivity.

Hydrocarbons are still the fuel of global industry (oil production > 4800 million tonnes per year in 2019). But production, transportation, and consumption generate water contamination in addition to CO₂ emission. Crude oil is a mixture of alkanes, alkenes, aromatics and heterocycles that share one universal property: hydrophobicity. Hydrocarbons tend to segregate from the water phase and thus enrich a hydrophobic environment (e.g., solvent extraction or laundry). This behaviour can be employed through the design of SPIONS whose surfaces are functionalised by alkyl chains. The resulting hydrophobic shell provides an attractive host for the contaminant by seeding oil-water separation and stabilising the segregated oil phase. Indeed, magnetic remediation out of the water phase is highly efficient (up to 14 times the volume of oil compared to volume of SPIONS), reliable (tested for sea water, reservoir water, different temperatures). Furthermore, the SPIONS can be unloaded and reused at least ten times, thus making them candidates for recycled use.²⁾ The use of a general motif (hydrophobic segregation, van der Waals attraction) leads to efficiency but without pronounced selectivity and favours a more broadband MWC to unspecific or mixed contaminations.

Nano- and Microplastics are so-called emerging contaminants, pollutants that have only been recognised as such since the 1990s. The differentiation between microplastics (1 mm – 1 µm) and nanoplastics (less than 1 µm) has started just recently, because the nanosized plastics simply could not be counted. However, the smaller the plastic particle, the more problematic it is: Nanoplastics have an extremely large specific surface area that toxins or heavy metals can attach to, which then enables them to find their way into organisms. Estimates indicate that each of us consumes up to 5 grams of microplastics per week via daily food. That is as much as eating a credit card.

Their molecular structure makes many types of plastics highly persistent, hindering their biological degradation, which means that plastic waste remains in the environment for decades. Plastic does not decompose, it just gets crushed smaller and smaller. For MWC, the plastic waste represents a challenge in contaminant size and in the chemical diversity of polymers. As a powerful tool of chemical recognition, the different surface charges of plastic debris were identified, related either to the chemical nature of the polymer or the propagating surface oxidation (majority of plastic waste). Corresponding SPIONS, designed with SAMs that provide hydrophobic motifs in combination with positive or negative surface

potential, enable the selective remediation of oppositely charged plastic waste.³⁾ Here, the SPIONS act as kind of Coulomb-clue to form larger agglomerates that become magnetically collectable due to their SPION content (figures 2, 3).

Mixtures of plastics that exhibit both types of surface charges can be collected efficiently with each of the SPIONS. Featuring also hydrophobic motifs, the molecular design of the charged SPIONS moreover enables selectivity between organic polymers and inorganic sediments of similar surface charge – a key property needed for efficient application. In this context it's notable that these SPIONS have shown non-toxic behaviour in cell tests.

The MWC materials for plastic collection combine selectivity and sensitivity in chemical recognition through smart design rules for the corresponding SAM molecules. The prospect of designing SPION motifs

IN A NUTSHELL

The concept magnetic water cleaning is based on super paramagnetic iron oxide nanoparticles (SPIONS) with surface-to-volume ratios of > 100 m²·g⁻¹.

To bind hydrophobic molecules, the SPION-surface is functionalized with phosphonic acid-based chained molecules which form stable self-assembled monolayers as shell around the SPION core.

This platform can be adapted in such ways that contaminants like herbicides, crude oil or nano- and microplastics are removed.

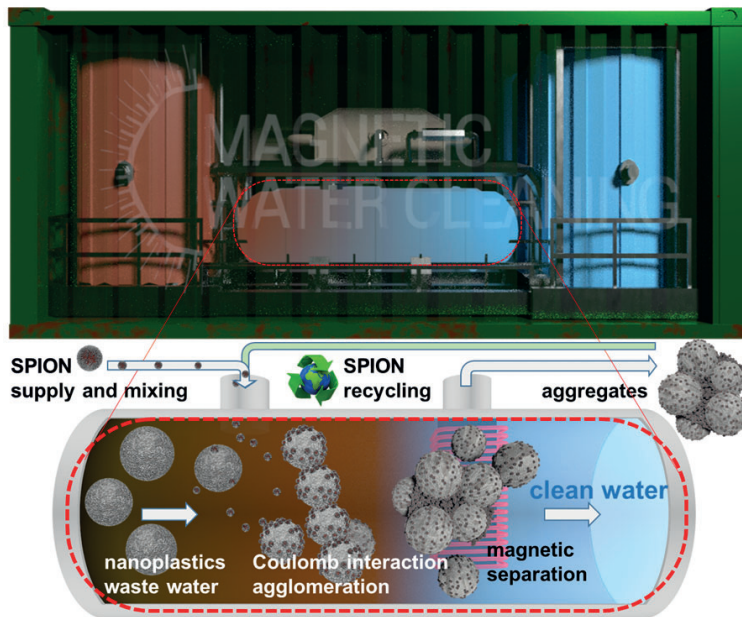


Fig. 4. Concept of a 20 feet container-based prototype.

for collecting further types of contaminants (e.g., toxic cations and hormones) is currently being explored with support from the German Research Foundation (DFG) and the German Federal Environmental Foundation (Deutsche Bundesstiftung Umwelt, DBU). However, putting our concepts into real-

life application presents a completely different challenge.

From lab research to innovation

Currently, our team is pushing the scale-up in production of the core-shell SPIONS. Even if the remedi-

ation works efficiently and the materials can be recycled, the huge amount of pollutants calls for tonne-scale production of functionalised SPIONS.

A second task is to develop tech-scale remediation machinery – particularly adapted to nanoparticle collection. A first prototype is envisaged as a full operating system unit (based on a 20-foot standard container, figure 4), including wastewater inlet, SPION dosage and mixing, magnetic separation, inline analytics (potentially recycling), and clean water outlet. This setup is scalable by parallelisation of several containers and usable for multipurpose cleaning based on different SPIONS. This endeavour is currently being pursued as a spin-off from academic research under the title MWC – Magnetic Water Cleaning. ■

- 1) H. Park, A. May, L. Portilla et al., *Nat. Sustain.* 2020, 3, 129–135
- 2) M. Sarcletti, D. Vivod, T. Luchs et al., *Adv. Funct. Mater.* 2019, 29, 1805742
- 3) M. Sarcletti, H. Park, J. Wirth et al., *Mater. Today* 2021, doi: 10.1016/j.mat-tod.2021.02.020

Window to Asia

Glycol lignin | A Japanese consortium led by Lignomateria Co. has inaugurated a demonstration plant in Ibaraki Prefecture for the production of glycol lignin. The technology, based on work at Japan's Forest Research Institute, uses polyethylene glycol (PEG) and dilute sulphuric acid at 140 °C to extract lignin from Japanese conifer trees. PEG preserves wood during processing. The annual production capacity is 100 tonnes and could be scaled up to several thousand tonnes. Prototypes of automobile hoods and biodegradable materials for 3D printers have been produced from glycol lignin. The annual consumption of plastics in Japan is about ten million tonnes; calculated from the growth rates of conifer forests in Japan, glycol lignin-based materials could possibly contribute more than two million tonnes.

Carbon market | China is attempting to build a nationwide carbon market. China's 4540 operating coal plants generate over 1,000 gigawatts, about half of the global coal power capacity, and generate 62% of China's electricity, contributing over 40% of the nation's energy-related CO₂ emissions. A team from China's coal industry and academia has investigated how carbon pricing will effect the financial sustainability and lifetime change of each plant. They conclude that even with a low initial carbon price of 50 Japanese yen (0.4 euro) per tonne of CO₂ growing at 4% per year and the permits being fully auctioned, the average residual lifetime of all the plants will be reduced by 5.4 years, and the CO₂ emission from 2020 to 2050 will be reduced by 22.7 billion tonnes.

Hydrogen as a fuel | According to the China Hydrogen Alliance, by the end of 2020 China had 7352 fuel cell vehicles and 101 hydrogen fuel stations in operation, ranking second in the world after Japan. By 2050, China's hydrogen demand is estimated to rise to about 60 million tonnes. Sinopec, one of the largest petroleum companies in China and the owner of some 30 000 petrol stations, has announced its intention to accelerate its energy business with hydrogen energy and transform itself into the world's leading clean energy company. To this end, the company plans to install 1000 hydrogen refuelling stations and 5000 charging and swapping stations by 2025.

Rolf Schmid, www.bio4business.eu

Gewässerschutz

Chemische Reinigungsverfahren

Mikroplastik lässt sich zentral in einer Kläranlage entfernen, bevor es in weitere Gewässer und etwa aus marinen Ökosystemen in den menschlichen Körper gelangt. Welche Verfahren wie funktionieren und woran noch zu forschen ist.

Die mechanische und biologische Reinigung in Kläranlagen reduziert derzeit die Menge an Mikroplastikpartikeln um durchschnittlich 88 Prozent.¹⁾ Kunststoffteilchen unter 20 Mikrometer Durchmesser gelangen aus Kläranlagen aber weiterhin in Gewässer. Deshalb nutzen manche Betreiber zusätzliche Filtertechniken, um die Abtrennung zu verbessern. Vereinzelt verwenden sie chemische Reinigungsverfahren, weitere sind in der Forschung und Entwicklung.

Chemische Verfahren lassen sich in zwei Kategorien unterteilen: solche, die das Abtrennen von Mikroplastik erleichtern, und solche, die Kunststoffe abbauen. Beide Wege sind weiter zu differenzieren (Abbildung rechts).

Chemisch agglomerieren

Chemische Flockung erleichtert es, Mikroplastik abzutrennen, da sie bei der Sedimentation im Nachklärbecken Feststoffpartikel vergrößert. Häufig werden dabei Aluminium- und Eisensalze eingesetzt. Diese destabilisieren suspendierte Mikroplastikpartikel und bilden beispielsweise durch basische Fällung voluminöse Niederschläge, die weitere Kunststoffpartikel adsorbieren. Zusätzlich können hochmolekulare Polyelektrolyte die Mikropartikel vernetzen, wodurch große, leicht filterbare Flockencluster entstehen. Damit sind Reinigungsgrade zwischen 50 und 90 Prozent möglich.^{2,3)}

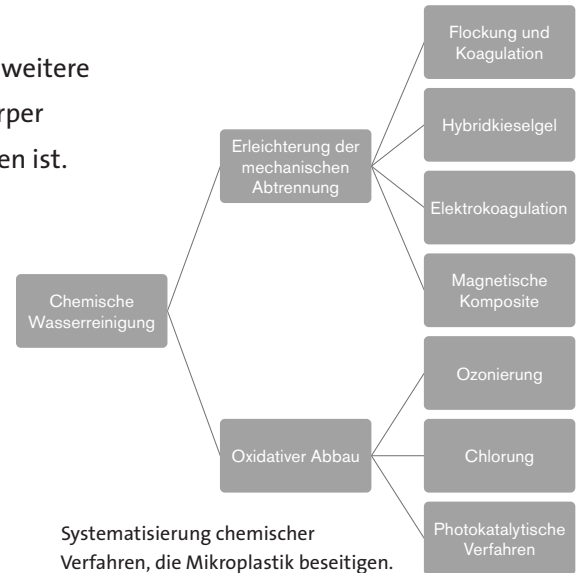
Die Gruppe um Schuhen entwickelte einen Sol-Gel-Prozess auf Basis von Organotrichlorsilanen, der ähnliche Effekte nutzt: Durch Hydrolyse und Polykondensation bilden diese zunächst kleine Kolloide im Wasser (Sol); dreidimensionales Vernetzen führt zum Gel. Dabei wachsen die Teilchen agglomerierend um die Polymerpartikel und dazwischen. Die hochvernetzten Festkörper haben bis zu 10 000-fach größere Volumina als die Teilchen, was es einfacher macht, sie zu entfernen (Abbildung S. 48 oben).⁴⁾

Die Reinigungseffizienz beträgt bei Polyethylen und Polypropylen mit den richtigen Organosilanen mehr als 95 Prozent.^{4,5)}

Elektrisch koagulieren

In der Elektrokoagulation werden an der Anode positiv geladene Metallionen (meist Fe^{2+} und Al^{3+}) ins Wasser freigesetzt. Die Kathode führt Elektronen zu, wobei das Wasser dissoziiert und Hydroxidionen entstehen. Die entstehenden Metallhydroxide führen zur Flockung. Der bei der Wasserdissoziation entstehende Wasserstoff treibt die Flocken an die Wasseroberfläche. Dort lassen sie sich abtrennen.

Die Elektrokoagulation erreicht bisher eine Entfernungseffizienz bis zirka 85 Prozent. Vorteile des elektrochemischen Prozesses sind unter anderem die Umweltverträglichkeit, die Automatisierbarkeit sowie die Energie- und Kosteneffizienz des Verfahrens. Nachteilig ist der hohe Elektrodenverschleiß.⁶⁾



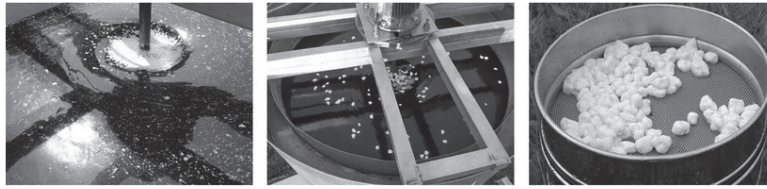
zientz des Verfahrens. Nachteilig ist der hohe Elektrodenverschleiß.⁶⁾

Magnetisch sammeln

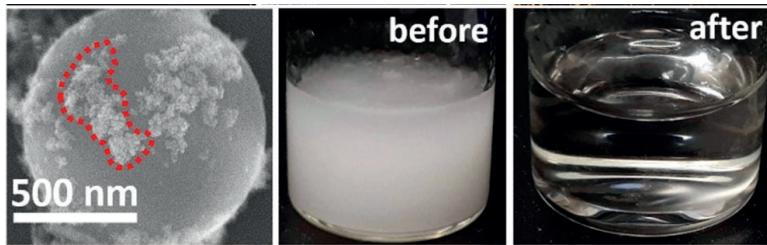
Eine weitere Möglichkeit, Mikroplastik abzutrennen, sind magnetisierte Komposite [diese *Nachrichten*, S. 43]. Ein Beispiel sind Trennpartikel aus superparamagnetischen Eisenoxidkernen (Fe_2O_3 , Hämatit) und einer porösen Silikathülle. Diese Partikelzusammensetzung ermöglicht, die Teilchen magnetisch zu entfernen und die Oberflächen

Den Beitrag haben Markus Miller (oben) und Thomas Osterland verfasst. Miller hat im April den Bachelorstudiengang Umwelt- und Verfahrenstechnik an der Hochschule Augsburg abgeschlossen. Osterland ist promovierter Chemiker und seit dem Jahr 2015 Professor für chemische Technologie an der Hochschule Augsburg in der Fakultät Maschinenbau und Verfahrenstechnik. Mit Mikroplastik befasst er sich in Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik sowie über die Betreuung von Abschlussarbeiten wie Millers Bachelorarbeit „Überblick über die weitergehenden Reinigungsverfahren zur Mikroplastikentfernung aus Kläranlagen“.





Sol-Gel-Prozess zur Mikroplastikagglomeration und erleichterten Entfernung.
RG: reaktive Gruppe, Org.: organische Gruppe. Abbildung: Wasser 3.0¹²⁾



Magnetische Komposite, um Mikroplastik zu binden und zu entfernen.
Links: Polystyrolkugel, beladen (rot gestrichelte Linie); Mitte und rechts:
Testlösungen vor und nach der Mikroplastikentfernung.⁷⁾

des Konstrukts weiter zu funktionalisieren. Dafür modifizieren polyoxometallatunterstützte ionische Flüssigkeiten (POM-ILs) die Oberflächen. Die POM-ILs-Schicht kann aufgrund hydrophober Wechselwirkungen organische, anorganische und Mikroplastik-Verunreinigungen binden (untere Abbildung).⁷⁾

Theoretisch lassen sich die Abwassermengen einer Kläranlage mit diesem Verfahren behandeln; die Technik ist aber noch im Labormaßstabstadium.

Chemisch-oxidativ arbeiten

In der Photokatalyse adsorbieren nanostrukturierte Halbleiter energiereiche Photonen und erzeugen dadurch Elektronen-Loch-Paare (Exzitone). Diese reagieren mit umgebenden Sauerstoffmolekülen und Wasser zu hochreaktiven Spezies wie Superoxiden (O_2^-) und Hydroxylradikalen (OH^\cdot). Diese führen zum oxidativen Teilabbau der Polymerketten, wobei sich neue funktionelle Gruppen bilden, darunter

Carbonyl-, Hydroperoxid- und Peroxidgruppen.⁸⁾ Nach 18 Stunden Behandlung sind allerdings nicht einmal 7 Prozent eines Partikels abgebaut.⁹⁾ Zudem zerfallen die Kunststoffe in kleinere Teilchen (Nanoplastik) und sind weiterhin in der Umwelt vorhanden. Somit ist das Verfahren zurzeit ungeeignet, um Kunststoff zu beseitigen.

Auch die in der Abwassertechnik etablierte Ozonierung und Chlorierung bauen Mikroplastik oxidativ ab. Ähnlich wie in der Photokatalyse werden die Partikel zersetzt, und es entstehen Verbindungen mit sauerstoffhaltigen funktionellen Gruppen. Allerdings können aufgrund der Transformation einiger Abwasserinhaltsstoffe toxische Oxidationsnebenprodukte entstehen. Um diese Stoffe zu entfernen, wäre ein zusätzlicher Behandlungsschritt notwendig.¹⁰⁾ Des Weiteren sind die bei der Chlorierung entstandenen Kohlenstoff-Chlor-Bindungen gegenüber weiterem Abbau resistent, sodass die Partikel in der Umwelt bleiben.¹¹⁾ Daher ist die Chlorierung als ungeeignet einzustufen. ■

INFO: Mikroplastik – woher und wohin

Für die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (Efsa) und einige Forscher besteht Mikroplastik aus Polymerpartikeln kleiner 5 mm, für viele Meeressforscher gilt dies kleiner 1 mm. Gelangen die Partikel in die Nahrungskette, gehören zu den Schäden falsche Sättigung, beeinträchtigte Fortpflanzung, verringerte Wachstumsrate und Krankheiten wie Krebs.

Primäres Mikroplastik wird gezielt hergestellt. Sekundäres Mikroplastik entsteht durch chemische, physikalische und biologische Einflüsse. Größte Primärquelle sind Pelletverluste: 182 Gramm je Einwohner und Jahr ($g \cdot EW^{-1} \cdot a^{-1}$). Als Maßnahme dagegen sind Auswaschungen an Produktions- und Verarbeitungsstandorten zu unterbinden.

Die größte Masse an Mikroplastik gelangt in Deutschland sekundär durch Reifen- und Bitumenabrieb ins Wasser ($1450 g \cdot EW^{-1} \cdot a^{-1}$). Straßennahe Spezialfilter könnten hier helfen. Im Haushaltsabwasser dominiert der Faserabrieb von Textilien ($77 g \cdot EW^{-1} \cdot a^{-1}$), den Waschmaschinenfilter abtrennen könnten. Inhaltsstoffe von Hygieneartikeln und Kosmetika liefern den Kläranlagen eine eher unbedeutende Partikelfracht ($4,6 g \cdot EW^{-1} \cdot a^{-1}$).

- 1) P. U. Iyare, S. K. Ouki, T. Bond, Environ. Sci.: Water Res. Technol. 2020, 6, 2664
- 2) G. Zhou, Q. Wang, J. Li et al., J. Zhang, Sci. Total Environ. 2021, 752 (141837)
- 3) B. Ma, W. Xue, Y. Ding et al., J. Environ. Sci. 2019, 78, 267
- 4) A. F. Herbort, M. T. Sturm, K. Schuhen, Environ. Sci. Pollut. Res. Int. 2018, 25, 15226
- 5) M. T. Sturm, A. F. Herbort, H. Horn, K. Schuhen, Environ. Sci. Pollut. Res. 2020, 27, 10888
- 6) W. Perren, A. Wojtasik, Q. Cai, ACS omega 2018, 3, 3357
- 7) A. Misra, C. Zambrycki, G. Kloker et al., Angew. Chem. 2020, 132, 1618
- 8) W. Liang, Y. Luo, S. Song, X. Dong, X. Yu, Polymer Degradation and Stability 2013, 98, 1754
- 9) M. C. Ariza-Tarazona, J. F. Villarreal-Chiu, V. Barbieri, C. Siligardi, E. I. Cedillo-González, Ceram. Int. 2019, 45, 9618
- 10) C. Baresel, M. Harding, J. Fäng, Applied Sciences 2019, 9, 710
- 11) M. S. El-Shahawi, A. Hamza, A. S. Bashammak et al., Talanta 2010, 80, 1587
- 12) M. Sturm, M. Rudloff, P. Bimmeler et al., Wassertechnik (WWT) 2018, Modernisierungsreport, 45

Industry strategy

Paired goals

Which of the 17 Sustainable Development Goals has Clariant selected, why those, and how does the company intend to achieve them?



Clariant is committed to advancing the Sustainable Development Goals (SDGs) adopted by the United Nations member states. Drafted in 2015, they offer a global framework for our most pressing societal and environmental needs, expressing them in a common language and clear set of actions for all stakeholders. Furthermore, they also present powerful avenues to unleash innovation and growth, as evidenced by The Business & Sustainable Development Commission's „Better Business, Better World“ report estimating that USD 12 trillion of additional market value could be generated by 2030 if the SDGs are achieved.

At Clariant, we are working towards this transformative agenda with our innovative and sustainable products and services, sound environmental management, and commitment to uphold human rights across our operations and supply chain.

Priority goals

To help us decide where to focus our efforts and realise the biggest impact, we evaluated our business activities in relation to the SDGs – including the 169 underlying targets and corresponding indicators – by assessing the impacts, both positive and negative, of our products and services, operations, value chain, corporate citizenship activities, and collaborations. While the outcome indicated that the com-

pany contributed in some respect to every SDG, we assigned a priority to six of them:

- SDG 3 Good Health and Well-being and SDG 12 Responsible Consumption and Production
- SDG 7 Affordable and Clean Energy and SDG 13 Climate Action
- SDG 9 Industry, Innovation, and Infrastructure
- SDG 17 Partnerships for the Goals

Four of the relevant goals are paired (SDG 3 and SDG 12; SDG 7 and SDG 13), as their relevance to Clariant cannot be evaluated independently of the other. In addition, certain business activities of Clariant also contribute to SDG 2 Zero Hunger, SDG 6 Clean Water and Sanitation, and SDG 15 Life on Land. Our six focus SDGs are closely interlinked with the focus areas of our sustainability strategy.

Health and production

Strong product stewardship and innovation capabilities enable the company to continuously develop products and solutions that support the sound management of chemicals and waste, reduce resource consumption, improve production efficiency, and offer safer chemistry alternatives. Our Ecotain label is only awarded to those products that offer outstanding sustainability advantages. These have undergone a systematic, in-depth screening process using 36 criteria in all three sustainability dimensions: social, environmental, and economic.

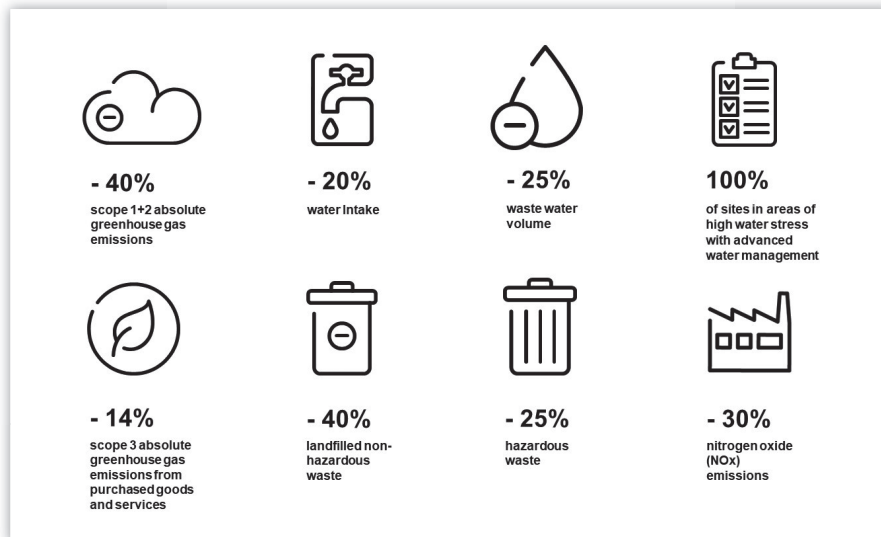
The product's value is also recognised in the industry, for example with an American Chemistry Council Sustainability Leadership Award, in the category Product Safety, Innovation and Transparency for our low-carbon footprint glucamide surfactants. The award recognised the sugar-based surfactants Glucotain and Glucopure for cleaning products, which are demonstrated to perform as effectively as widely used existing surfactant solutions while also having significantly lower emission profiles. The smaller carbon footprint is attributable to the feedstocks used to develop the product and the fewer processing steps needed in the ingredients' manufacture.

Our third-party assured Portfolio Value Program is a screening process that ensures our sustainability performance, bringing forward verifiable claims and driving continuous improvement in our product portfolio. The system allows us to continuously identify and strengthen opportunities for value chain collaboration, engage in dialogue with customers and stakeholders, and further add value with sustainability and innovation. It



This article was written by Richard Haldimann, Head of Sustainability Transformation at Clariant. A Chemist with a PhD from the ETH Zurich and postdoctoral studies at UC San Diego, Haldimann has over the past 20 years held positions in business development and innovation in the pharmaceutical and chemical industry.





Clariant's 2030 sustainability targets.

also acts as the basis for identifying possible Ecotain products. Through these efforts, the company supports both SDG 12 and SDG 3.

By offering a continuously expanding circular product portfolio and exploring promising options, partnerships, and areas for growth and innovation, we contribute to a circular economy. We established Eco-circle, a company-wide initiative, specifically to support the circular plastics economy and to develop solutions to reduce, reuse, and recycle plastics along the entire value chain. Through this initiative, we support SDG 12 and link to SDG 17.

Clean energy and climate action

Clariant has consistently set clear environmental targets for its operations to drive towards continuous improvements in energy consumption, waste generation, water consumption, and wastewater generation. To put the company firmly on the path to climate neutrality, we decided to upgrade our ambitions and committed to new 2030 targets to reduce CO₂ emissions in line with the Science Based Targets initiative (SBTi) from the Carbon Disclosure Project, the United Nations Global Compact, the World Resources Institute, and the World Wide Fund for Nature.

The new climate targets, which have been officially validated by the SBTi, set out ambitious absolute emission reductions in the company's operations and supply chain. Between 2019 and 2030, Clariant targets a 40 percent absolute reduction in scope 1 and 2 greenhouse gas emissions and a 14 percent absolute reduction in scope 3 greenhouse gas emissions, thereby striving for the level of decarbonisation required to keep global temperature increase to well below 2 °C.

The Ecotain-labelled sunliquid technology for converting agricultural residues into biofuel produces cellulosic ethanol. It saves around 95 percent of CO₂ emissions when compared to fossil gasoline and could play a role in achieving the EU Green Deal target for transport emissions to fall by 90 percent by 2050. Thus the company directly supports SDG 7 and SDG 13 and also contributes to SDG 12.

Industry and infrastructure

Innovation and sustainability are two strongly connected, overarching themes of our strategy. As a key sustainability enabler for other industry sectors, innovation is vital in the chemical industry. Examples of innovation include the company's

catalysts, its plant-milking technologies, and its regional R&D hubs, which all address SDG 9.

The company also advances this SDG by investing in digitalisation, not only in operations but also in its interactions with stakeholders. In fact, due to Covid-19, digital customer approaches have become the new norm. These efforts also contribute to SDG 12.

Partnerships for the goals

Collaborations are key to develop and deliver products and services that meet market needs and to advance sustainable development. Clariant seeks and engages in partnerships with customers, suppliers, universities, and other research institutes as well as peers who enhance its transformation roadmap in the areas of innovation and sustainability.

Company initiatives like Eco-circle, Ecotain Partnerships, and our open innovation activities are specially designed to cultivate collaborative platforms and new partnerships to find viable solutions for the most pressing sustainability challenges. Sustainability is much too big a challenge to take on alone.

Add value with sustainability

Whether the world must become sustainable is a question we've long stopped asking ourselves. We are much too busy working on how this can be done. „Add value with sustainability“ is one of Clariant's five strategic pillars and thus influences the direction of our company and our innovation efforts. We see the impact we have as an opportunity: to generate value for people with safe chemistry and the responsible use of resources; to enable a sustainable future in every way we can. And, above all, to add value with sustainable innovation. ■

Nachhaltigkeit

Gut verpackt ist manchmal besser

Einkaufen, ohne sich hinterher durch Berge von Plastikmüll wühlen zu müssen – das wünschen sich immer mehr Verbraucher. Unverpacktläden liegen im Trend. 53 Prozent der Kunststoffabfälle in Deutschland, also 3,31 Millionen Tonnen, wurden im Jahr 2019 verbrannt und trugen so zu CO₂-Emissionen bei. Ob weniger Verpackung für die Umwelt besser ist, hängt allerdings vom Einzelfall ab. Insbesondere von der Frage, ob statt des Plastiks dann verdorbene Lebensmittel im Abfall landen.



Eine ganz andere Art von Einkaufserlebnis erwartet den Kunden bei „ohne.ch“ im schweizerischen Baden: keine Regale vollgestopft mit Waren in Plastik- und Kartonumhüllungen, stattdessen Tische mit Gläsern, gefüllt mit Mandeln, Bananenchips, Lakritz und Gummibärchen. Fast alles hat Bioqualität, und in den Gläser stecken Löffel zum Abfüllen. Der Laden erinnert eher an ein liebevoll gestaltetes Buffet als an einen Supermarkt.

An den Wänden hängen Spender mit Salz, Zucker, Linsen, Müsli, Reis und Nudeln. Im Nebenraum duftet ein Block Zitronengrasseife, von dem sich der Kunde selbst etwas abhobeln kann. Einzelne Toilettenpapierrollen, nur mit einem Streifen Papier zusammengehalten, findet man hier ebenso wie Zahnseide in nachfüllbaren Glasflacons, Denttabs – kleine weiße Pastillen zum Zähneputzen – und Pumpspender für Bodylotion mit Lavendelaroma.

Viele solche Unverpacktläden sind in den letzten Jahren vor allem in Städten mit zahlungskräftiger Kundschaft entstanden. Marie Delaperrière gründete im Februar 2014 in Kiel den ersten Unverpackt Laden Deutschlands, inzwischen gibt es landesweit über 200.^{1,2)} Sie verkaufen vornehmlich Trockenware, Kosmetika und abfüllbare Dro-

gerieartikel. „Faktisch sind die Läden eher Tante-Emma-Läden als Supermärkte“ heißt es im Schlussbericht einer Analyse von verpackungsfreien Supermärkten an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung (HNE) Eberswalde.²⁾

Mit gutem Gewissen einkaufen

Die Ladenbesitzer beziehen qualitativ hochwertige Produkte in großen Gebinden, oft in Pfandbehältern, füllen sie in Gläser oder Spender um und bieten sie im Laden zum



Nüsse, Kokoschips und Kekse zum Selbstabfüllen. Im Unverpackt Laden im schweizerischen Baden gibt es auch einzelne Klopapierrollen zu kaufen.



Selbstabfüllen an. Die Kunden können ihre Gefäße selbst mitbringen oder wiederverwendbare Behälter im Laden kaufen. Bezahlt wird nach Gewicht. Einige Waren, bei „ohne.ch“ etwa Marmeladen, lassen sich auch in Pfandgefäßen mit nach Hause nehmen. Die Idee hinter allem: Verpackungsmüll vermeiden und so die Umwelt schonen.

„Die Läden haben ein Thema nach vorne gebracht, das bis vor drei oder vier Jahren kaum jemand interessiert hat“, sagt Melanie Kröger, Sozialwissenschaftlerin an der HNE Eberswalde.

Nach Angaben des Umweltbundesamts fielen im Jahr 2018 in Deutschland 18,9 Millionen Tonnen Verpackungsabfälle an, ein Zuwachs von 34 Prozent seit dem Jahr 1998. Knapp die Hälfte davon sind Papier, Pappe und Karton; Kunststoffe machen etwa 17 Prozent aus. Nur etwas über zwei Drittel der Verpackungsabfälle gehen laut Umweltbundesamt ins Recycling, darunter vor allem Papier, Pappe, Karton und Glas; auch bei PET-Flaschen liegt die Recyclingquote mit über 90 Prozent hoch. Große Teile der Abfälle werden allerdings nach wie vor verbrannt (von Kunststoffabfall etwa 53 Prozent)³. Umweltschutzorganisationen und Nachhaltigkeitsexperten drängen daher auf ein Umdenken: Von vorneherein weniger Verpa-



Wiederverwendbare Trinkhalme aus Glas oder Metall sparen Plastikmüll. Auch solche Artikel gibt es daher im Unverpacktladen.

ckung zu verbrauchen steht für sie an oberster Stelle.

„Gut durchdachte Unverpacktlösungen können zum Klimaschutz beitragen“, bestätigt Henning Wilts, Abteilungsleiter Kreislaufwirtschaft beim Wuppertal-Institut für Klima, Umwelt, Energie. Immerhin spart das Konzept Rohstoffe und Energie für die Herstellung einer Verpackung, die am Ende ohnehin nur im Abfall landet.

Keine leeren Versprechen

Studien, die exemplarisch Unverpacktprodukte und deren Wertschöpfungsketten in einzelnen Läden analysieren, finden positive Effekte. „Das Konzept hat Hand und Fuß: Die Läden vermeiden tatsächlich effektiv Verpackungen“, sagt Melanie Kröger.

So untersuchte Saskia Nöring in ihrer Bachelorarbeit an der HNE Eberswalde eine Stichprobe von 19 Produkten in vier Unverpacktläden in Deutschland.⁴ Sie kam zu dem Ergebnis: Bei diesen verringerte sich der Verpackungsmüll im Vergleich zu den Produkten aus Bio-Supermärkten um durchschnittlich 84 Gewichtsprozent. Beispielsweise erzeugt ein Kilogramm verpackungsfreier Basmatireis 11 g Papierabfall, ein konventionell ver-

markteter Reis in den Vergleichsläden stattdessen 35 g Pappe und 11 g Kunststoff.

Wie Niklaus Wildisen von der Universität Bern für seine Bachelorarbeit ermittelte, verringern die Wertschöpfungsketten unverpackter Produkte Treibhausgasemissionen und verbrauchen weniger Energie.⁵ Er hatte exemplarisch Bio-Weißmehl und Bio-Rapsöl aus Berner Unverpacktläden sowie aus den Coop- und Migros-Supermärkten untersucht. Das unverpackte Weißmehl verursacht demnach ein Drittel weniger CO₂ als das verpackte Mehl; bei der Produktion unverpackten Rapsöls entsteht sogar nur ein 60stel der CO₂-Emissionen vom Supermarkt-Rapsöl in Glasflaschen.

„Kein Selbstläufer“

Heißt die Lösung also, wann immer es geht, auf Verpackungen zu verzichten? So einfach sei es nicht, sagt Henning Wilts: „Das Nahrungsmittelsystem ist komplex. Wer dabei nur auf die Plastikverpackungen guckt, verrennt sich.“ Denn oft haben Verpackungen einen Sinn über das Marketing hinweg: Sie halten Lebensmittel frisch. „Wenn durch das Konzept unverpackt mehr Lebensmittelabfälle anfallen, ist das nicht ökologisch“,

AUF EINEN BLICK

Unverpacktläden kaufen große Gebinde, oft in Pfandbehältern, füllen sie in Gläser oder Spender um und bieten sie zum Selbstabfüllen an. Kunden bringen eigene Gefäße mit, kaufen wiederverwendbare im Laden oder kaufen Produkte in Pfandgläsern, etwa Honig.

Das Konzept spart Rohstoffe und Energie für die Herstellung einer Verpackung, die letztlich ohnehin nur im Abfall landet.

Es gibt keine Hinweise, dass Unverpacktläden größere Mengen Desinfektions- oder Reinigungsmittel einsetzen, um fehlende Verpackungen wettzumachen.

fasst Wilts zusammen. „Unverpackt ist kein Selbstläufer.“

Anders kann es bei frischen Lebensmitteln aussehen. Naturgemäß funktioniert das Unverpackt-Konzept besonders gut bei Trockenware, die weniger schnell verdirbt, sagt Melanie Kröger. Der Einkauf von loser, offener Ware kann zudem dazu führen, dass die Kunden tatsächlich nur die Mengen kaufen, die sie wirklich benötigen, und dass alleine deswegen weniger Lebensmittel im Mülleimer landen.

Laut Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) stehen knapp ein Drittel aller weltweiten Treibhausgasemissionen mit unserer Ernährung in Zusammenhang. „Die Umweltbelastung entsteht vor allem bei der landwirtschaftlichen Produktion von Lebensmitteln“, sagt Roland Hischier, Ökobilanzexperte an der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Empa im schweizerischen St. Gallen. „Dafür braucht es unter anderem Dünger und Pestizide, also Erdölprodukte. Auch verbraucht ein Traktor Diesel.“ Im Lebensmittel selbst stecken daher in der Regel mehr Energie und Umweltaufwand als in seiner Verpackung.

Verpackungen können dazu beitragen, dass weniger Lebensmittel weggeworfen werden, fand die breit angelegte Studie „Stop waste – save food“ in Österreich.⁶⁾ „Ist das der Fall, dann ist der Umweltnutzen durch vermiedene Abfälle meist fünf- bis zehnmal höher als der Umweltaufwand für die Verpackung“, heißt es in der Projektzusammenfassung. Gerade bei Lebensmitteln mit hohem Produktionsaufwand wie Fleisch und Käse zahlten sich schützende Verpackungen aus. Koordiniert hat das Projekt der ecoplus-Kunststoff-Cluster; wissenschaftliche Partner waren das Beratungsunternehmen Denkstatt, die Universität für Bodenkultur Wien und das Österreichische Forschungsinstitut für Chemie und Technik (OFI).

Bei Salatgurken sorgt die bei so vielen Kunden unbeliebte Kunststoffolie aus Polyethylen dafür, dass das Gemüse länger frisch bleibt und der Handel nur halb so viele verdorbene Gurken wegwirft: statt 9,4 nur 4,6 Prozent. Das ermittelte das Beratungsunternehmen Denkstatt über einen Beobachtungszeitraum von sechs Monaten in 250 Supermarktfilialen.⁶⁾ So sind Minigurken unverpackt nur 6 Tage haltbar, in einer Kartonschale mit makroperforiertem PP-Beutel 12 Tage und in einer PP-Schale mit mikroperforiertem PET-Beutel 23 Tage.⁵⁾

Nützliches und Unnützes

„Mehr Verpackung kann unter Umständen besser sein als weniger“, fasst Henning Wilts vom Wuppertal-Institut zusammen. „Ein pauschales Bashing gegen Verpackungen schießt übers Ziel hinaus.“ Gleichzeitig weist er darauf hin: Der Kunststoffabfall in Deutschland hat sich seit dem Jahr 1995 mehr als verdoppelt.⁷⁾ Viele Plastikverpackungen seien nicht dazu da, um Waren frisch zu halten. „Es gibt viele unsinnige Entwicklungen, etwa To-go-Angebote – das ist pure Bequemlichkeit [zu Bequemlichkeit siehe auch diese *Nachrichten*, S. 23].“

Laut Umweltbundesamt fallen allerdings weniger als die Hälfte aller Verpackungsabfälle im privaten Haushalt an. Der größere Teil sind Transportverpackungen: Pappe, Paletten und ganz besonders Stretchfolie – 12 bis 35 µm dünne, elastische, aber extrem reißfeste Folie, die etwa Waren auf Paletten sichert. Sie besteht aus linearem Polyethylen niedriger Dichte, dessen Polymermoleküle nur kurze Verzweigungen aufweisen. „Wer beim Entladen eines Lkws im Handel sieht, in wie viele Lagen Stretchfolie alles gewickelt ist, bekommt Tränen in die Augen“, sagt Wilts. „Man kann mir nicht erzählen, dass es da nicht sinnvollere Lösungen gibt.“

Die Inhaber von Unverpacktläden schauen laut Melanie Kröger darauf, solche Transportverpackungen zu vermeiden, indem sie sich Großhändler mit entsprechendem Angebot suchen. „Am Anfang hatten es die Ladner noch sehr schwer“, erzählt Kröger. „Sie mussten sich ihr Sortiment aufwendig selbst zusammenstellen. Im Laufe der Zeit haben sich Großhändler aber mehr und mehr auf die neuen Kunden und deren Wünsche eingestellt.“

Aus der Region statt aus Spanien

Möchte man Verpackungen vermeiden, muss der Verbraucher auch bereit sein, beim täglichen Angebot zurückzustecken und beispielsweise vor allem die Früchte zu essen, die in der Region gerade wachsen. „Wenn die Transportwege länger sind, kommt die Schutzfunktion einer Verpackung besonders zum Tragen“, sagt Roland Hischier von

Lebensmittel	Anteil [%]
Butter	0,4
Roastbeef	0,5 - 0,6
Rindsschnitzel	0,6 - 0,7
Hefezopf	0,7 - 1,5
Camembert	0,9 - 1,5
Schnittkäse	1,2 - 3,2
Schinken	1,5 - 4,1
Kaffee, gemahlen	1,6
Frischkäse	1,6 - 2,9
Salatgurke	ca. 2
Eier	2,3 - 2,7
Brot	ca. 3
Frischstäbchen	3,2
Spinat, gefroren	3,4
Milch	ca. 4
Bier	ca. 4
Milchschokolade	7,0
Gemüse tiefgefroren	10
Minigurken	10 - 23
Früchte, tiefgefroren	11
Snacktomaten	ca. 12
Kräuter tiefgefroren	18

Diese Anteile hat die Verpackung am Klimafußabdruck verpackter Lebensmittel.⁵⁾



Abfüllstation für Essig, Öle und andere Flüssigkeiten. Alle Fotos: R. Dückerhoff

der Empa. „Wenn ich im Winter Obst aus Südeuropa in die Schweiz und nach Deutschland transportiere, muss die Ware den Transport auch durchhalten – und das geht oft nicht ohne die passende Verpackung.“

Viele Unverpacktläden beziehen und verkaufen bereits heute oft Produkte aus der Region. Der Honig kommt dann vom Imker nebenan, die Nudeln aus der Nudelmanufaktur im Nachbarort und die Eier vom nächsten Bauernhof. „Aber klar: Bei Reis etwa ist es nicht möglich, ihn aus heimischem Anbau zu beziehen“, sagt Kröger.

Dass heute so viel Plastik und damit auch Plastikabfall existiert, liege zum großen Teil am erschwinglichen und abwechslungsreichen Nahrungsmittelangebot, das wir in den Supermärkten rund um die Welt vorfinden wollen, schreibt die Wissenschaftsjournalistin Sarah Wild in Quartz, einem Internetportal für Wirtschaftsnachrichten.⁸⁾ Dafür brauche es hochentwickelte, zentralisierte Lieferketten, die quer über den Globus verlaufen. „Plastik ist das Symptom. Unser zentralisiertes Nahrungsmittelsystem ist die Krankheit“, schreibt Wild.

Hygienefragen

Seit Beginn der Coronapandemie greifen Verbraucher wieder verstärkt auf verpackte Lebensmittelprodukte zurück, fand die Unternehmensberatung Munich Strategy in ihrer Studie „Food & Packaging beyond Corona“.⁹⁾ Das mag daran liegen, dass Menschen seitdem weniger oft einkaufen gehen und Lebensmittel mit längerer Haltbarkeit bevorzugen; es mag auch an einem erhöhten Hygienebedürfnis liegen.

Was die Hygieneanforderungen angeht, so sind diese in Unverpacktläden nicht grundsätzlich anders als in jeder Bäckerei oder bei jedem Großhändler auch, sagt Melanie Kröger. Es gebe keinen Hinweis darauf, dass Unverpacktläden beispielsweise größere Mengen Desinfektions- oder Reinigungsmittel einsetzen, um fehlende Verpackungen wettzumachen.

Alles in allem: „Unverpacktläden zeigen, dass es auch anders geht“, sagt Melanie Kröger. Mit ihnen sei ein Alternativmodell entstanden, das Einwegverpackungen vermeide. Diese Läden seien jedoch keine Supermärkte, und die gesamte Lebensmittelversorgung lasse sich ihrer Meinung nach nicht in dieser Art gestalten: „Ein klassischer Su-

permarkt von heute ist gänzlich ohne Verpackungen nicht vorstellbar.“

Henning Wilts zufolge beobachten aber auch die „Großen“ den Unverpackt-Trend genau – schon alleine wegen der vielen zahlungskräftigen Kunden. Pilotprojekte erproben Unverpacktkonzepte auch in gewöhnlichen Drogerien und Supermärkten. Welche Verpackungen es am Ende wirklich braucht und auf welche man getrost verzichten kann, wird sich dabei wohl nach und nach herausstellen. ■

Brigitte Osterath ist promovierte Chemikerin und berichtet neben ihrer Arbeit am Paul-Scherrer-Institut in Villigen, Schweiz, als freie Wissenschaftsjournalistin. www.writingscience.de

- 1) M. Delaperrière, Fallstudie über Möglichkeiten zur Abfallvermeidung von Verpackungen und Lebensmitteln im Einzelhandel, *Februar 2019*, t1p.de/wkzn (Stand 19.8.2021)
- 2) M. Kröger, A. Wittwer, J. Pape, Der verpackungsfreie Supermarkt: Stand und Perspektiven, *Hochschule Eberswalde*, März 2020, t1p.de/t18sj (Stand 19.8.2021)
- 3) t1p.de/Ovaj (Stand 19.8.2021)
- 4) S. Nöring, Verpackungseinsparung durch Unverpackt-Läden: Vergleich des Verpackungsaufkommens von Unverpackt-Läden und klassischen Bioläden anhand von 20 Produkten, *Bachelorarbeit an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde*, 2019
- 5) N. Wildisen, Ökologische Nachhaltigkeit des Ernährungssystems der Stadt Bern, *Bachelorarbeit an der philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern*, Januar 2019
- 6) Lebensmittel, Verpackungen, Nachhaltigkeit – Ein Leitfadens für Verpackungshersteller, Lebensmittelverarbeiter, Handel, Politik & NGOs, *entstanden aus den Ergebnissen des Projekts „STOP waste – SAVE food“*, Wien, Februar 2020, t1p.de/617i (Stand 19.8.2021)
- 7) K. Schüler, Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2017, *Dessau-Roßlau*, November 2019. ISSN 1862-4804 t1p.de/03uf (Stand 19.8.2021)
- 8) S. Wild, „The surprising benefits of the world's most wasteful material“, *Quartz* Januar 2018. t1p.de/tkyi (Stand 19.8.2021)
- 9) Food & Packaging beyond Corona, *Munich Strategy*, 2020. t1p.de/u5p5 (Stand 19.8.2021)



A photographer under the Fujiyama in the night. lisheng2121/AdobeStock

Made in Japan

Moonshot program for human well-being



Japan has a long tradition in cooperative programs. Usually these are down-to-earth, sintered through many rounds of expert discussions that have resulted in a consensus, which is formalised in an affidavit carrying the personal stamp signatures of the participants. Such group-centered endeavours for kaizen, continuous improvements made step by step, have often resulted in flawlessly perfect products.

In research and development (R&D), Japanese research associations follow similar mechanisms. With a theme often initiated and financially supported by the Ministry of Economy, Trade and Industries (Meti), usually through its project house New Energy and Industrial Technology Organisation (Nedo), public-private partnerships are formed whose members in industry, academia, and government jointly develop a new technology through open innovation, before they dissolve after several years (Table 1, p. 56).

Plans looking 30 years ahead

To address events that lie far ahead in the future, it takes a different concept to escape the endless compromises of consensus-

based processes described before. The Japanese have found a group-oriented approach for such long-term programs as well. Japan has become known for developing plans looking 20 or 30 years ahead, such as “hydrogen-based society 2050”⁽⁴⁾ based on expert estimates scrutinised by a Delphi procedure and followed by stage-gate processes during realisation. The latest master plan of this kind is the “moonshot programme for human well-being”, the most ambitious element of Japan’s current science, technology and innovation plan. It targets a visionary “society 5.0”, a human-centered and inclusive society that reconciles economic growth and resolution of social issues. This plan “integrates cyberspace and physical space” and is based on data

clouds, artificial intelligence, and quantum technology innovation hubs, together with “smart cities” that will serve as showcases for society 5.0.

The Moonshot Programme is defined as a portfolio of “inspiring and ambitious goals and concepts for challenging R&D on societal issues that are difficult to tackle but will have profound impact once resolved” (Table 2, p. 56). Programme managers are being asked to promote this port-

Rolf Schmid holds a master and a Dr degree in chemistry from Freiburg University and is a retired professor of Stuttgart University. He has written several books and reports on biotech-related developments in Japan and China and consults on these issues through his company Bio4Business located in Stuttgart, Germany. www.bio4business.eu



Research Association	Target	Members	Initiated by
Biojet Fuel Consortium ¹⁾	Jetfuel from biomass (microalgae)	8 industry and public members	Nedo
Plastic Recycling Association ²⁾	Solving problems of plastic waste	50 industry and public members	Nedo
Functional Food Study Group ³⁾	Evidence-based information on functional food	32 industry and public members	Japan Bioindustry Association

Examples of current Japanese research associations.

Goal #1	A society in which human beings can be free from limitations of body, brain, space, and time
Goal #2	Ultra-early disease prediction and intervention
Goal #3	AI robots that autonomously learn, adapt to their environment, evolve in intelligence, and act alongside human beings
Goal #4	Sustainable resource circulation to restore the global environment
Goal #5	An industry that enables sustainable global food supply by exploiting unused biological resources
Goal #6	A fault-tolerant universal quantum computer that will revolutionise economy, industry, and security
Goal #7	Sustainable care systems to overcome major diseases, enabling individuals to enjoy life with relief and release from health concerns up to the age of 100

Targets of the “moonshot programme” (to be achieved by 2040 or 2050).

folio “without fear of failure“. In 2020, around 830 million euros have been put aside for the moonshots.

The goals

Goal #1’s central element is referred to as Cybernetic Avatars, including remote robots and 3D images as proxies but also empowering the physical and cognitive abilities of humans using information and communication technologies and robotics.

Goal #2 is built on a “whole body network atlas” that makes it possible to monitor functional changes in physiology throughout the course of an individual’s life and identify transitions from a healthy state to a pre-symptomatic state, e.g., during the onset of cancer or dementia.

Goal #3 foresees artificial intelligence (AI) robots that have the same sensitivity as humans. As their physical abilities become equivalent to or better than those of humans, they be permitted to act alongside human beings by 2050.

Goal #6, a fault-tolerant quantum computer, is an obvious target for Japan’s powerful computing industries.

Goal #7 is equally obvious in view of Japan’s “super-ageing” society which, according to official projections, will have shrunk to about 100 million people (projections vary in view of immigration), one-third of whom are 65 years or older. The goal is to create a sustainable system to care for people up to the age of 100.

Goal X for the youth

In addition, there is a Goal X, defined as an “open call for ideas from youth-focused brainstorming teams, who will lead the next generation”. It responds to the alarming fact that the number of young researchers in Japan who advance from master’s to doctoral programmes has dropped to about 9 percent, about half the number of 20 years ago.

We will now take a closer look at goals 4 and 5.

Cool and clean earth

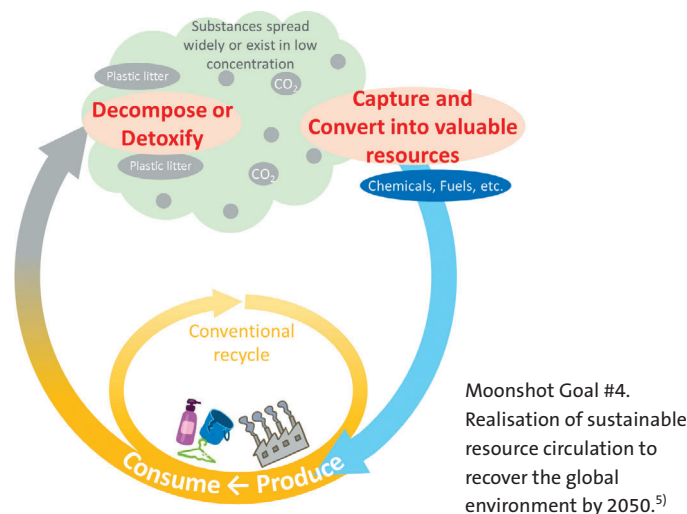
The programme director for goal #4, “cool earth & clean earth” (figure⁵⁾, is Kenji Yamaji, Director-General of the Research Institute of Innovative Technology for the Earth (RITE) in Kyoto.⁶⁾ The programme is composed of three project groups:⁷⁾

- Development of technologies to recover greenhouse gases (GHGs) and convert them into valuable materials.
- Development of technologies to recover nitrogen compounds and convert them into harmless or useful materials.
- Development of marine biodegradable plastics in which the timing and speed of degradability can be controlled.

Within this framework, a team led by Takafumi Noguchi, University of Tokyo, is studying calcium carbonate concrete (CCC),⁸⁾ a recycled concrete material produced from atmospheric CO₂ and concrete wastes. If half of all concrete would be made with CCC in 2050, annual CO₂ emissions could be reduced by 20 million tonnes, and 6.2 million tonnes of CO₂ would be fixed.

For the mitigation of greenhouse gases generated from agriculture, the team led by Minamisawa Kimasu of Tohoku University is pursuing a programme called “Cool Earth via Microbes in Agriculture” and is already deliberating joint projects with European partners from the Soil Project, a Horizon Europe programme.⁹⁾

Nedo has organised several projects to address marine plastic litter. In addition to evaluation methods for marine biodegradability, new resins, new biomanufacturing processes, and new composite technologies will be developed, with the aim of achieving a new domestic market of 200,000 tonnes per year of marine biodegradable plastics by 2030.¹⁰⁾



A considerably larger project, with 50 members and government support of 25 million euros for three years, is pursuing better recycling of waste plastic.¹¹⁾ Key elements are

- sorting technology for optimal treatment,
- technology for recycling into materials that are comparable to the original plastic materials,
- technology for decomposition and conversion into petrochemical raw materials, and
- technology for highly efficient energy recovery by incinerating waste plastics that cannot be recycled.

Sustainable food supply

The programme director for Goal #5, “sustainable food supply without food-loss and environmental loading”, is Kazuhiro Chiba, President of Tokyo University of Agriculture and Technology. The programme is made up of two sub-projects:¹²⁾

- food production systems that achieve expansion of food supply and conservation of the global environment, and
 - food consumption system aiming at zero food loss and waste.
- Food production will be based on novel production systems, such as

the breeding of “super crops” that have incorporated drought-tolerant genes from their wild relatives. To this end, the present crop breeding concept needs to be changed “from selecting to creating”, where key elements will be the use of divergent genetic resources, the use of big data and AI technologies, and the utilisation of genome editing and synthetic biology.

Another important effort concerns soil management. Haruko Takeyama of Waseda University will lead a project on “a resource-recycling food production system fully utilising biological functions of microorganisms and insects”. The aim is to reduce the use of chemical fertilisers and pesticides through five research topics: a soil microflora atlas, improved crops, environmental control and measurement, cultivation management, and social science.

New protein sources such as insects will also be developed by a team led by Takashi Yura of Ochanomizu University. In fact, there already are pertinent start-ups such as Gryllus¹³⁾, which has developed technology to breed and harvest crickets (Gryllotalpidae); on this basis the food company Muji¹⁴⁾ has established their brand of “cricket crackers” – 100 grams of these crackers contain 60 grams of protein.

International cooperation

These examples demonstrate how Japan, challenged by ever stronger economic competition from its Asian neighbours, by a national debt burden of 260 percent of its Gross Domestic Product, and by the consequences of a super-ageing society, is following long-term visions in pursuing a 150-year strategy to create wealth through science and technology.

International cooperation is a clear priority, and there is considerable interest in interacting with European partners, e.g., through the European Horizon programme. Though Japan is not eligible for EU funding, it can participate in EU-funded projects if it covers its own costs. ■

- 1) ihi.co.jp/en/all_news/2020/other/1196667_2042.html
- 2) pwmi.or.jp/pdf/panf1.pdf
- 3) jba.or.jp/activity/adv_biotech/study_group/functional-food/
- 4) a) R. Schmid, Nachr. Chem. 2017, 65, 1004; b) R. Schmid, H. Uchida, Nachr. Chem. 2019, 67(10), 24
- 5) www8.cao.go.jp/cstp/english/moonshot/concept4_en.pdf
- 6) jst.go.jp/moonshot/sympo/sympo2019/material/yama-ji_20191217_ps2-discussion_191216-1223.pdf
- 7) jst.go.jp/moonshot/sympo/sympo2019/material/day2_wg4_20191218_wrapup.pdf
- 8) t.u-tokyo.ac.jp/foe/press/setnws_202104151058544435600863.html
- 9) lifesci.tohoku.ac.jp/en/date/detail--id-49850.html
- 10) nedo.go.jp/news/press/AA5_101348.html
- 11) nedo.go.jp/news/press/AA5_101345.html
- 12) jst.go.jp/moonshot/sympo/sympo2019/material/day2_wg5_20191218_wrapup.pdf
- 13) gryllus.jp
- 14) japantoday.com/category/features/new-products/limited-edition-cricket-crackers-from-muji

Labor- und Produktionsdaten Integer bleiben



Es gibt Programme, die bei Datentransfer und -verarbeitung Manipulationen und Erpressung verhindern. Wie sich Datenintegrität durchgängig vom Labor bis zur Auswertung für Forschung, Analytik und Produktion sichern lässt.

Nahezu jedes größere Unternehmen war schon einmal von Ausspähattacken betroffen, etwa Covestro, Bayer, BASF und Henkel. Zu den neueren Fällen zählt ein erpresserischer Trojaner beim Aromahersteller Symrise im vergangenen Jahr. Der Trojaner sollte Daten verschlüsseln und erst nach Lösegeldzahlung wieder freigeben. Das Unternehmen musste einige Zeit Teile der Produktion stilllegen, hat aber wohl kein Lösegeld gezahlt.

Bei der Europäischen Arzneimittelbehörde EMA haben Hacker Daten zum Impfstoff von Biontech/Pfizer abgegriffen.

Novartis beobachtete im letzten Jahr Phishing-Versuche, die das Coronavirus erwähnten: betrügerische E-Mails, um Zugriff auf die Computer des Unternehmens zu bekommen.

Insgesamt hat mit der Coronapandemie das Hacking weltweit zugenommen. Die Angreifer wollen an Passwörter gelangen und geben sich etwa aus als Führungskraft impftechnisch relevanter Unternehmen wie der Ultratiefkühlungsfirma Haier Biomedical oder von Organisationen wie der Impfallianz für Kinder in Entwicklungsländern (Gavi).

Passende Passwörter

Beim Zugriff auf Maschinen, etwa auf die hunderte bis tausende Mess-, Steuer- und Regelgeräte in Produktionsanlagen, sind Passwörter



Es ist praktisch, Daten in einer Cloud zu verarbeiten, aber auch anspruchsvoll, wenn es um Datenintegrität und -sicherheit geht. Fotos: Dechema/Helmut Stettin, Achema 2018

ter wichtig. Ihre Länge nicht ausfern zu lassen und gleichzeitig die Sicherheit zu garantieren ist eine wesentliche Aufgabe der Gesamtarchitektur. Dafür gibt es Verfahren wie im deutschen Personalausweis (password-authenticated key exchange, Pake), die für die Bluetooth-Kommunikation in der Industrie zugeschnitten sind, etwa CPace von Endress+Hauser. Sie ermöglichen eine Authentifizierung von Nutzern, vor allem bei Geräten mit digitalen Datenschnittstellen.

Die Datensicherheit, also der Schutz gegen äußere Feinde wie Hacker oder Industriespione, hängt aber nicht mit der Datenintegrität zusammen. Diese beginnt bereits beim Erzeugen und Speichern von Daten.

Alles, was selbstverständlich ist

Ein Laborant trägt Wägeregebnisse in sein Laborbuch ein. Die handgeschriebenen Zahlen muss jemand für weiterführende Berechnungen in eine Excel-Tabelle übertragen. Dabei können Abschreibefehler entstehen, die sich dann nicht zurückverfolgen lassen. Also muss zumindest ein Scan des Laborbuchs die elektronischen Daten vervollständigen. Beide müssen sich eindeutig einander zuordnen lassen, und die Dokumentation muss unmittelbar erfolgen, also sobald die Daten vorliegen. Es sind stets die Originaldaten zu dokumentieren. Zuweilen arbeitet ein Labor statt mit dem Originalmesswert mit einem anderen Wert weiter, etwa nach Herausrechnen systematischer Fehler. Soft-

ware lässt sich so konfigurieren, dass sich alle Werte speichern und bei Bedarf anzeigen oder ausdrucken lassen.

Darüber hinaus müssen alle Beteiligten während der gesamten Projektlaufzeit auf die Dokumente zugreifen und sie lesen können, damit diese den regulatorischen Anforderungen genügen. Die Dokumente sollen den Vorschriften entsprechen – etwa denen der US-amerikanischen Behörde für Lebensmittel und Arznei (Food and Drug Administration, FDA) für elektronische Aufzeichnungen und elektronische Signaturen (FDA 21 CFR Part 11) oder dem Anhang für computergestützte Systeme zum europäischen Leitfaden für gute Herstellungspraxis (EU-Annex 11).

Diese Selbstverständlichkeiten hat die FDA so zusammengefasst: attributable, legible, contemporaneous, original, accurate (Alcoa). Mit Alcoa+ legt die Behörde noch mehr Wert auf komplette Datenspeicherung inklusive aller Änderungen, auf Konsistenz der Daten entlang des gesamten Prozesses inklusive Rückverfolgbarkeit und auf die Langzeitspeicherung über Jahrzehnte, wobei Zugriff auf die und Ausdrucken der Daten möglich bleiben müssen.

Ein Hinweis darauf, wie wichtig die FDA Datenintegrität inzwischen nimmt, ist, dass sie diese in ihren „warning letters“ in den Jahren 2005 bis 2008 etwa fünfmal pro Jahr angesprochen hat; 2014 bis 2017 waren es 20-mal pro Jahr.¹⁾

Von der Datenintegrität gemäß Alcoa+ zu unterscheiden ist die Datenqualität – denn ein mit geringer Auflösung aufgenommenes NIR-Spektrum bekommt keine höhere Auflösung, wenn seine unverfälschte Speicherung und Weiterverarbeitung gesichert sind.

Datenbank statt wildes Speichern

Eine Laborantin hat beispielsweise ein Extinktionsspektrum aufgenommen, um in einem Gemisch

Polyethylenterephthalat zu identifizieren und zu quantifizieren. Die gespeicherten Daten enthalten das Spektrum selbst, den Namen der Laborantin, den Zeitpunkt der Analyse, die verwendete Methode – etwa als laborinterne Bezeichnung: „Polymer in Tiernahrung“ –, einen Probenamen und das Analysegerät.²⁾ Zur vollständigen Dokumentation gehört, wann dieses zuletzt kalibriert wurde. Diese Information lässt sich zur Sicherheit mit zwei Unterschriften versehen, etwa vom kalibrierenden Laboranten und der freigebenden Laborleiterin.

Solche Daten lassen sich pro Probe als einzelne Datei in einem System selbst angelegter Ordner speichern. Einen höheren Komfort und mehr Sicherheit bieten Datenbanken, etwa eine, die auf der Programmiersprache Structured Query Language (SQL) basiert wie Vision Air von Metrohm. Die Daten müssen nur einmal gespeichert werden und stehen innerhalb der Datenbank in Beziehung zueinander.

Das Prinzip einer relationalen (SQL-)Datenbank verhindert, dass eine gewünschte Datenmanipulation, etwa ein Rechenschritt, Änderungen in mehreren Dateien erfordert. Stattdessen ändert die Datenbank dies automatisch in allen betroffenen Dateien.



Über Profinet-Systeme sammeln Chemie- und Pharmaindustrie, Biotech und Lebensmittelherstellung Daten, leiten sie weiter und verarbeiten sie. Unternehmen müssen Datenintegrität über den gesamten Lebenszyklus sicherstellen.

Bottom-up-Ansatz

Im Labor Beschäftigte nehmen das dortige Equipment als Ausgangspunkt. Sie qualifizieren Geräte und Software, beispielsweise auf der Grundlage von Arzneibuchvorschriften. Auf der nächsten Ebene folgt die Computersystemvalidierung (CSV), etwa nach dem Leitfaden für die Validierung computerge-

Live dabei ...

Die GDCh bei   

www.facebook.com/gdch.de
www.twitter.com/gdch_aktuell
www.instagram.com/gdch_aktuell

stützter Systeme in der pharmazeutischen Industrie (Good Automated Manufacturing Practice, Gamp). Diese stellt unter anderem sicher, dass ein Multiparameter-Messsystem mit mehreren vernetzten Geräten und einer gemeinsamen Softwareplattform für einen Zweck geeignet ist, etwa um pH-Wert, Dichte und Farbe einer Probe zu ermitteln.

Die CSV kann für bis zu 30 Instrumente drei bis sechs Monate dauern³⁾ und teuer sein. Denn sie kostet Zeit und ist in der Regel individuell. Mehrere Instrumente zu vernetzen senkt den Gesamtaufwand, weil die CSV eines Ensembles von 30 Instrumenten in der Regel auch nicht länger dauert als eine Einzelgerät-Validierung. Für Teilbereiche wie das Einhalten von Vorschriften gibt es automatisierte Systeme, etwa Agilent Crosslab.

Daten vieler Laborgeräte lassen sich in ein einheitliches Format konvertieren, etwa mit Software wie Sea Star Lab Information Hub von BSSN Software. Dies macht die Kommunikationsströme zwischen Geräten und übergeordneten Systemen flüssiger. Vereinheitlichte Datenstrukturen helfen zudem Labor-Informations- und -Managementsystemen (Lims), auf der Audit-Vorbereitungsebene

dem elektronischen Laborbuch (ELN) und auf der betrieblichen Ebene der Ressourcensteuerung oder der Unternehmensplanung (Enterprise Resource Planning, ERP).

Zentral oder dezentral speichern

Eine Cloud ist praktisch, um an verschiedenen Orten am selben Projekt zu arbeiten, etwa bei der Entwicklung eines neuen Impfstoffs. Inzwischen gibt es Clouds, die die Daten von Geräten unterschiedlicher Hersteller speichern und verarbeiten, etwa Platform for Science von Thermo Fisher.

Für die vorausschauende Wartung entwickelt das Internetunternehmen Amazon eine Kombination aus Cloud-Datenspeicher und Software für maschinelles Lernen (ML). Nach Trainieren des ML-Modells mit Daten wie Temperaturen, Geräuschen und Vibrationen soll es für Geräte oder größere Funktionseinheiten die Restnutzungsdauer (remaining useful life, RUL) vorhersagen.⁴⁾ Dieses Projekt (Codename: AWS Thor)⁵⁾ könnte für Unternehmen Kosten senken. Aber geben sie hier nicht Betriebsinterna an eine Firma, die mit Datensammeln Geld verdient?

Daher gibt es einen Gegentrend: „Unternehmen gehen jetzt wieder auf dezentrale Server und weg von Cloudlösungen, die andere anbieten“, sagt Birgit Krauß, Sales- and Productmanager Liquid Handling Deutschland bei Mettler-Toledo in Gießen.

Produktivität und Sicherheit

Die elektronischen und digitalen Hilfsmittel sollten ursprünglich nur Sicherheit und Nachvollziehbarkeit verbessern – nicht handschriftliche Aufzeichnungen vermeiden. Aus der Praxis kamen aber dann Ideen, wie sich damit die Effizienz in Labor und Produktion steigern ließe. Nun sind beide Ziele – Sicherheit und Ökonomie – in Einklang zu bringen.

In der Regel wird die Laborleitung die Datenintegrität vom Blickwinkel der Erstellung und Weitergabe von korrekt ermittelten Daten und dem Einhalten der Vorschriften betrachten. Die IT-Abteilung berücksichtigt zunächst die EDV des Gesamtunternehmens, dann erst Lims im Labor oder Prozessanalysetechniken und schließlich Geräte oder Teilsysteme wie eine automatisierte Chromatographie mit Kernspinresonanzspektroskopie und Massenspektrometrie. Wo man sich trifft, ergibt sich wesentlich aus der Struktur eines Unternehmens. ■

Der promovierte Chemiker **Christian Ehrenberger** ist freier Mitarbeiter der Nachrichten aus der Chemie.

Zur Explosion in Leverkusen-Bürrig

Ende Juli sind Lagertanks auf dem Gelände der Currenta-Sonderabfalldeponie Leverkusen-Bürrig explodiert. Dadurch gab es mehr als 30 Verletzte und sieben Tote.

Das Zentrum mit Deponie, Kläranlage und Sonderabfallverbrennungsanlage gehört zum Chempark Leverkusen, betrieben vom Unternehmen Currenta, das bis Ende 2007 als Bayer Industry Services firmierte. Explodiert sind Tanks für chemische Abfälle. Dabei sind phosphor-, chlor- und schwefelhaltige Substanzen in Brand geraten.¹⁾

Medien und Toxikologen äußerten sich besorgt über mögliche freigesetzte Chemikalien. In Ruß- und Staubpartikeln, die

nach dem Brand niedergingen, fanden das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz sowie Currenta keine kritischen Mengen an Dioxinen und Furanen, polychlorierten Biphenylen und polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen.

Die aktuelle Explosion im ursprünglich zu Bayer gehörenden Entsorgungszentrum ist nicht der erste Störfall dort. Im Januar 2010 gab es in einem Gebindelager mit Produktionsabfällen einen großen Brand, und im Juli 1980 detonierten Flüssigabfälle im Anlieferungsbunker der Sondermüllverbrennung. MB

Tankbelegung: t1p.de/8zvc

- 1) d2evkimvhatqav.cloudfront.net/documents/pb_data_integrity_closer_look.pdf (Stand 21.6.2021)
- 2) metrohm.com/en-vn/products-overview/spectroscopy/nirs-lab-analysers/29221000
- 3) *Leitfaden Datenintegrität. Mettler Toledo (Hrsg.), 2019*
- 4) aws.amazon.com/de/solutions/implementations/predictive-maintenance-using-machine-learning (Stand 12.6.2021)
- 5) businessinsider.de/wirtschaft/finanzen/amazon-tueftelt-heimlich-an-einer-erfindung-die-ganze-industrien-veraendern-ber (Stand 12.6.2021)

DER WIRTSCHAFTSCHEMIKER

Eine Kennzahl für nachhaltige Entwicklung?

Unter dem Titel „Sustainability in Uncertainty“ entwickelte Apurva Gosalia von der Starnberger Nachhaltigkeitsberatungsgesellschaft Fokus Zukunft das Drei-Säulen-Konzept der nachhaltigen Entwicklung (people – planet – profit, 3P) zu 5P weiter: Seine zusätzlichen Dimensionen „purpose“ und „pressure“ sind beide eine Kolumne wert. In diesem Beitrag geht es um den Druck.

Ist Mangel an Innovation in Richtung nachhaltiger Entwicklung auf mangelnden Druck oder Impuls zurückzuführen? Müssen wir nicht über Reibungsverluste reden?¹⁾ Wer eine Ausbildung in technischer Chemie hat, kennt das Verhältnis des Teils des Impulses, der Vortrieb leistet, zu dem Teil, der als Reibung verloren geht, als Reynoldszahl Re . Die inneren Reibungsverluste einer Flüssigkeit, die durch eine Pipeline strömt, beschreibt dabei die Viskosität: $Re = \text{Geschwindigkeit} \cdot \text{Kapazität} \cdot \text{Viskosität}^{-1}$. Ist das Verhältnis zu klein, die Reibung zu hoch, geht es nur zäh voran. Ist es zu groß, wird es turbulent – in einem Rohr wie im wahren Leben. Könnte man also so etwas wie eine Reynoldszahl für Innovation formulieren?

Der gesellschaftliche Impuls ist unübersehbar. Aber wie steht es mit der Reibung? Um Innovation in die Welt zu bringen, braucht man Marketing. Die 4P des klassischen Marketing-Mixes sind product, price, place, promotion. Produkt und Preis müssen stimmen. Das ist einfach. An Werbung für nachhaltige Produkte fehlt es nicht, wobei der Widerstand steigt, wenn Menschen das Gefühl haben, überfahren zu werden. Vertrauen in Marken verringert den Widerstand – ist die Chemie mit ihren Marken auf dem richtigen Weg?

Das vierte P ist „place“: Wie einfach sind die neuen Lösungen zugänglich? Wir erleben, dass es relativ reibungslos ist, nachwachsende Rohstoffe in den Markt einzuführen, etwa Biophenol. Chemisches Recycling erweitert die Pipeline in die Kreislaufwirtschaft. Es ist dagegen enorm zäh, „grüne“ Chemie über neue Moleküle zu entwickeln.

Druck allein reicht nicht, um dafür Verfahren zu skalieren und Zulassungen zu erreichen. Die Steigerung der Reynoldszahl für Innovation braucht die 5 P nachhaltiger Entwicklung, die 4 P des Marketings, eine Politik der verantwortlichen „Entfesselung“ – und die Kapazitäten für erstklassige und wirtschaftliche Chemie.

1) D. Schönthal, L. Nordgren, *The Human Element: Overcoming Resistance To New Ideas and Influencing Leadership*, Wiley 2021



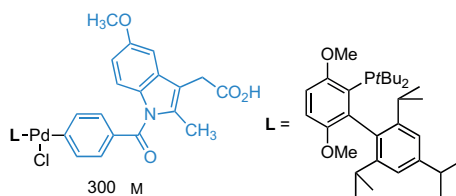
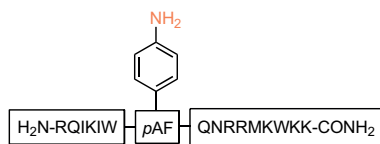
Rolf Albach leitet Polyurethanprojekte bei Covestro. Zudem lehrt der promovierte Chemiker mit einem Master of Business Administration an der Fachhochschule Aachen. Der Vorstandsvorsitzende der GDCh-Vereinigung Chemie und Wirtschaft führt uns mit dieser Kolumne im Wechsel mit Hannes Utikal durch die Welt der Wirtschaftskemie.

Illustration: Uta Neubauer

Notizen aus der Chemie

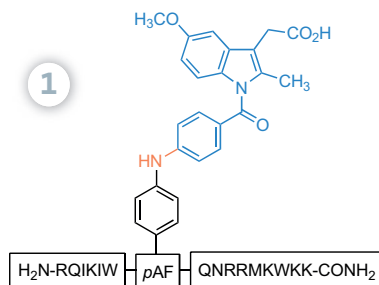
1

Ungeschützte Peptide arylieren | Mallek, Pentelute und Buchwald N-arylieren para-Aminophenylalanin in Polypeptiden in Gegenwart anderer ungeschützter aliphatischer Aminogruppen. Isolierte Aryl-Pd-Komplexe mit einem Biarylphosphinliganden dienen als Arylierungsmittel. Die Pd-Komplexe binden zwar thermodynamisch bevorzugt an aliphatische Aminogruppen; jedoch ist nach Koordination an eine aromatische Aminogruppe die reduktive Eliminierung der C-N-Bindung schneller. So lassen sich Wirkstoffanaloga mit zellpenetrierenden Peptiden modifizieren. *CCT* *Angew. Chem. Int. Ed.* 2021, 60, 16928



50 mM Phosphatpuffer
H₂O, NMP 1:1
Raumtemp., 2 h

1



Neue Systeme für schnelles Imaging

Für das Elementimaging mit Laserablation-ICP-MS (LA/ICP-ToF-MS) haben van Acker und Mitarbeiter ein neues Aerosoltransportsystem entwickelt. Es verbessert den Transport durch LA-ablatierte Probenpartikel ins ICP-MS, was eine hohe Transporteffizienz garantiert und sowohl die Dispersion als auch den Verlust von Probenpartikeln auf dem Weg ins ICP-MS reduziert. Das neue System ist ein Schritt zum ultraschnellen Multi-Element-Imaging mit kHz-Aufnahmeraten. *BM* *J. Anal. At. Spectrom.* 2021, 36, 1201

2

Routine ist gut, Kontrolle ist besser

Einkristallstrukturbestimmung über Röntgenstrahlung ist inzwischen weitgehend automatisiert. Wie Müller, Schulz und Mitarbeiter jedoch an der Strukturbestimmung von α - und β -IN₃ zeigen, bergen die Algorithmen, die die Beugungsintensitäten erfassen, Fehlerquellen: Die jeweiligen Strukturen sind schon vor fast 30 beziehungsweise 10 Jahren bestimmt worden, die Strukturmodelle enthielten jedoch eine ungewöhnliche Fehlordnung – Resultat der durch die Algorithmen falsch ausgelesenen Rohdaten. Wie die erneute Analyse der Daten zeigt, waren schwache Reflexe übersehen worden, sodass zu kleine Einheitszellen und Fehlordnungen resultierten. Werden die schwachen Reflexe berücksichtigt, ergibt sich ein zufriedenstellendes Strukturmodell in einer doppelt so großen Einheitszelle.

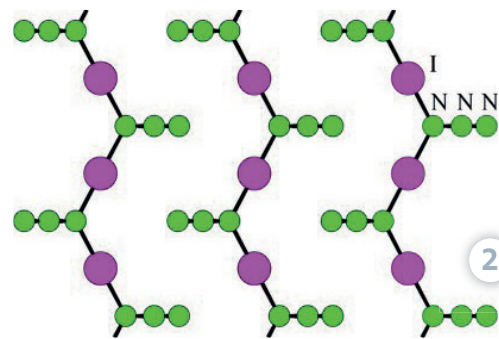
Diese Arbeit zeigt, wie wichtig es ist, Primärdaten in unverarbeiteter Form zugäng-

lich zu machen und zu archivieren. Zudem können die Programme einen erfahrenen Kristallographen nicht ersetzen. *JH* *Angew. Chem. Int. Ed.* 2021, 60, 17452

Si quadratisch planar

Ebner und Greb haben eine Verbindung mit einem quadratisch-planar koordinierten Siliciumatom hergestellt. Die Reaktion von Meso-octaethyl-calix[4]pyrrols Li₄L und SiCl₄ und Kationenaustausch liefert zunächst [Ph₄P][LSiCl]. Es folgt die Chloridabstraktion mit Na[B(C₆F₅)₄], wobei sich zunächst das tetramere Na₄[LSiCl]₄ bildet. Daraus entstehen innerhalb einer Woche bei –40 °C gelbe Kristalle von LSiCl. Die ²⁹Si-NMR-Resonanz verschiebt sich durch dabei von –129 auf –55,6 ppm. Die Molekülstruktur zeigt agostische Wechselwirkungen zwischen Ligandenmethylgruppen und Si. Die Planarisierung des typischerweise tetraedrisch koordinierten Si verringert die HOMO-LUMO-Lücke, was ungewöhnliche Reaktivität wie die Carbosilylierung von Alkinen durch Ligand-Si-Kooperativität erklärt. *AH* *Chem* 2021, doi: 10.1016/j.chempr.2021.05.002

Chem 2021, doi: 10.1016/j.chempr.2021.05.002



2

3



3

Grenzflächen in Feststoffbatterien kontrollieren

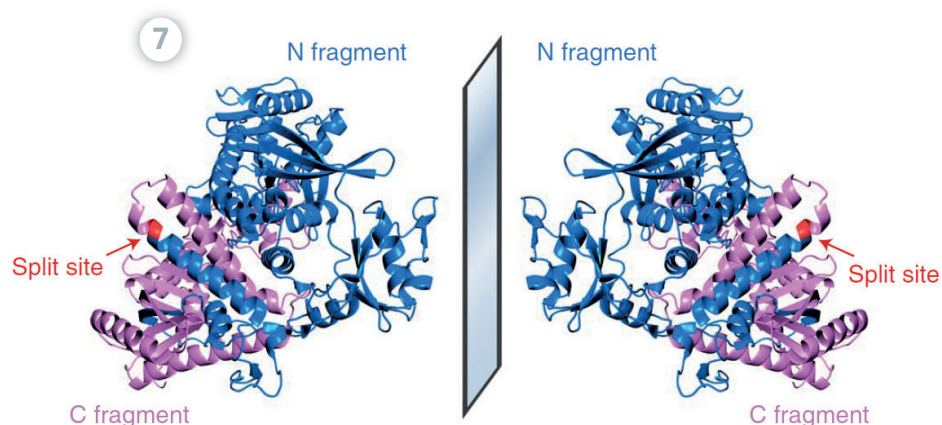
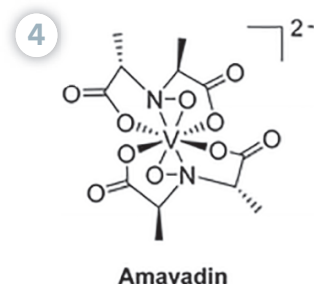
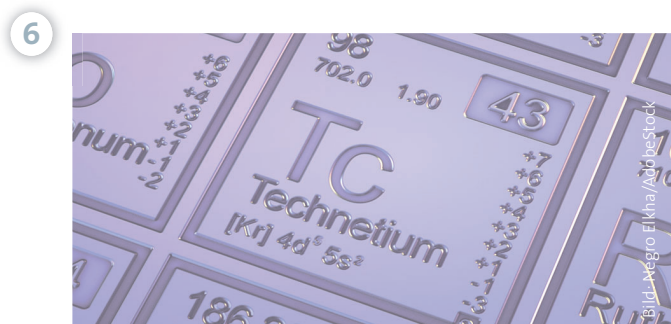
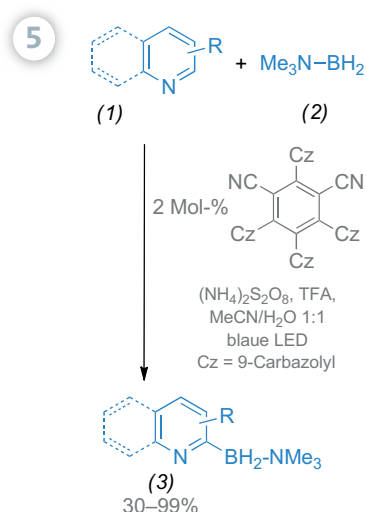
Eines der momentan wichtigen Elektrolytsysteme für Feststoff-Batterien besteht aus Polyethylenoxid (PEO). Die Gruppe um Goodenough zeigt, wie in diesen Elektrolyten gemischtes Li₂S₆ die Grenzflächen zu Lithium stabilisiert. Es verbessert damit Reversibilität, Lebensdauer, Lithiumionenleitfähigkeit und kritische Stromdichte. Zudem verzögert es die Kristallisation des PEO-Polymers. Bestehende Batteriesysteme lassen sich so einfach und billig optimieren. Diese Ergebnisse machen außerdem besser verständlich, warum sulfidbasierte Feststoffelektrolyte hervorragend leiten und mit den weiteren Komponenten einer Batterie ein gutes Verhalten zeigen. *CH* *Angew. Chem. Int. Ed.* 2021, 60, 17701

Vanadium in Fliegenpilzen auf der Spur

Brauer und Mitarbeiter haben eine HPLC/ICP-MS-basierte Methode entwickelt, um Metallverbindungen in Fruchtkörperextrakten von Fliegenpilzen (*Amanita muscaria*) zu untersuchen – vor allem natürliche V-Spezies wie Amavadin. Dessen biologische Funktion ist bisher unbekannt, da analytische Methoden fehlten. *BM*

J. Anal. At. Spectrom. 2021, 36, 954

4



Heteroaromatische Borylierung – radikal und einfach | Die Leonori-Gruppe berichtet über einfach durchzuführende oxidative, photokatalytisch getriebene regioselektive C-H-Borylierungen heteroaromatischer Verbindungen (1). Als Borquelle nutzte sie den Trimethylamin-Borboran-Komplex (2). Als Initiator dient das aus Peroxydisulfat photokatalytisch erzeugte Sulfat-Radikalanion, das ein Wasserstoffatom aus (2) abstrahiert. Das entstehende Borylradikal addiert an den durch Trifluoressigsäure protonierten Heteroaromaten (1), und oxidative Rearomatisierung liefert (3).

Die normalerweise gegenüber Oxidation anfällige Borhydrid-Funktion ist in den Produkten (3) unter den oxidativen Bedingungen überraschend stabil. Die Reaktion ist auf alle gängigen Stickstoff-Heteroaromaten anwendbar, und die borylierten Produkte (3) eignen sich für Suzuki-Miyaura- und Chan-Lam-Kreuzkupplungen sowie Oxygenierungen. *UJ Nature* 2021, 595, 677

6 Technetium im Röntgenstrahl | Röntgenabsorption (XANES/EXAFS) gehört zu den wenigen Methoden, mit denen sich Oxidationsstufen experimentell bestimmen lassen. Das gilt vor allem für Radionuklide, die nur in geringen Stoffmengen vorliegen. Dardenne und Coautor:innen haben erstmals die Röntgenabsorption an der L_3 -Absorptionskante von Technetium in wässriger Lösung gemessen. Weil dabei die 4d-Zustände beteiligt sind, lassen sich kombiniert mit Ab-initio-Rechnungen weitergehende Aussagen zur Speziation treffen als durch Messungen an der K-Absorptionskante. Dies ermöglicht künftig grundlegende Untersuchungen zur Koordinationschemie von Tc, was etwa für die Endlagerung radioaktiver Abfälle wichtig ist. *ES Inorg. Chem.* 2021,

doi: 10.1021/acs.inorgchem.1c01487

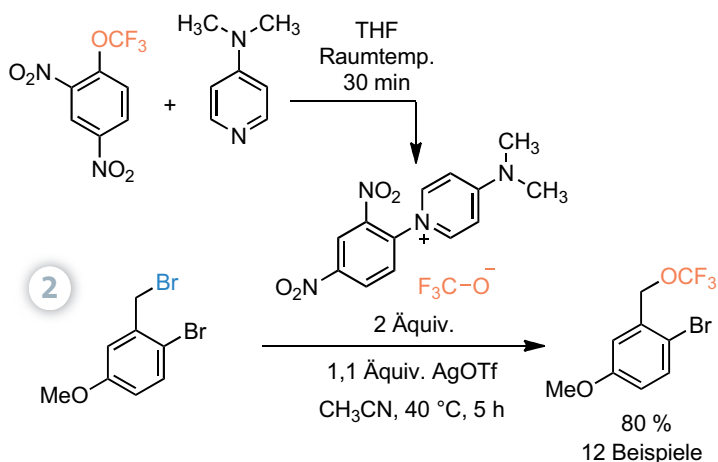
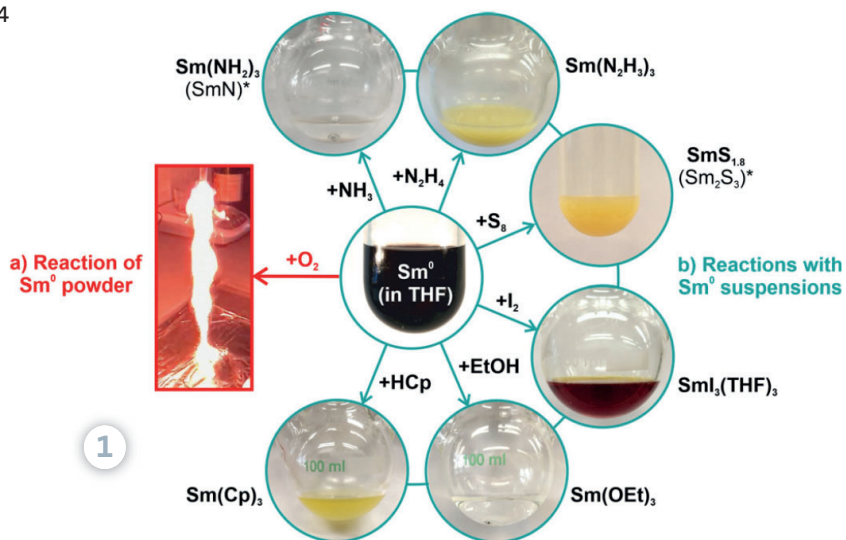
Cyaphid-Übertragung | Goicoecheas Gruppe hat ein Cyaphid-Übertragungsreagenz hergestellt. Reduktion von ${}^1\text{Pr}_3\text{SiOCP}$ mit Mg^1 -Diketiminat-Verbindungen $[(\text{BDI})\text{Mg}]_2$ liefert Komplexe des Typs $[(\text{BDI})\text{MgCP}(\text{L})]$ mit neutralen Donoren L. Die CP-Einheit ruft eine ${}^{31}\text{P}$ -NMR-Resonanz bei 177 ppm hervor und eine ${}^{13}\text{C}$ -NMR-Re-

sonanz bei 271 ppm. Die C-P-Bindungslänge von 1,553(2) Å impliziert eine Dreifachbindung zwischen den Elementen. Mit den Mg-CP-Komplexen lässt sich die CP-Einheit durch Grignard-artige Metathesen auf andere Moleküle übertragen. Dabei entstehen Verbindungen mit Ge-CP, Sn-CP, Au-CP und Co-CP als zentralem Motiv. *AH J. Am. Chem. Soc.* 2021, 143, 10367

Spiegelbild-DNA schreiben | Fan und Mitarbeiter haben erstmals eine korrekturlesende Polymerase, die DNA mit hoher Genauigkeit schreibt, in der Spiegelform konstruiert. Die Spiegelbild-Polymerase mit einem Molekulargewicht von 90 kDa haben sie in mehreren aus D-Aminosäuren bestehenden Fragmenten chemisch synthetisiert. Mit dem Enzym amplifizierten sie ein 1500 Basen langes Spiegelbild-Gen aus L-DNA.

Spiegelbild-DNA wird von natürlichen Enzymen nicht abgebaut und war daher in Teichwasser über ein Jahr stabil. Die Spiegelbild-Polymerase ist ein wichtiger Schritt zum Ziel, L-DNA als stabilen und platzsparenden Datenspeicher verfügbar zu machen. *HK*

Nat. Biotechnol. 2021, doi: 10.1038/s41587-021-00969-6



Hoch reaktiv und doch handhabbar |

Feldmanns Gruppe hat Partikel von 1 bis 3 nm Größe der Selten-Erd-Elemente mit einer engen Teilchengrößenverteilung hergestellt. Dazu reduzierten sie in THF die entsprechenden Metallhalogenide mit Lithium-Naphthalid unter Schutzgas. Die Methode ist bisher bekannten zur Herstellung von Metallpartikeln überlegen.

Die Nanopartikel sind in Suspension oder als Pulver unter Schutzgas beständig. Die Synthese führt zudem zu Partikeln, deren Oberfläche nicht durch Stabilisatoren wie Tensidmoleküle belegt sind. Damit eignen sie sich als Ausgangsstoffe für Synthesen, da fein verteilte Selten-Erd-Metalle außerordentlich reaktiv sind (im Bild exemplarisch an Sm gezeigt). *CH Angew. Chem. Int. Ed.* 2021, 60, 17373

2

Stabiles Trifluormethoxid | Trifluormethylether lassen sich durch nukleophile Substitution aus Alkylbromiden darstellen. Sanford und Mitarbeiter nutzen dafür ein Pyridiniumtrifluormethoxid, das sie aus 2,4-Dinitro(trifluormethoxy)benzol und 4-Dimethylaminopyridin erhalten. Als Feststoff ist das Salz bei $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ länger als einen Monat haltbar. In Lösung zersetzt es sich jedoch bei Raumtemperatur innerhalb von 48 h vollständig. Das Trifluormethoxidion zerfällt zu Difluorphosgen und nukleophilem Fluorid. Dennoch treten mit dem Reagenz nur Spuren der fluoridsubstituierten Nebenprodukte auf, vermutlich weil das Pyridiniumion das Fluorid abfängt. *CCT Org. Lett.* 2021, 23, 5138

Photooxidativer Abbau auf Wunsch |

Tang und Luo haben einen Kunststoff entwickelt, der sich im Tageslicht und an der Luft in etwa einer Woche abbaut. Das π -konjugierte Polymer (Mn = 650 kDa) entsteht durch topochemische Polymerisation aus Deca-4,6-Diynediosäure (DDA); das Abbauprodukt ist Bernsteinsäure, ein Ausgangsstoff für die Pharma- und Lebensmittelindustrie. Der Abbauprozess ist daran erkennbar, dass die rote Farbe der Polymerfolie im Sonnenlicht verblasst.

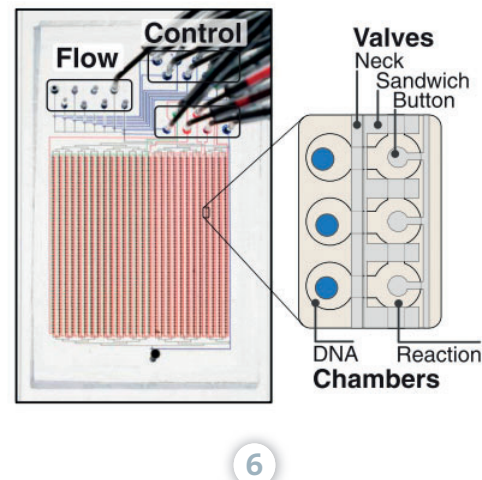
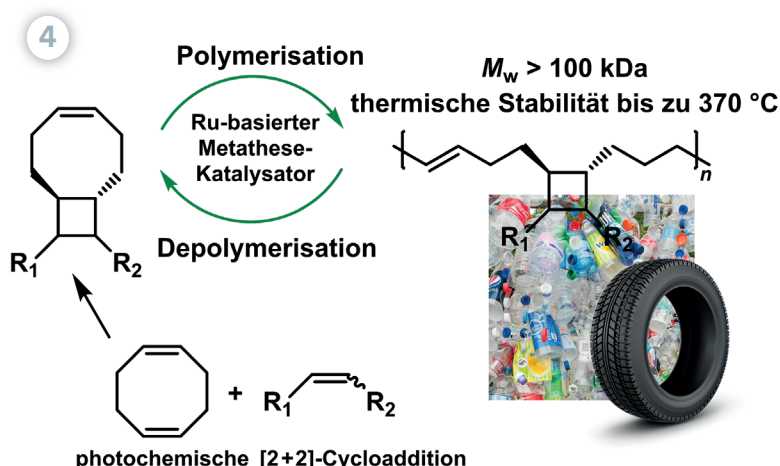
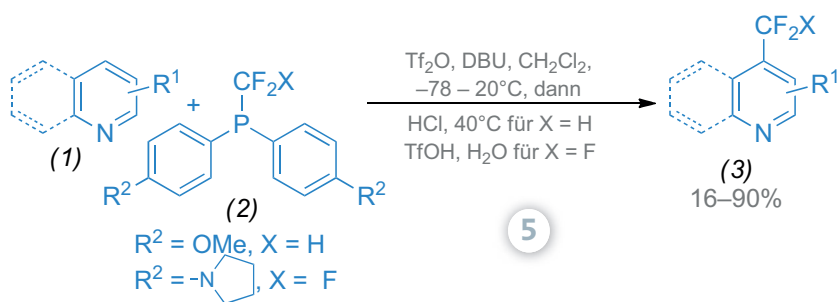
Das flexible und ökologisch abbaubare konjugierte Material könnte in der Elektronik eingesetzt werden, wo das Polymer mit Licht und Sauerstoff isoliert ist. Elektronische Geräte mit solchen Folien lassen sich am Ende ihrer Lebenszeit einfacher für das Recycling aufbereiten. *HM J. Am. Chem. Soc.* 2021, 143, 10054

3

In Dubnio pro reo | Chiera, Sato und Mitarbeiter haben bei Dubnium-Verbindungen bisher nur berechnete relativistische Effekte experimentell bestätigt. Dazu haben sie die Flüchtigkeiten der Oxidchloride MOCl_3 von Dubnium mit denen seiner leichteren Homologen Nb und Ta verglichen: DbOCl_3 ist weniger flüchtig und hat damit eine höhere Sublimationsenthalpie als NbOCl_3 und TaOCl_3 . Aufgrund relativis-

tischer Effekte ist die Differenz zwischen NbOCl_3 und TaOCl_3 jedoch größer als diejenige zwischen TaOCl_3 und DbOCl_3 . Letztergenannte ist innerhalb der Fehlergrenzen sogar zu vernachlässigen. Die Messergebnisse werden gestützt durch Rechnungen und durch Vergleiche mit analogen Verbindungen von Sg und Bh. *CH Angew. Chem. Int. Ed.* 2021, 60, 18015

Solvatisierte Elektronen in Wasser | Solvatisierte Elektronen entstehen nicht nur durch Lösen in flüssigem Ammoniak, sondern auch in Wasser. Dies hat die Gruppe um Jungwirth beobachtet. Hierzu pressen sie in einer Vakuumkammer mit genau einstellbarem Wasserpartialdruck Tropfen einer Natrium-Kalium-Legierung aus einer Kapillare. Während der Tropfenbildung kondensiert eine dünne Schicht Wasser auf der Metalloberfläche, und es bildet sich eine goldene Lösung. Deren Farbe wechselt einige Sekunden später ins Blauviolette, bis sich nach weniger als zehn Sekunden eine farblose Schicht aus Metallhydroxid bildet. Spektroskopische Untersuchungen bestätigen die solvatisierten Elektronen. *JH Nature* 2021, 595, 673



Der endlose Kreislauf von Zip-Unzip |

Wang und Kollegen zeigen einen neuen Weg zu recycelbaren Polyolefinen: Cycloocten reagiert photochemisch durch [2 + 2]-Cycloaddition mit Cyclobuten, was ein ringenthaltendes Monomer mit geringerer Ringbelastung liefert (zum Beispiel 4,9 statt 8,2 kcal·mol⁻¹ für das unsubstituierte Cycloocten). Die depolymerisierbaren Polymere ($M_n > 100 \text{ kDa}$, thermisch stabil bis 370°C) entstehen daraus durch Ru-katalysierte ringöffnende Metathesepolymerisation. Der Energieunterschied zwischen cyclischer und offener, also polymerisierter Form des Monomers diktiert die durch den Ru-Katalysator initiierte temperatur- und konzentrationsabhängige Rezyklierbarkeit des Polymers. In das Monomer mit fusioniertem Ring lassen sich Funktionalitäten für chemisch recycelbare Kunststoffe einbauen. *HM Nat. Chem.* 2021, doi: 10.1038/s41557-021-00748-5

Heteroaromatische Fluoralkylierung – spontan und mild |

Wie die Gruppen um Paton und McNally zeigen, lassen sich mit Di- und Trifluormethylphosphinen (2) Fluoromethylgruppen in Heteroaromaten (1) einführen. Dabei greift das Phosphin – nach Aktivierung des Heteroaromaten

durch Trifluormethansulfonsäureanhydrid – selektiv die 4-Position in Pyridinen, Pyridazinen, Pyrimidinen oder Chinolinen an. Nach Rearomatisierung und Addition von Wasser an das Phosphoniumion tritt eine 1,2-Verschiebung der Di- oder Trifluormethylgruppe vom Phosphorat zum heteroaromatischen Ring ein, und das entsprechende Diarylphosphinoxid wird eliminiert. Mit dieser Methode lassen sich Wirkstoffe, die oft heteroaromatische Gruppen tragen, direkt modifizieren. *IJ Nature* 2021, 594, 217

Enzymkinetik im Mikrochip | Die Gruppen von Fordyce und Herschlag haben eine mikrofluidische Plattform entwickelt, um die Kinetik von Enzymen im Hochdurchsatz zu charakterisieren. Die alkalische Phosphatase PafA wurde in mikrofluidischen Kammern auf einem Chip exprimiert, gereinigt und auf Aktivität getestet. Die Aktivität quantifizierten die Gruppen über fluorogene Substrate. Dabei bestimmten sie über 5000 kinetische und physikalische Konstanten von 1036 Mutanten des Enzyms, etwa k_{cat} - und K_M -Werte. Dadurch ließen sich funktionelle Netzwerke von Proteinresten identifizieren, die sich von der aktiven Tasche bis zur Oberfläche des Proteins erstrecken. *HK Science* 2021, 373, eabf8761

Die Literatur gesichtet und zusammengefasst haben dieses Mal:

Johanna Heine, Marburg
 Alexander Hinz, Karlsruhe
 Constantin Hoch, München
 Ullrich Jahn, Prag
 Hajo Kries, Jena
 Björn Meermann, Berlin
 Hatice Mutlu, Karlsruhe
 Erik Strub, Köln
 Carl Christoph Tzschucke, Berlin



Trendbericht

Lebensmittelchemie

Die Abbauewege von Glucosinolaten in Kohlgemüsen beeinflussen nicht nur deren sensorische Qualität, sondern auch die Effekte auf die menschliche Gesundheit. Hierbei ist die Zubereitungsweise der Gemüse entscheidend. Die Abbaumechanismen der Glucosinolate traten in den letzten Jahren verstärkt in den Fokus der Forschung.

Gemüse ist zentraler Bestandteil einer gesunden Ernährung,¹⁾ denn es verknüpft geringe Energiedichte mit hohem Nährstoffgehalt. Neben Vitaminen, Mineral- und Ballaststoffen enthalten Gemüse verschiedene Klassen an sekundären Pflanzenstoffen, die wesentlich zur Aufrechterhaltung der menschlichen Gesundheit beitragen.

Der charakteristische Geschmack und Geruch von Gemüsen aus der Pflanzenordnung Brassicales, zu denen Senf und Wasabi gehören, zudem Rucola, Radieschen, Kresse und Kohlsorten wie Brokkoli, Blumen-, Weiß-, Rot- oder Grünkohl, geht auf Glucosinolate zurück. Bisher sind rund 140 Glucosinolate identifiziert, die sich in der Struktur ihrer Seitenketten unterscheiden (Abbildung 1).²⁾

Die Pflanzen bilden diese sekundären Pflanzenstoffe vor allem, um Insekten und Pathogene abzuweh-

ren. Die Stoffe werden bei Zerstörung des Pflanzengewebes, etwa beim Kauen oder Zerschneiden, enzymatisch hydrolysiert. Dies setzt die für die Schärfe dieser Gemüse charakteristischen Isothiocyanate frei.²⁾ So geht die Schärfe von Wasabi (*Eutrema japonicum*) und Meerrettich (*Armoracia rusticana*) auf Allylisothiocyanat zurück; die sensorischen Eigenschaften von Kapuzinerkresse (*Tropaeolum majus*) basieren auf Benzylisothiocyanat.

Wie epidemiologische Studien zeigen, kann der Verzehr von Brassicales das Risiko mindern, an bestimmten Krebsarten wie Darm- oder Prostatakrebs zu erkranken. Dies wird auf die Glucosinolate und ihre Abbauprodukte zurückgeführt.³⁾ Dabei haben vor allem die Isothiocyanate schützende Eigenschaften: Sie wirken antimikrobiell, entzündungshemmend und chemopräventiv – unterdrücken also die Entwicklung invasiver Tumo-

re und anderen Krankheiten –, weswegen sie vor Krebs schützen sollen.^{4,5)} Die Zubereitung der Gemüse – ob im Haushalt, in der Gastronomie oder dem produzierenden Gewerbe – beeinflusst stark, in welchem Maß diese Verbindungen in Gemüseprodukten entstehen und konsumiert werden.

Enzymatischer Abbau von Glucosinolaten

Wird Pflanzengewebe der Brassicales zerstört, kommt das Abbauenzym Myrosinase mit Glucosinolaten in Kontakt, wobei Glucose und das korrespondierende Aglucon entstehen. Dieses Thiohydroximat-*O*-sulfonat ist instabil. Kürzlich wurde erstmals die Halbwertszeit solcher Aglucone gemessen: Sie liegt bei 22 °C je nach Seitenkettenstruktur zwischen <3 bis 150 Sekunden.⁶⁾

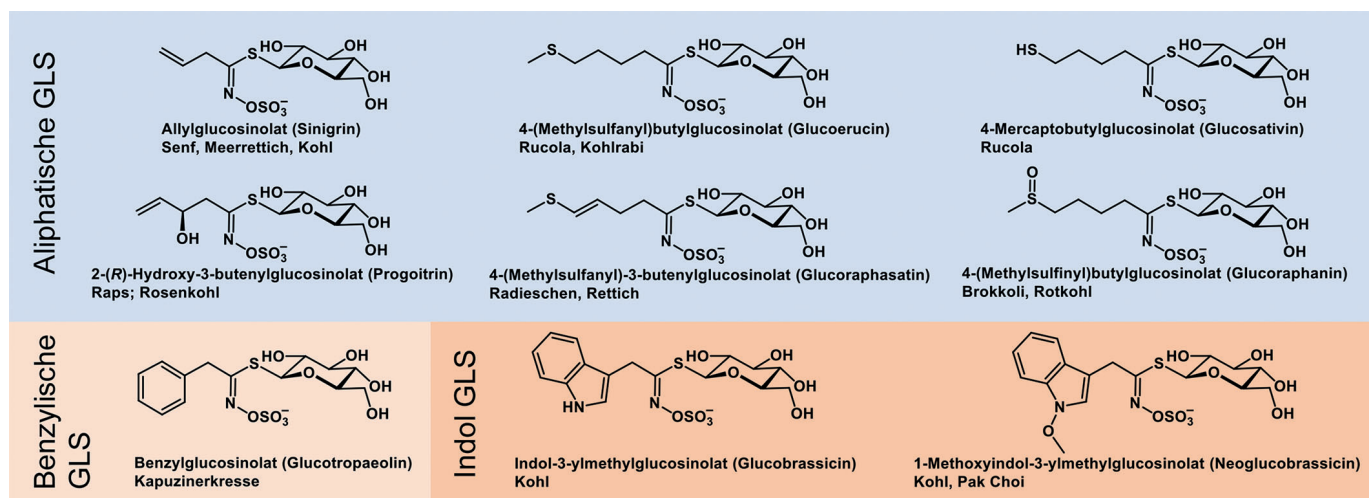


Abb. 1. Strukturen charakteristischer Glucosinolate von Brassicaceae-Gemüsen.

Während in Rettich oder Kapuzinerkresse aus diesem Aglucon durch eine Lossen-artige Umlagerung vor allem Isothiocyanate entstehen, ist der Abbau in Kohlgemüsen komplexer. Hier überwiegen anstelle der Isothiocyanate andere Verbindungen. So enthalten diese Pflanzen neben der Myrosinase weitere Enzyme, die den Abbau des Glucosinolat-Aglucos bestimmen. In der Modellpflanze *Arabidopsis thaliana* (Ackerschmalwand, Pflanzenfamilie Brassicaceae) regulieren abgesehen von der Myrosinase ein Epithiospecifier-Protein (ESP), fünf Nitrile-Specifier-Proteine (NSPs) sowie ein Epithiospecifier-Modifizier (ESM)-Protein den Glucosinolatabbau.⁷⁾ In Pflanzen der Gattung *Brassica* (ebenfalls Pflanzenfamilie Brassicaceae), zu denen Kohlgemüse wie Brokkoli oder Weißkohl zählen, wurde bisher nur ESP funktionell nachgewiesen. So entstehen aufgrund der ESP-Aktivität in diesen Gemüsen neben Isothiocyanaten oft vorrangig Nitrile und Epithionitrile.^{8,9)}

Für die Bildung von Epithionitrilen sind die endständige Doppelbindung in der Seitenkette des Glucosinolates sowie ESP essenziell (Abbildung 2, S. 68). In den letzten Jahren haben Biochemiker:innen die Struktur solcher Specifier-Proteine und die molekularen Mechanismen der Interaktion und Abbaureaktion des Glucosinolat-Aglucos detail-

liert untersucht.¹⁰⁻¹²⁾ So katalysiert ESP Fe²⁺-abhängig den intramolekularen Transfer vom Schwefel des Thiohydroximat-O-sulfonats (Glucosinolat-Aglucon) an die endständige Doppelbindung der Seitenkette und bildet so den Thiiranring des Epithionitrils.¹²⁾ In *Brassica-oleracea*-Sorten (Brokkoli, Kohlrabi, Weißkohl und anderen) kommen dabei drei ESP-Isoformen vor, die sich – abhängig vom pH-Wert – in ihrer organspezifischen Lokalisierung und ihrer Aktivität unterscheiden.¹³⁾

Einige der gebildeten Isothiocyanatstrukturen sind instabil oder so reaktiv, dass sie nach ihrer Bildung

rasch zerfallen oder cyclisieren. So entstehen weitere Verbindungsklassen als Hauptabbauprodukte der Glucosinolate (Abbildung 3, S. 68).²⁾ Die antinutritiven Eigenschaften einiger Brassicales-Pflanzen etwa, zu denen Schilddrüsen-beeinflussende (goitrogene) Effekte gehören, gehen auf derartige Reaktionen zurück: Thiocyanationen hemmen die Iodaufnahme und 1,3-Oxazolidin-2-thione wie Goitrin, ein Cyclisierungsprodukt des 2-(R)-Hydroxy-3-butenylisothiocyanats, die Schilddrüsenhormonsynthese.¹⁴⁾

Beim Verzehr von Brassicales-Gemüse werden Glucosinolate oft



DREI FRAGEN AN DIE AUTORIN: Franziska Hanschen

Welcher Trend ist in den letzten zwölf Monaten aufgekommen, den Sie so nicht erwartet haben?

Die massive Zunahme an Videokonferenzen, die mittlerweile wie selbstverständlich unseren Forschungsalltag dominieren. Es erstaunt mich immer wieder, wie sehr die Pandemie die Zusammenarbeit mit anderen Forschungsgruppen und Kolleg:innen transformiert hat.

Ihre Forschung in 140 Zeichen?

Regulierung von enzymatischem und nichtenzymatischem Abbau von Glucosinolaten, Analytik der Produkte sowie die Wirkung auf Menschen.

Was würden Sie gerne entdecken oder herausfinden?

Durch welche Faktoren sich Enzyme wie ESP in Gemüse runterregulieren lassen, damit mehr Isothiocyanat-Bildung möglich wird.

Franziska S. Hanschen, Jahrgang 1985, ist Forschungsgruppenleiterin am Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) in Großbeeren. Nach ihrem Lebensmittelchemiestudium und der Promotion an der Technischen Universität Berlin forscht sie seit 2012 am IGZ. Im Jahr 2020 habilitierte sie sich in der Lebensmittelchemie der Universität Hamburg und erhielt den Werner-Baltes-Preis des Jungen Wissenschaftlers der Lebensmittelchemischen Gesellschaft.

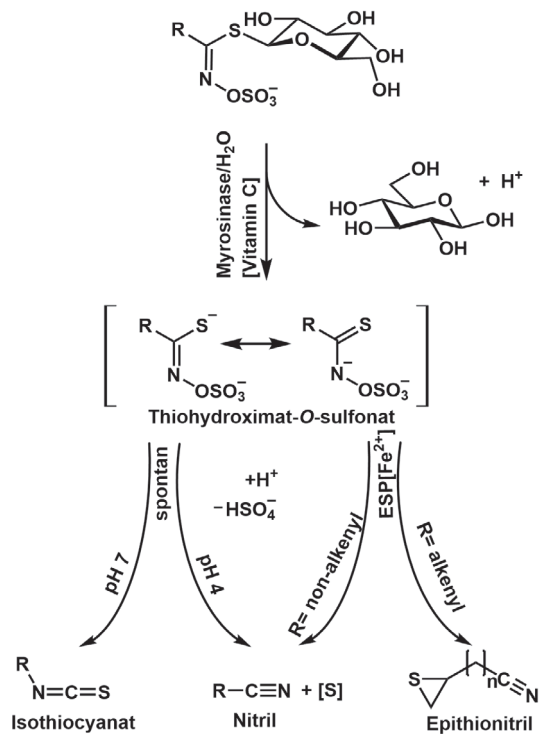


Abb. 2. Enzymatische Abbauegung von Glucosinolen in Kohl-Gemüsen. ESP: Epithiospecifizierprotein.

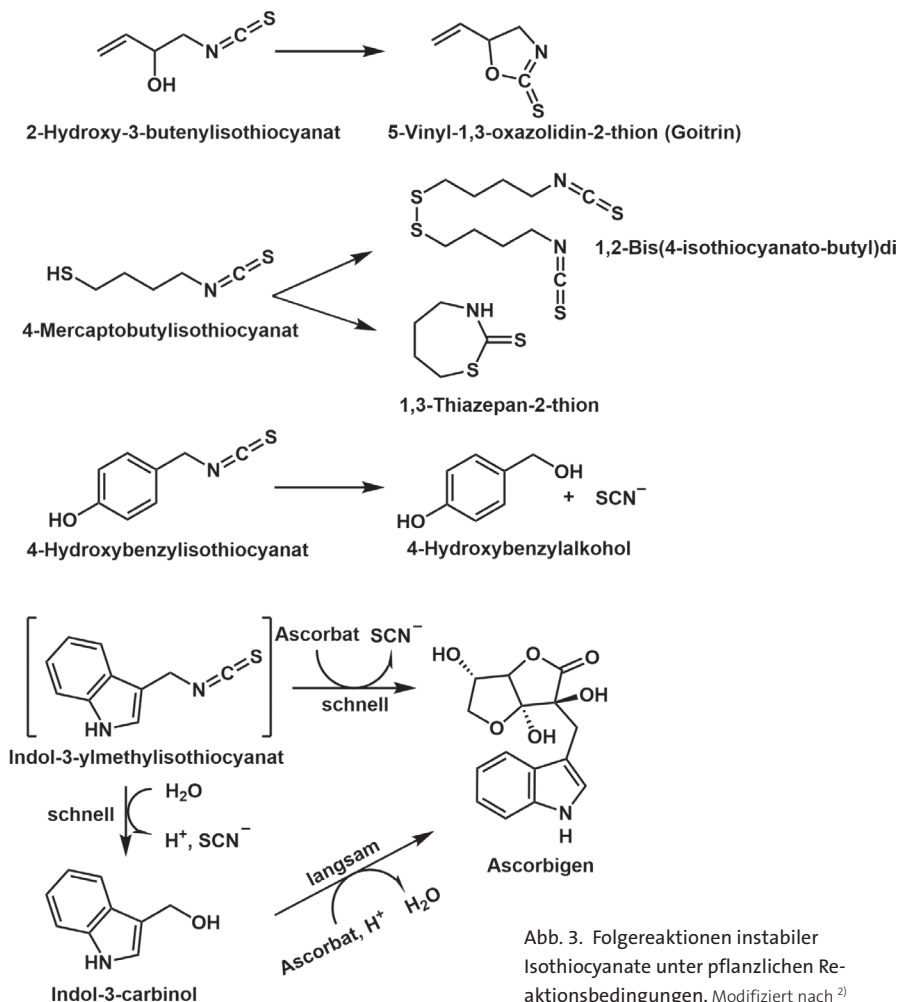


Abb. 3. Folgereaktionen instabiler Isothiocyanate unter pflanzlichen Reaktionsbedingungen. Modifiziert nach ²⁾

nicht komplett enzymatisch hydrolysiert und deshalb intakt aufgenommen. Diese Glucosinolate baut dann die menschliche Darmmikrobiota ab, da einige der Darmbakterienstämme über bakterielle Myrosinasen verfügen. Beim verbreiteten Darmbakterium *Bacteroides thetaiotaomicron* erwies sich vor Kurzem die Funktionseinheit der DNA (Operon) BT2159-BT2156 als entscheidend für seinen Glucosinolat-Metabolismus zu Isothiocyanaten.¹⁵⁾ Dabei werden abhängig von der individuellen Zusammensetzung der Darmmikrobiota nur etwa 2 bis 15 Prozent der intakt aufgenommenen Glucosinolate mikrobiell zu Isothiocyanaten abgebaut, wie kürzlich eine Interventionsstudie an Menschen zeigte, die einmalig Brokkolisuppe verzehrt hatten.¹⁶⁾ Somit hat der primäre enzy-

matische Abbau in der Pflanze eine Schlüsselrolle für die Bildung von Isothiocyanaten. Sowohl das Glucosinolatprofil als auch die Anwesenheit von Specifier-Proteinen wie ESP entscheiden letztlich darüber, ob dabei protektiv wirkende Glucosinolatabbauprodukte entstehen.

Lebensmittelzubereitung, Glucosinolate und Abbauprodukte

Die Zubereitungsweise der Gemüse beeinflusst, wie viel Glucosinolate und daraus entstandene Produkte erhalten bleiben. So fördert etwa Essigsäure im Salatdressing die Bildung von Isothiocyanaten,¹⁷⁾ da die Aktivität von ESPs im Säuren abnimmt¹³⁾ und Isothiocyanate chemisch stabiler werden.³⁾ So verdoppelte zugefügter Branntweinessig den Isothiocyanatgehalt von Rotkrautsalat (von 0,09 µmol auf 0,21 µmol Gesamti Isothiocyanate pro Gramm Frischgewicht), während Zitronensaft weniger effektiv war, da dieser weniger Säure enthielt. Durch die Säurezugabe entstanden weniger Nitrile und Epithionitrile.¹⁷⁾

Da Isothiocyanate elektrophil sind, können sie mit nukleophilen Bestandteilen und Inhaltsstoffen der Lebensmittel Addukte bilden. So reagieren Isothiocyanate (in abnehmender Reihenfolge) mit Nukleophilen wie Thiol-, Amino- oder Hydroxylgruppen (Abbildung 4), wobei die Reaktivität der nukleophilen Gruppen gegenüber Isothiocyanaten mit steigendem pH-Wert zunimmt.³⁾ In Lebensmitteln können Isothiocyanate auch bei Raumtemperatur mit Proteinen reagieren: So findet man mit LC-MS nach der Inkubation frisch homogener Kapuzinerkressesprossen mit Quark oder Milch und Proteinverdau entsprechende Lysin- und Cysteinaddukte. Bis zu 28 Prozent des Benzylglucosinolats der Kapuzinerkresse waren nach Homogenisierung und Inkubation mit Milch an Milchproteine gebunden.¹⁸⁾ Wie anhand von inkubierten Proteinen

in Modellversuchen gezeigt wurde, verändern derartige Proteinmodifikationen die Löslichkeit der Proteine sowie ihre technofunktionellen Eigenschaften – also etwa das Verhalten bei Hitzeaggregation sowie schaumbildende und emulgierende Eigenschaften –, und ihre biologische Wertigkeit kann folglich abnehmen, etwa wenn die Lysinseitenketten von Proteinen mit Isothiocyanaten derivatisiert werden – die Proteine werden dann schlechter verdaut und biologisch schlechter verwertbar.³⁾ Inwiefern sich diese Modifikationen auf die Proteinqualität und lebensmitteltechnologischen Eigenschaften von isothiocyanat- und proteinreichen Lebensmitteln auswirken, also etwa auf das Backverhalten eines isothiocyanatangereicherten Brots oder auf die Konsistenz eines Kressequarks, bedarf weiterer Untersuchung.

Thermische Verarbeitung und Folgereaktionen

Viele Brassicales-Gemüse werden nicht roh verzehrt, sondern gekocht oder anderweitig erhitzt. Diese Prozesse beeinflussen die Glucosinolate und deren Abbauprodukte: Mit steigender Temperatur wird zunächst das ESP inaktiviert. Wie etwa eine Studie mit Kohlrabi, Weiß- und Rotkohl zeigt, reduziert Erhitzen auf maximal 60 °C die Bildung von Epithionitrilen und steigert die Isothiocyanatfreisetzung, da die Myrosinase stabiler und somit nicht vollständig inaktiviert ist.¹⁹⁾ Zudem wird das Zellgewebe beschädigt, sodass schon nach kurzem Erhitzen im wässrigen Medium Glucosinolate und ihre Abbauprodukte ins Kochwasser auslaugen.¹⁹⁾ Aufgrund der guten Wasserlöslichkeit von Glucosinolaten können so bei einer Pflanze-in-Wasser-Konzentration von 300 g · L⁻¹ schon nach zehn Minuten Kochzeit 32 bis 68 Prozent der Glucosinolate ins Kochwasser übergehen.²⁰⁾

Temperaturen um 80 °C inaktivieren auch die Myrosinase, und der

enzymatische Abbau der Glucosinolate stoppt.¹⁹⁾ Die Glucosinolate werden dann auf nicht-enzymatischem Wege abgebaut, wodurch Gemüse und Kochwasser vor allem Nitrile enthalten.¹⁹⁾ Abhängig von ihrer Struktur unterscheiden sich dabei sowohl die Auslaugungs- als auch die Abbauprodukte der Glucosinolate.¹⁹⁾ In länger gekochten Gemüsen (ab zirka 10 Minuten) sind intakte Glucosinolate sowie Nitrile als deren thermische Abbauprodukte vorhanden, jedoch kaum Epithionitrile oder Isothiocyanate (Abbildung 5).^{17,19)}

Modellversuche wiesen auch Desulfoglucosinolate, Glucose und Thioglucose als thermische Glucosi-

nolatabbauprodukte nach.³⁾ Außer Nitrilen und Isothiocyanaten bilden sich aus Glucosinolaten bei Erhitzen in Wasser weitere aromarelevante Substanzen: Aus Allylglucosinolat (Sinigrin) entstehen bei 30-minütigem Erhitzen auf 140 °C abhängig vom pH-Wert 29, 23 und 11 Aromastoffe (pH 5, 7 beziehungsweise 9). Diese wurden nach Hochvakuumdestillation mit Solvent-Assisted-Flavor-Evaporation (SAFE)-Technik und GC-Olfaktometrie-FID sowie hochauflösender GC-MS detektiert, charakterisiert und identifiziert.²¹⁾ Die Aromaeindrücke dieser Substanzen reichen von knoblauch- und zwiebelartigen Noten über popcorn- und schweißartige

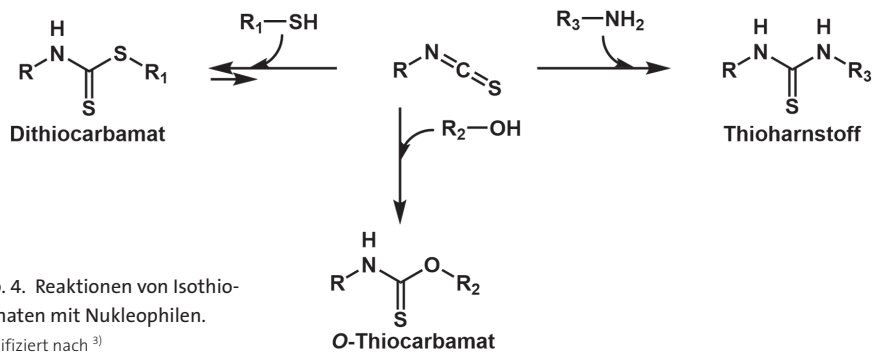


Abb. 4. Reaktionen von Isothiocyanaten mit Nucleophilen. Modifiziert nach ³⁾

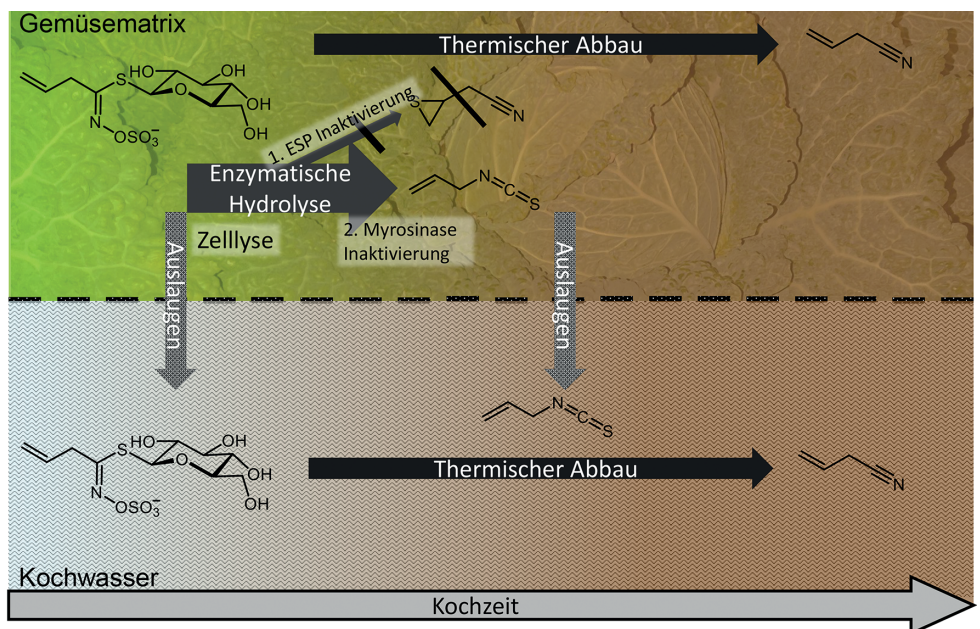
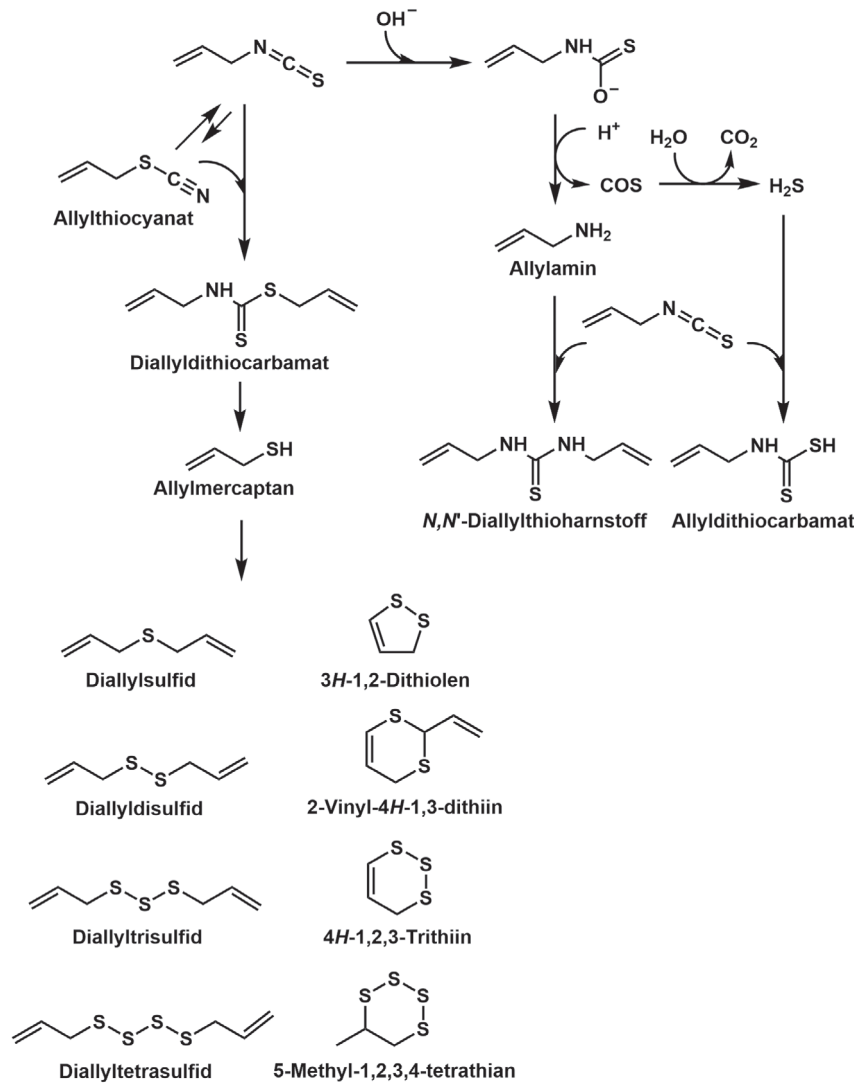
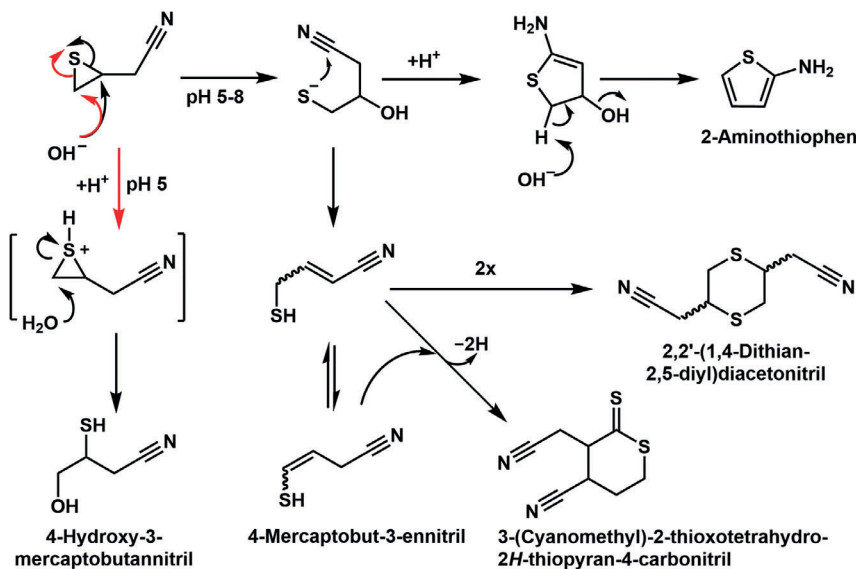


Abb. 5. Allylglucosinolat beim Kochen von Brassicaceae-Gemüse. Modifiziert nach ¹⁹⁾

Abb. 6. Abbau von Allylisothiocyanat beim Kochen. Modifiziert nach ³⁾Abb. 7. Thermischer Abbau des Epithionitrils 1-Cyano-2,3-epithiopropan. Modifiziert nach ²⁴⁾

bis hin zu erdigen oder karamellartigen Noten.²¹⁾

Nicht nur Glucosinolate, sondern auch die womöglich zuvor durch enzymatische Reaktionen entstandenen Isothiocyanate und Epithionitrile werden durch hohe Temperaturen weiter abgebaut. Auch in schwach saurem Milieu sind Isothiocyanate bei hohen Temperaturen labil und werden in Wasser hydrolysiert. Dadurch entstehen Amine, die wiederum mit Isothiocyanaten Thioharnstoffe bilden.³⁾ So sind nach einer Stunde bei pH 5,3 und 100°C bereits 57 Prozent an Allylisothiocyanat abgebaut.³⁾ Nach einer Stunde Kochen von Allylisothiocyanat bei pH 7 entstanden zudem weitere flüchtige Abbauprodukte wie Diallyl-, Diallyldi-, Diallyltri- und Diallyltetrasulfid sowie cyclische Verbindungen wie 3H-1,2-Dithiolen, 2-Vinyl-4H-1,3-dithiin, 4H-1,2,3-Trithiin und 5-Methyl-1,2,3,4-tetrathian (Abbildung 6).²²⁾ Andere Isothiocyanate folgen je nach Struktur anderen Reaktionswegen.³⁾ Vermutlich tragen auch diese Folgereaktionen zum Koch- oder Brataroma von Brassicaceae-Gemüsen bei; dies sollte weiter untersucht werden.

Die Epithionitrile sind ebenfalls reaktiv. Wie ihre Sauerstoffanaloge, die Epoxide, neigen sie zur Polymerisation.²³⁾ Kürzlich wurden die Stabilitäten von drei in Brassicaceae häufig enthaltenen Epithionitrilen untersucht.²⁴⁾ Insbesondere 1-Cyano-2,3-epithiopropan, das aus Allylglucosinolat entsteht und eines der häufigsten Glucosinolatbauprodukte in Weißkohl darstellt, ist reaktiv und thermisch labil. Schon bei Raumtemperatur reagiert es mit Thiolen wie Glutathion. Beim Kochen wird es rasch abgebaut; seine Halbwertszeit in wässrigem Milieu bei pH 7 beträgt sechs Minuten. 2-Aminothiophen und 1,4-Dithian-2,5-diacetonitril sind Hauptbauprodukte dieses Moleküls (Abbildung 7). Ebenso entsteht 2-Aminothiophen beim Kochen von Weißkohlsprossen. Die höheren homologen Epithionitrile dage-

gen sind stabiler, hier sind die entsprechenden Alkenylnitrile, ein Epithioamid sowie Hydroxymercaptoalkylnitrile die Produkte.²⁴⁾ ■

- 1) Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. (DGE), 2021, [dge.de/ernaehrungspraxis/vollwertige-ernaehrung/5-am-tag/?L=0](https://www.dge.de/ernaehrungspraxis/vollwertige-ernaehrung/5-am-tag/?L=0).
- 2) I. Blažević, S. Montaut, F. Burčul et al.; *Phytochemistry* 2020, 169, 112100
- 3) F. S. Hanschen, E. Lamy, M. Schreiner, S. Rohn, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2014, 53, 11430–11450
- 4) D. L. Palliyaguru, J. M. Yuan, T. W. Kensler, J. W. Fahey, *Mol. Nutr. Food Res.* 2018, 62, 1700965
- 5) T. Latronico, M. Larocca, S. Milella, A. Fasano, R. Rossano, G. M. Liuzzi, *Inflammopharmacology* 2021, 29, 561–571
- 6) L. E. Mocniak, K. Elkin, J. M. Bollinger, *Biochemistry* 2020, 59, 2432–2441
- 7) U. Wittstock, E. Kurzbach, A. M. Herfurth, E. J. Stauber in *Advances in Botanical Research*; S. Kopriva, (Hrsg.), Academic Press, 2016, 125–169
- 8) N. V. Matusheski, R. Swarup, J. A. Juvik, R. Mithen, M. Bennett, E. H. Jeffery, *J. Agric. Food Chem.* 2006, 54, 2069–2076
- 9) K. H. Kyung, H. P. Fleming, C. T. Young, C. A. Haney, *J. Food Sci.* 1995, 60, 157–159
- 10) W. Zhang, W. Wang, Z. Liu, Y. Xie, H. Wang, Y. Mu, Y. Huang, Y. Feng, *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 2016, 478, 746–751
- 11) A. Backenköhler, D. Eisenschmidt, N. Schneegans, M. Strieker, W. Brandt, U. Wittstock, *PLOS ONE* 2018, 13, e0205755
- 12) D. Eisenschmidt-Bönn, N. Schneegans, A. Backenköhler, U. Wittstock, W. Brandt, *Plant J.* 2019, 99, 329–343
- 13) K. Witzel, M. Abu Risha, P. Albers, F. Börnke, F. S. Hanschen, *Front. Plant Sci.* 2019, 10, 1552
- 14) P. Felker, R. Bunch, A. M. Leung, *Nutr. Rev.* 2016, 74, 248–258
- 15) C. S. Liou, S. J. Sirk, C. A. C. Diaz et al., *Cell* 2020, 180, 717–728.e19
- 16) T. Sivapalan, A. Melchini, S. Saha, et al., *Mol. Nutr. Food Res.* 2018, 62, 1700911
- 17) F. S. Hanschen, *Food Chem.* 2020, 321, 126694
- 18) C. Kühn, T. von Oesen, F. S. Hanschen, S. Rohn, *Food Res. Int.* 2018, 108, 621–627
- 19) F. S. Hanschen, C. Kühn, M. Nickel, S. Rohn, M. Dekker, *Food Chem.* 2018, 263, 240–250
- 20) J. Volden, G. I. A. Borge, M. Hansen, T. Wicklund, G. B. Bengtsson, *LWT – Food Science and Technology* 2009, 42, 63–73
- 21) E. Ortner, M. Granvogl, *J. Agric. Food Chem.* 2017, 66, 2485–2490
- 22) C.-W. Chen, C.-T. Ho, *J. Agric. Food Chem.* 1998, 46, 220–223
- 23) J. Lüthy, M. Benn in *Natural Sulfur Compounds*; D. Cavallini, G. Gaull, V. Zappia, (Hrsg.), Springer USA, 1980, 381–389
- 24) F. S. Hanschen, M. Kaufmann, F. Kupke, T. Hackl, L. W. Kroh, S. Rohn, M. Schreiner, *Food Chem.* 2018, 245, 564–569

Aus den Biowissenschaften

Künstliches Licht beeinflusst Pflanzenbestäubung auch am Tag

Nach Ergebnissen von Züricher Forschenden verändert künstliches Licht in der Nacht je nach Pflanzenart, wie viele Pflanzen-Bestäuber-Interaktionen es tagsüber gibt. Diese können steigen wie sinken. Auch die Aktivität der nachtaktiven Bestäuber ändert sich, wenn sie Licht tanken: Zweiflügler meiden das Licht eher, Käfer werden davon angezogen.

Das Team weist darauf hin, wie wichtig es für das ökologische Gleichgewicht ist, Lichtverschmutzung zu minimieren.

Nat. Commun. 2021, doi: 10.1038/s41467-021-22011-8

Mg hält tRNA in Form

Wie ein Team des Max-Born-Instituts nun erstmals zeigt, sind Kontaktpaare von Magnesiumionen und Phosphatgruppen für die Struktur von Transfer-RNA (tRNA) verantwortlich. Zur Untersuchung kombinierten die Forschenden Schwingungsspektroskopie mit zweidimensionaler IR-Spektroskopie, wobei ein Mg-Ion in direkter Nachbarschaft einer Phosphatgruppe die Schwingungsfrequenz erhöht.

Nach ihren Ergebnissen bildet eine tRNA-Struktur bis zu sechs Kontaktpaare aus, die die elektrostatische Energie senken und so die Tertiärstruktur stabilisieren.

J. Phys. Chem. B 2021, 125(3), 740

Spermidin: möglicher Jungbrunnen

Spermidin kommt natürlicherweise in jeder Zelle vor; seine Konzentration sinkt mit zunehmendem Alter. Studien an Mäusen zufolge führt eine gesteigerte Spermidinzufuhr zu weniger Nieren- und Leberschäden sowie zu einer besseren Glukoseversorgung im Gehirn. Zudem verloren die spermidinsupplementierten Mäuse weniger Haare als die Vergleichsgruppe. Spermidin wirkt überdies herzschtzend, da es den Abbau der Telomere verlangsamt.

Ob diese Ergebnisse auf Menschen übertragbar sind, bleibt zu untersuchen. Spermidin kommt vor allem in Weizenkeimen, Käse, Sojaprodukten und Hülsenfrüchten vor. In unseren Zellen aktiviert die Substanz die Autophagie.

GeroScience 2021, doi: 10.1007/s11357-020-00310-0

Malaria mit Magneten nachweisen

Eine neue Analytik nutzt Blut, ein Magnetfeld und Licht, um eine Malariainfektion nachzuweisen. Plasmodien, die Malariaerreger, ernähren sich von Blut, bilden aber aus dem Hämoglobin für sie schädliche Abfallstoffe. Um diese unschädlich zu machen, wandelt der Einzeller sie in Hämozoine um. Diese nadelförmigen Kristallite sind im Gegensatz zu Hämoglobin magnetisch. In einem Magnetfeld ordnen sich die normalerweise unterschiedlich ausgerichteten Nadeln und ändern so die Polarisation eines Laserstrahls, der durch die Probe geschickt wird.

Die neue Methode erkennt 82 Prozent aller Malariainfektionen und ist anders als der Goldstandard Lichtmikroskopie auch von Laien durchführbar.

Nat. Commun. 2021, 12, 969

Eliza Leusmann

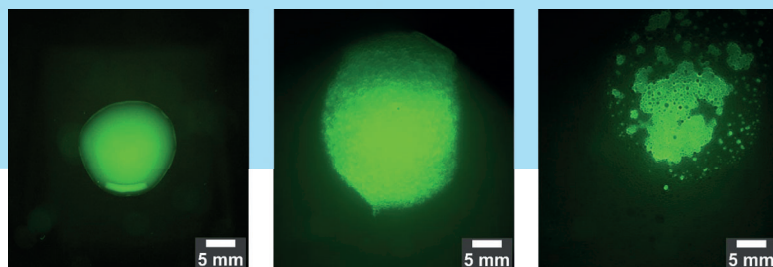


Abb. 1. Reinigungstest: vor dem Auftragen des Reinigungsschaums auf die Modellverschmutzung (links), nach Auftragen des Schaums (Mitte) und nach der Einwirkzeit, vor Entfernen des Schaums.⁴⁾



Tenside

Schaum in Aktion

Historische Kulturgüter wie alte Kutschen lassen sich nun ohne Putzhilfen wie Wattestäbchen reinigen. Feinste Bläschen saugen Schmutz auf und wischen über Oberflächen.

Kunst ist der beste Weg, die Kultur der Welt zu begreifen,“ sagte Pablo Picasso (1881–1973). Die Oberflächen von Kunst- und Kulturgütern sind die Gesichter der Kunstwerke. Sie spiegeln unsere Geschichte wider, sind ein wichtiger Bestandteil unserer Identität und müssen erhalten werden.

Zentimeter für Zentimeter

Die Oberflächen historischer Kunst- und Kulturobjekte sind über Jahre hinweg Umwelteinflüssen ausgesetzt. Verschmutzungen beeinträchtigen nicht nur die Optik, sondern greifen auch die Materialien an. Es ist schwierig, solche Objekte zu säubern: Jede Oberfläche erfordert eine spezifisch zugeschnittene Reinigungsmethode, um etwa mineralische Verschmutzungen, Ruß, Gummireste, Pestizide, Fette, Salze oder Fasern zu entfernen, ohne das Kunstwerk zu beschädigen.

Diese Arbeit ist derzeit mühsam und zeitaufwendig. Denn die Restauratoren können immer nur wenige Quadratzentimeter mit Wattestäbchen, Lösungsmitteln, Gelen oder Kompressen bearbeiten. Schwer zugängliche Oberflächen und -strukturen lassen sich so oft nur bedingt reinigen.

Um die Oberflächen nicht zu beschädigen, ist in jedem Fall auf mechanisches Reinigen und aggressive Chemikalien zu verzichten, etwa auf Aliphate wie Hexan oder Siedegrenzbenzin, Alkohole wie Methoxypropanol, Ketone wie Methyl-ethylketon oder Verdickungsmittel. Im Marstallmuseum in Schloss Nymphenburg befinden sich derzeit 40 historische Fahrzeuge der Könige und Kaiser vergangener Zeiten, die zu säubern sind. Diese historischen Fahrzeuge so zu bearbeiten wie beschrieben würde allerdings mehrere Jahre dauern.

Schaum als Alternative

Auf der Suche nach einer Alternative zu den bewährten Reinigungsmethoden testeten Restauratoren der bayrischen Schlösserverwaltung Schäume und erzielten erstaunliche

Diesen Beitrag verfassten Tamara Schad (oben), Cosima Stubenrauch (unten), Natalie Preisig, Wiebke Drenckhan, Heinrich Piening und Dirk Blunk. Stubenrauch ist seit 2009 Professorin am Institut für Physikalische Chemie der Universität Stuttgart, wo auch Preisig arbeitet. Schad promovierte seit Oktober 2018 in Stubenrauchs Arbeitsgruppe. Drenckhan ist Forschungsdirektorin der CNRS am Institut Charles Sadron in Straßburg. Piening leitet seit 1995 die Holzrestaurierung und das Labor für Archäometrie der Bayerischen Schlösserverwaltung, München. Blunk ist seit 2000 Forschungsgruppenleiter im Institut für Organische Chemie der Universität Köln.



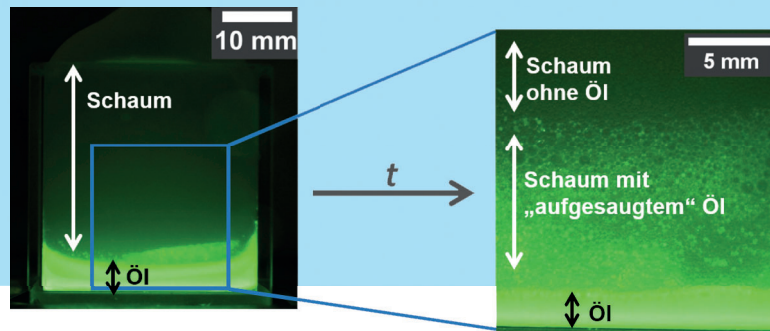


Abb. 2. Um die Saugwirkung des Schaums zu beobachten, wird er auf fluoreszierendes Öl aufgetragen (links) und beobachtet. Mit der Zeit wird das Öl in die Plateau-Borders des Schaums gesaugt (rechts).

Ergebnisse. Erstaunlich deshalb, weil Schäumen im Allgemeinen keine Reinigungswirkung zugesprochen wird.¹⁾ Es gibt zwar auf Schaum basierende Reinigungsmittel, etwa Teppichreiniger. Allerdings ist hierbei der Schaum nur die Applikationsform, er muss noch mechanisch in das zu reinigende Objekt eingearbeitet werden.

Wie Forschungsergebnisse nun zeigen, reinigen geschäumte Reinigungsmittel wesentlich besser als ungeschäumte.^{1,2)} Flüssige Schäume haben daher Potenzial, die Reinigung historischer Objekte zu bewältigen.

Schäume reduzieren nicht nur die nötige Menge an Reinigungsmitteln um bis zu 90 Prozent, sondern erleichtern auch, schwer zugängliche Flächen zu säubern. Zu Beginn des Projekts stellten sich daher zwei Fragen: Warum reinigt das geschäumte Reinigungsmittel besser als das ungeschäumte? Und: Welche Eigenschaften muss ein Schaum haben, um effizient zu reinigen? Um diese Frage zu beantworten, wurden Reinigungstests auf Glasplatten mit Modellverschmutzungen durchgeführt, etwa aus gefärbtem Sonnenblumenöl oder Ruß.

Doppelspritzentechnik und Tests

Der Reinigungsschaum wird mit der von Gaillard und Team publizierten Doppelspritzentechnik hergestellt.³⁾ Diese Methode liefert Schäume mit einer Blasengröße zwischen 10 und 20 μm ³⁾ und defi-

niertem Flüssigkeitsgehalt. Der Schaum wird mit einem bioverträglichen Zuckertensid stabilisiert, um umwelt- und objektschonendes Reinigen zu gewährleisten.

Für die Reinigungstests wurde der Reinigungsschaum auf eine mit gefärbtem, fluoreszierendem Sonnenblumenöl beschichtete Glasplatte aufgetragen. Der Reinigungsprozess lässt sich dadurch von der Unterseite der Glasplatte aus beobachten (Abbildung 1).⁴⁾

Wie Schaum reinigt

Den Ergebnissen der Reinigungstests zufolge sind bei der Reinigung mit Schaum mehrere physikalische Mechanismen am Werk. Es ist bereits bekannt, dass Schäume ähnlich wie Schwämme Schmutz von Oberflächen wegsaugen (Abbildung 2).^{5,6)}

Dieser Mechanismus ist effizienter, wenn die Schaumblasen zusätz-

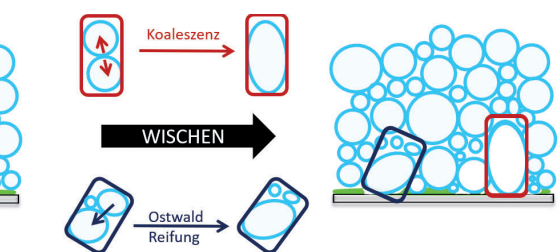


Abb. 3. Wischaktivität der Schaumblasen auf einer Glasplatte mit gefärbtem Öl (grün). Sie resultiert aus Ostwald-Reifung (Vergrößern und Verkleinern der Schaumblasen), Koaleszenz (Platzen der Schaumblasen) und dem anschließenden Neuordnen der Schaumblasen.

lich auf den Oberflächen wischen.⁴⁾

Die Mechanik des Wischens ähnelt dem Abwischen eines Tisches. Im Schaum ruft die inhärente Instabilität das Wischen hervor. Diese Instabilität beruht auf den Zerfallsprozessen Koaleszenz und Ostwald-Reifung, durch die sich die Schaumblasen kontinuierlich verändern (Abbildung 3). Die Koaleszenz, also das Platzen der Blasen im Schaum, ist sogar zu hören.⁴⁾

Die Reinigung optimieren

Der Reinigungsprozess lässt sich durch Schäume mit der „richtigen Instabilität“ optimieren: Die Schäume müssen stabil genug sein, um den Schwamm-Effekt auszuüben, müssen aber gleichzeitig instabil genug sein, um optimales Wischen zu gewährleisten.⁴⁾ Diese beiden Effekte wirken zusammen so stark, dass es reicht, den Schaum für eine gewisse Zeit auf der Oberfläche zu



Abb. 4. Historischer geschnitzter und vergoldeter Delfin am Krönungswagen von Kaiser Karl VII. vor der Reinigung (oben links), während der Reinigung mit Schaum (oben rechts) und nach der Reinigung. Foto: Tamara Schad, Bayrische Schlösserverwaltung

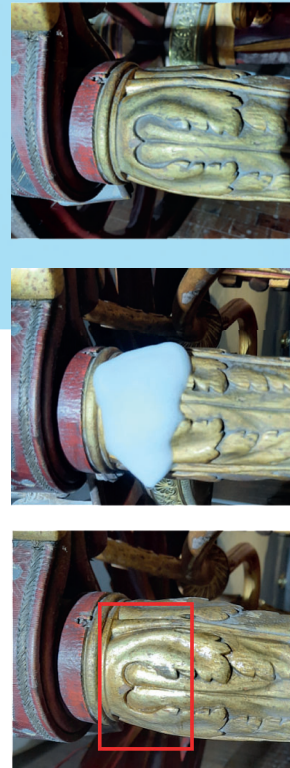


Abb. 5. Senkrechte Stelle am Wagscheid (Holz geschnitzt, vergoldet) des 1. Krönungswagens von König Max I. Joseph von Bayern aus dem Jahr 1813 vor der Reinigung (oben links), während der Reinigung mit Schaum (oben rechts) und nach der Reinigung. Foto: Tamara Schad, Bayrische Schlösserverwaltung

lassen, um sie zu reinigen. Dann wird er abgesaugt oder abgeblasen, also ohne weitere Oberflächenbelastung durch mechanische Aktion entfernt.

Das grundlegende Prinzip wurde zuerst an Modelloberflächen erforscht.⁴⁾ Kürzlich haben die Restauratoren in Schloss Nymphenburg das Konzept erstmals an den historischen Originaloberflächen der historischen Fahrzeuge im Marstall getestet. Ein aus Holz geschnitzter, vergoldeter Delfin am Krönungswagen Kaiser Karl VII. (gebaut 1721) erstrahlt dank Schaum nun im alten Glanz (Abbildung 4).

Ob sich der Schaum auch zur Reinigung senkrechter Oberflächen eignet, wurde am Wagscheid (Holz geschnitzt, vergoldet) am 1. Krönungswagen von König Max I. Joseph von Bayern aus dem Jahr 1813 untersucht (Abbildung 5). Der Schaum bleibt nicht nur während der kompletten Einwirkzeit von ein bis fünf Minuten auf dem Objekt, sondern säubert auch wie erhofft. Der Schaum reinigt zudem nicht nur glatte, sondern auch raue, nicht saugende und schwer zugängliche Oberflächen.

Andere Materialien

Im nächsten Schritt soll getestet werden, ob Schaum auch historische Oberflächen reinigt, die nicht aus vergoldetem Holz bestehen. Zusätzlich soll der Reinigungsschaum optimiert werden, und zwar hinsichtlich Blasengröße, Ostwald-Reifung und Koaleszenz. Dabei sollte der Wassergehalt möglichst gering sein, um die Oberfläche nicht durch das herauslaufende Reinigungsmittel zu beschädigen. Zudem soll das Reinigungs-

mittel nicht in die Oberfläche eindringen, da dies den Feinschmutz tiefer in das Objekt einbringen würde. Anschließend soll der Schaum in einem Maßstab produziert werden, der zulässt, auch größere Objekte zu reinigen – bisher lassen sich nur zirka 60 mL des Schaums auf einmal herstellen. ■

Das Projekt wird finanziert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) und der Université de Strasbourg, Institut d'Études Avancées (USIAS), Frankreich.

- 1) S. Jones, E. Rio, C. Cazeneuve et al., L. Nicolas-Morgantini, F. Restagno, G.S. Luengo, COLSUA 2016, 498: 268
- 2) B. Fournel, S. Faure, J. Pouvreau, C. Dame, S. Poulain, Decontamination Using Foams: A Brief Review of 10 Years French Experience. *Proceedings of 9th ASME International Conference on Radioactive Waste Management and Environmental Remediation*, 2003, 37327: 1483
- 3) T. Gaillard, M. Roché, C. Honorez et al., Int. J. Multiphas. Flow 2017, 96, 173–187
- 4) T. Schad, N. Preisig, D. Blunk et al., J. Colloid Interf. Sci. 2021, 590, 311–320
- 5) R. Mensire, K. Piroird, E. Lorenceau, Phys. Rev. E 2015, 92, 05314-(1–5)
- 6) R. Mensire, J.T. Ault, E. Lorenceau, H.A. Stone, *Eur. Phys. Lett.* 2016, 113, 44002-(1–6)

AUF EINEN BLICK

Bisher werden Kunstobjekte zentimeterweise mit Wattestäbchen, Lösungsmitteln, Gelen oder Kompressen gereinigt.

Schäume saugen und wischen Schmutz von Oberflächen durch physikalische Effekte. So lassen sich auch schwer zugängliche Oberflächen und -strukturen reinigen.

Die Methode ist bisher für goldbeschichtetes Holz erprobt, eignet sich vermutlich aber auch für andere Materialien.

Pesticides

Protecting plant communities with weed killers



Herbicides are designed to kill plants. At certain concentrations, herbicides remove all kinds of plants, making them a popular tool to control weeds and invasive plants. But this is risky if the goal is to protect native plant communities.

Wetlands such as marshes and swamps are productive ecosystems that crucially contribute to cycling nutrients, regulating our climate, and sustaining wildlife.

Aquatic plants living in wetlands remove pollutants from surface water and provide habitat for insects, fish, amphibians, and birds (Figure 1). The more diverse the aquatic plant community, the greater the variety of services it may be able to provide.¹⁾

However, the influx of new, non-native plant species to a wetland can actually decrease plant diversity if they behave invasively, which results in the loss of other species from the community. Invasive plants tend to grow quickly, densely, and tall, fueled by their efficient nutrient use. Some invasive plants produce allelopathic substances – chemicals that inhibit the growth of other plant species. Equipped with these properties, invasive plants can outcompete resident plant species and reduce plant diversity.²⁾ Wetlands covered by a monoculture of one dominant invasive plant species are the reality in many places worldwide. But land managers have options to limit the spread of invasive plants and protect plant communities.



Fig. 1. View on a wetland in Ontario, Canada, inhabited by many different plants.

Photo: Verena Sesin

Land managers' toolbox

Land managers can draw on multiple mechanical, biological, and chemical methods to control or remove invasive plants. The toolbox of mechanical methods includes cutting, pulling, rolling, and mowing the invasive plant material. Biological control includes introducing insects into the ecosystem that are natural enemies of the invasive plants, which thus control the plants by feeding on them. Chemical control is achieved by applying herbicides, which are designed to kill plants.

For invasive plants that are particularly difficult to control, land

managers often combine several methods. For example, plants are first sprayed with herbicides, and the plant material is then rolled flat onto the ground. In some cases, invasive plant material is

This article was written by Verena Sesin (photo), Joanna R. Freeland and Christina M. Davy. Sesin is a PhD graduate in the Environmental and Life Sciences program at Trent University in Ontario, Canada. She is studying the ecological risks of pesticides in aquatic ecosystems. Freeland is a Professor in the Department of Biology at Trent University. Her research interests the evolutionary ecology of invasive aquatic plants. Davy is a Research Scientist for the Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry. Her research group studies threats to species at risk, and tools to conserve them.



subsequently burned to remove above-ground material, with the aim of promoting native plant regrowth. Ongoing management using different methods is often necessary, because otherwise invasive plants could quickly recolonise after treatment. “Secondary invasions” of other invasive plants are often observed, because they tend to be better competitors than native species. The use of several methods provides flexible solutions for land managers to tailor their control strategies to different invasive plants and prevent secondary invasions.

Herbicide benefits and risks

Applying herbicides on invasive plants is less labour-intensive than mechanical control methods. Herbicides also do not introduce new species into the ecosystem that could potentially pose a further ecological risk to native species. The increasing demand for herbicides resulted in the commercial development of a variety of herbicide products.

Herbicide products are formulations of several ingredients, of which at least one substance is toxic to plants. These active ingredients are designed by chemists to target and disrupt specific biochemical pathways within plants, resulting in injury or death. Popular active ingredients currently used in North America include glyphosate, triclopyr, imazapyr, clopyralid, and 2,4-D.³⁾ But herbicides may have unintended effects on non-target species.

Many herbicides are non-selective, meaning they are toxic to a variety of plants and have effects



Fig. 3. Applying herbicide on invasive plants using a small sprayer that can also be worn as a backpack. Photo: Janice Gilbert

on both invasive and native plants. Glyphosate (Figure 2), for example, disrupts the shikimate pathway, which is crucial for the biosynthesis of amino acids.⁴⁾ Many plants, algae, fungi, and bacteria use the shikimate pathway to produce the basic building blocks for their functioning and growth. When glyphosate herbicides are applied broadly to natural areas such as forests, they affect many non-target plants and associated organisms including soil fungi. In wetlands where invasive plants co-occur with threatened native plant species, land managers must therefore target their application to the invasive plants using special equipment such as wipe applicators or backpack sprayers (Figure 3). If the native plants are exposed to glyphosate, they can suffer toxic effects ranging from wilting to stunted growth, and even death.

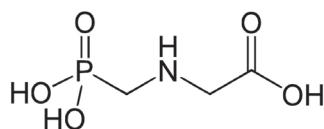


Fig. 2. Chemical formula of glyphosate (N-(phosphonomethyl)glycine).

Plants differ in glyphosate sensitivity

To reduce risks to nearby native plants, land managers should select a herbicide concentration that best balances effective control of invasive plants and minimum effects on native plants. But not all plants are equally sensitive to glyphosate exposure. To make an informed decision on which concentration to use in a particular case, land managers need to know the concentration-response relationship. This relationship can be statistically modelled from data obtained in toxicity tests that expose plants to a range of concentrations, under controlled conditions (Figure 4).

We modelled concentration-response relationships for the glyphosate spray formulation Roundup WeatherMAX and three aquatic plants common to North American wetlands: *Phragmites australis* (common reed), *Typha × glauca*, and *Typha latifolia*, the latter two often called cattail or bulrush.⁵⁾ Both *P. australis* and *T. latifolia* are also widely found across Europe, whereas *T. × glauca* is less common.



Fig. 4. Experimental set-up of a toxicity test with the aquatic plant *Ammannia robusta* in a greenhouse; the plants will be exposed to a range of glyphosate concentrations, followed by monitoring their growth, health, and survival. Photo: Verena Sesin



Fig. 5. *Phragmites australis* growing in a biodiverse site with many other plants in the United Kingdom. Photo: Joanna Freeland

While *P. australis* and *T. × glauca* are invasive in North America, they are not across Europe, and *P. australis* is integral to many protected European wetlands (Figure 5). That said, Europe has its own set of invasive plants, some of which originate from North America.

With invasive plant issues varying greatly among geographic regions, we need tailored management approaches, and a first step towards effective protocols is understanding the different susceptibilities of plant species. *P. australis*, for example, is four to five times more sensitive to glyphosate than the two *Typha* species. *Typha × glauca* and *T. latifolia* exhibited a similar glyphosate response.

So how can our results inform land management? For control of invasive plants with minimum effects on nearby native plants, land managers should select a glyphosate concentration based on species-specific susceptibility. For example, a higher concentration would be needed to control *T. × glauca* than *P. australis*. Where similarly sensitive invasive and native plants grow close by (e.g., *T. × glauca* and *T. latifolia* in North

America), land managers should consider a targeted application method, such as wiping glyphosate on invasive plant leaves, to reduce exposure of the native species.

Glyphosate persistence in plants

Glyphosate dissipates quickly from water and binds tightly to soil, where it is degraded by microbes;⁶⁾ therefore, glyphosate is thought not to persist in the environment. But what happens to glyphosate in plants that are sprayed with it? Glyphosate bound in plant tissues is not readily metabolised, and therefore it degrades more slowly than in soil.⁷⁾ If glyphosate persists in the leaves of treated invasive plants, and if these are not removed after treatment, then the decaying plant material could potentially release glyphosate into the surrounding environment – impairing the growth of native plants.

To understand glyphosate persistence in plant tissues, we sprayed-treated *P. australis* and *T. × glauca*, and quantified glyphosate concentrations in leaves harvested 27 days

after treatment.⁵⁾ We then submerged the treated leaves in water to create leachate, and we quantified glyphosate concentrations in the leachate over three weeks to assess glyphosate release from plant material.⁸⁾ We found that leaves from both plant species contained glyphosate and released it – not just its degradation product aminomethylphosphonic acid, AMPA – quickly when submerged in water. *Phragmites australis* retained and released more glyphosate than *T. × glauca*.

To minimise glyphosate input into wetlands, land managers should consider that treated invasive plant material can be a source of glyphosate. Rolling treated plant material to the ground could increase contact with the soil and could result in submergence in water. A simple but labour-intensive option to mitigate potential risks from treated plant material is to remove material near native species that are the focus of protection or restoration efforts. ►

Risk varies with exposure pathway

To develop effective conservation strategies for native plant communities, land managers must know which risks are associated with each invasive plant control method, because they create different exposure pathways. When glyphosate is sprayed on invasive plants, nearby native plants may be exposed to toxic concentrations of spray drift. Glyphosate applied by wiping the leaves of invasive plants could be transferred to the rhizosphere, the soil that immediately surrounds the plant root system. Plants can translocate absorbed glyphosate from leaves all the way to below-ground roots, and those can release it into the rhizosphere where it could reach the roots of adjacent native plants. In both cases, small amounts of glyphosate could also be washed into surface waters in which native aquatic plants are growing. What are the relative risks of these three exposure pathways to endangered native aquatic plants?

We explored these questions using two aquatic plants that are native to North America and listed as endangered species in Ontario: *Ammannia robusta* (Scarlet Ammannia) and *Sida hermaphrodita* (Virginia Mallow). We exposed

both species to realistic concentrations of glyphosate via the three pathways:

- spray drift ($4 \cdot 10^{-7}$ – 5% glyphosate herbicide),
- rhizosphere contact with invasive plants treated by wiping (5% glyphosate herbicide solution), and
- water residues (2 and $41 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ glyphosate).⁹⁾

Glyphosate spray negatively affected *A. robusta* and *S. hermaphrodita* growth and health at concentrations that are much lower (0.1% and 1.34% glyphosate herbicide, respectively) than those currently applied to invasive plants in Canada – currently used application rate on *Phragmites* in Ontario is 5% glyphosate herbicide. Conversely, exposure to rhizosphere contact with wiped invasive plants or low-level water residues did not cause detrimental effects. This suggests that spray drift exposure is most in need of risk mitigation. Land managers can mitigate potential negative effects by implementing measures that limit spray drifting away from application sites, for example by adjusting nozzle type and spray pressure. Where invasive and native plants grow close together, wipe application could be used instead of spray.

Protecting plant communities

Besides balancing effective removal of invasive plants with minimum negative effects on native plants, land managers must weigh the risks of invasive plants themselves as well as risks associated with herbicide-based control actions. There are also other factors to consider, because plants growing on heavily settled landscapes often face many additional stressors. We have altered much of our surrounding landscape through reshaping of waterbodies, establishing large agricultural monocultures, and creating elaborate infrastructure and even trail systems through conservation

areas. All these alterations may stress plants. Changes in hydrology or nutrient availability can make areas unsuitable for certain plant species. Increased disturbance can facilitate the establishment of invasive plant species, which are further spread by human movement. If we want to protect plant communities, we must consider the multitude of factors that contribute to the loss of plant diversity.

Ideally, land management strategies are proactive instead of reactive. We have the tools to predict and prevent the spread of invasive species,^{10,11)} we can identify and mitigate sources of pollution, and we can restore habitats to a state that allows native plant communities to flourish. If we pursue a holistic course of action, weed killers might become obsolete in wetlands. ■

IN A NUTSHELL

Herbicide use for invasive plant control comes along with risks for nearby native plants.

Which herbicide concentration and application method is used should be based on the sensitivities of both the invasive and nearby native plants.

Treated plant leaves can leach glyphosate, and can therefore risk the health of nearby native plants.

Protection strategies for plant communities must consider many additional stressors including human-caused landscape changes and pollution.

- 1) K. A. Engelhardt, M. E. Ritchie, *Nature* 2001, 411, 687–689, doi: 10.1038/35079573
- 2) B. Gallardo, M. Clavero, M. I. Sánchez, M. Vilà, *Glob. Change Biol.* 2016, 22, 151–163, doi: 10.1111/gcb.13004
- 3) V. Wagner, P. M. Antunes, M. Irvine, C. R. Nelson, *J. Appl. Ecol.* 2017, 54, 198–204, doi: 10.1111/1365-2664.12711
- 4) S. O. Duke, *Environ. Health Perspect.* 1990, 87, 263–271, doi: 10.1289/ehp.9087263.
- 5) V. Sesin, C. M. Davy, M. E. Dorken, J. M. Gilbert, J. R. Freeland, *MBI*, 2021, 12, 66–84, doi: 10.3391/mbi.2021.12.1.05
- 6) A. V. Sviridov, T. V. Shushkova, I. T. Ermakova et al., *Appl. Biochem. Microbiol.*, 2015, 51, 188–195
- 7) L. Mamy, E. Barriuso, B. Gabrielle, *Chemosphere* 2016, 154, 425–433, doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.03.104
- 8) V. Sesin, J. R. Freeland, J. M. Gilbert, C. M. Davy, unpublished data, 2021
- 9) V. Sesin, C. M. Davy, K. J. Stevens, R. Hamp, J. R. Freeland, *Integr. Environ. Asses.* 2021, 17(3), 597–613, doi: 10.1002/ieam.4350
- 10) L. Gallien, T. Münkemüller, C. H. Albert, I. Boulangeat, W. Thuiller, *Divers Distrib.* 2010, 16, 331–342, doi: 10.1111/j.1472-4642.2010.00652.x.
- 11) A. Fournier, C. Penone, M. G. Pennino, *F. Courchamp, Proc. Nat. Acad. Sci.* 2019, 116, 7905–7910, doi: 10.1073/pnas.1803456116

Auf dem virtuellen GDCh-Wissenschaftsforum im August erhielt Omar Yaghi (pandemiebedingt etwas verspätet) die August-Wilhelm-von-Hofmann-Denkmedaille 2020. Diese Goldmedaille vergibt die GDCh seit 1903 für besondere Verdienste in der Chemie an ausländische Chemiker:innen und an deutsche Wissenschaftler:innen, die keine Chemiker:innen sind, aber für die Chemie Großes geleistet haben.

Ansichten eines Preisträgers

My biggest privilege as scientist is...

testing my ideas through laboratory experimentation and being able to judge based on evidence their success or 'failure'. In other words, learning through scientific experimentation.

The biggest surprise of my career as a researcher was...

how slow new ideas and discoveries are embraced; yet we are in a profession, which foundationally relies on these new ideas and discoveries.

I studied chemistry because...

I was interested in the sheer beauty of molecules and how they provide eternal stimulation to the mind.

Which is the secret of your biggest success as a researcher?

passion for discovery.

A talent I'd like to have is...

patience for the mundane.

This is the ideal morning for me:

Enjoy sweets at breakfast with coffee first, then tea.

The best advice I ever got is:

Answer the question.



If I could be another person for one day, I would be...

Beethoven: It would be quite interesting to feel what he felt being a composer of music while dealing with his hearing disabilities

My best ideas arise while I'm...

reading the dictionary.

In a spare hour...

I listen to opera.

If I could spend a day with the person behind my prize's eponym, I would...

share with him my students' great experiences and breakthroughs in using aniline (a molecule he spent a lot of time studying) to make single crystals of covalent organic frameworks, all organic frameworks.

Der US-amerikanische Chemiker Omar M. Yaghi, Jahrgang 1965, ist Professor an der University of California in Berkeley sowie Co-Direktor des Kavli Energy Nanosciences Institute und der California Research Alliance der BASF. Er forscht an metal organic frameworks und anderen Gerüsten, die Wasserstoff oder Kohlendioxid speichern und freisetzen können.

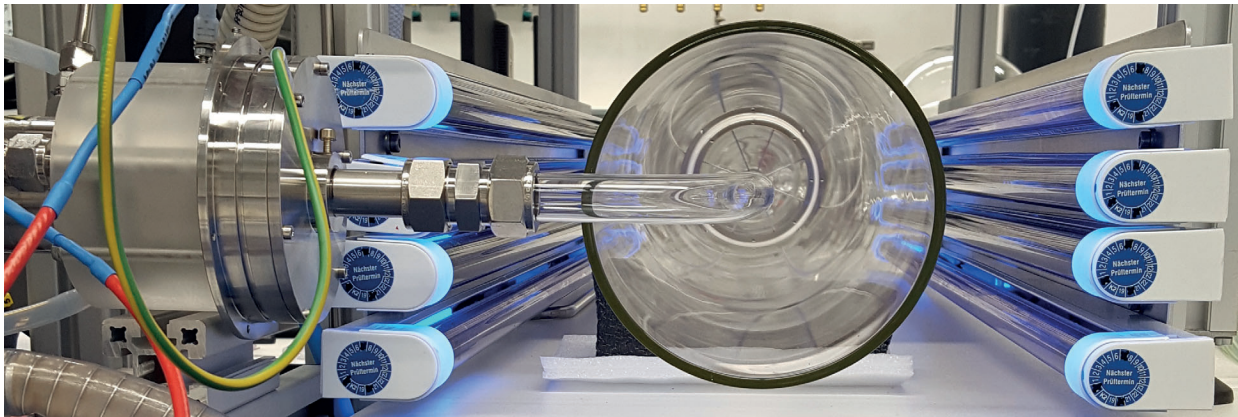


Abb. 1. Blick in den Ausfluss des gegen die Atmosphäre offenen Strömungssystems.

Massenspektrometrie

Oxidationsprozesse in der Atmosphäre



Der Abbau von Spurengasen in der Atmosphäre und Verbrennungsreaktionen verlaufen nach einem ähnlichen Prinzip. Dies zeigen Untersuchungen mit hochempfindlichen Methoden, die Vorgänge in der Natur im Labor nachbilden und mit denen sich Reaktionsketten massenspektrometrisch verfolgen lassen.

Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe gelangen jährlich in der Größenordnung von einer Milliarde Tonnen weltweit in die Erdatmosphäre. Sie stammen aus biogenen Quellen oder sind von Menschen verursacht. Hauptemittenten sind dabei Waldgebiete, die pro Jahr $600 \cdot 10^6$ t Kohlenstoff an Isopren (C_5H_8) und etwa $95 \cdot 10^6$ t Kohlenstoff an Monoterpenen ($C_{10}H_{16}$) freisetzen.¹⁾

Die photochemische Selbstreinigung der Atmosphäre, hauptsächlich durch das OH-Radikal und Ozon,²⁾ begrenzt die Konzentration dieser Spurengase in der Luft auf einen Milliardstel Volumenanteil (ppbV) oder weniger. Die umgesetzte Stoffmenge an Isopren und Terpenen übersteigt die der weltweiten industriellen Produktion wichtiger organischer Zwischenprodukte wie die des Ethylenoxids aus der Direktoxidation des Ethylens um ein Vielfaches.

Autoxidation

Die Teilschritte, die bei der Oxidation der Spurengase in der Atmosphäre und bei Bildung der Produkte ablaufen, sind bisher nicht

hinreichend genau aufgeklärt. Das ist jedoch notwendig, um den Einfluss von Oxidationsprodukten auf das Klima und die Gesundheit zu beurteilen. Die Mechanismen dieser Reaktionen besser zu verstehen, erfordert neue experimentelle Herangehensweisen (Abbildung 1) sowie verbesserte quantenchemische Methoden.

Die Isomerisierung von Peroxyradikalen (RO_2), die reaktive Zwischenprodukte bei der Oxidation sind, wurde durch Experimente und durch Rechnungen als wichtiger Reaktionspfad identifiziert. Dabei kann die Geschwindigkeit der RO_2 -Isomerisierung die der klassischen bimolekularen RO_2 -Reaktionen mit NO- oder HO_2 -Radikalen übertreffen: Für atmosphärische



Torsten Berndt, Jahrgang 1964, beschäftigt sich experimentell mit der Kinetik und Reaktionsmechanismen von Gasphasenreaktionen. Er interessiert sich besonders für Criegee-Intermediate und RO_2 -Radikale.
berndt@tropos.de

Bedingungen ergeben sich für die Reaktionen mit NO und HO₂-Radikalen Geschwindigkeitskonstanten pseudoerster Ordnung von 0,01 bis 1 s⁻¹ beziehungsweise 0,002 bis 0,02 s⁻¹. Für RO₂-Isomerisierungen wurden Werte von bis über 10 s⁻¹ bei Raumtemperatur experimentell bestimmt.³⁾

Bei der RO₂-Isomerisierung wird ein schwach gebundenes H-Atom intramolekular abstrahiert, RO₂ → QOOH (H-shift, R1), und das gebildete Hydroperoxy-Alkylradikal (QOOH) reagiert dann mit molekularem Sauerstoff zu einem neuen, um O₂ schwereren, RO₂-Radikal, QOOH + O₂ → OOQOOH (R2). Das Q steht für das neu gebildete Alkylradikal.

Im Fall ungesättigter RO₂-Radikale ist auch eine Endocyclisierung (R3) möglich, wobei das dabei gebildete Alkylradikal wiederum mit molekularem Sauerstoff zu einem neuen, schwereren RO₂-Radikal reagiert (R4). Abbildung 2 zeigt Beispiele der Reaktionen (R1) – (R4).

Die Reaktionsfolge (R1), (R2) und (R3), (R4) sind zusammengefasst ein Autoxidationsschritt. Ähnliches ist von Verbrennungsprozessen bekannt, wobei dabei das gebildete QOOH aus (R1) direkt zerfällt und dabei OH freisetzt (Kettenfortpflanzung) oder nach der Reaktion mit O₂ zwei OH-Radikale bildet (Kettenverzweigung).⁴⁾

Lange wurde die Autoxidation als Reaktionspfad unter atmosphärischen Bedingungen vernachlässigt. Grund dafür waren die zu erwartenden hohen Reaktionsbarrieren der RO₂-Isomerisierung und die damit verbundenen geringen Geschwindigkeitskonstanten bei Raumtemperatur – anders als die bei Verbrennungsprozessen, die um einige Größenordnungen höher sein können.

Als erstes wiesen Ergebnisse quantenchemischer Rechnungen zur OH-Radikal-initiierten Oxidation von α-Pinen auf atmosphärenrelevante RO₂-Isomerisierungen hin, was Experimente später belegt haben.^{5,6)} Nach mehrfachen Autoxida-

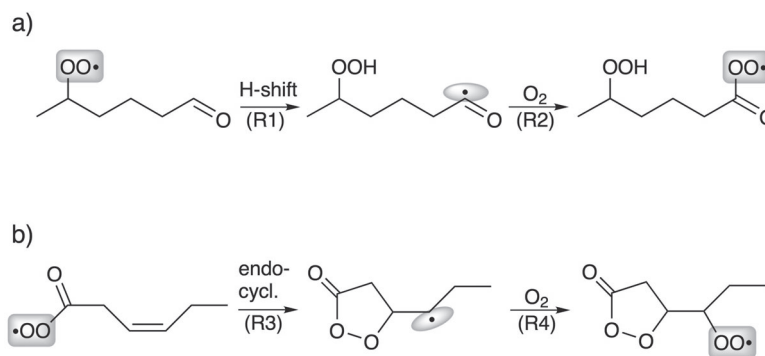


Abb. 2. Bildung höher oxidierter RO₂-Radikale durch RO₂-Isomerisierung mit nachfolgender O₂-Addition eingeleitet durch a) intramolekulare H-Abstraktion (H-shift) oder b) Endocyclisierung im Fall ungesättigter RO₂-Radikale.

tionsschritten (RO₂-Isomerisierung mit folgender O₂-Addition) können hochoxidierte RO₂-Radikale und die zugehörigen stabilen (geschlossenschaligen) Produkte in der Atmosphäre entstehen.⁷⁾ Diese Produkte, auch HOMs (highly oxygenated organic compounds) genannt, tragen aufgrund ihrer geringen Flüchtigkeit entscheidend dazu bei, dass sich sekundäre organische Aerosole bilden, ein wichtiger Faktor für den Strahlungshaushalt der Atmosphäre.⁸⁾ Diese Aerosole reflektieren teilweise die solare Strahlung und besitzen somit klimatisch eine abkühlende Wirkung. Zudem beeinflussen sie Wolkenbildung und Niederschlag, da sie die notwendigen Kondensationskerne bereitstellen.⁹⁾

Atmosphärenbedingungen im Labor

Für Laboruntersuchungen nutzen wir ein Freistahlströmungssystem (Abbildung 1), das Experimente unter atmosphärischen Bedingungen (Temperatur von etwa 295 K und 1 bar Luft oder andere Stickstoff-Sauerstoff-Gemische) für Verweilzeiten von bis zu acht Sekunden erlaubt.⁶⁾ Das Strömungssystem wurde in Zusammenarbeit mit Verfahrenstechnikern entwickelt, um Gasphasenreaktionen ohne den Einfluss von Wandverlusten und heterogenen Reaktionen durchführen zu können. Damit sind Experimente

zur Bildung und Weiterreaktion reaktiver Intermediate wie RO₂-Radikale und Criegee-Intermediate (reaktive Zwischenprodukte der Alken-Ozonolyse) nahezu störungsfrei möglich.

Intermediate und die daraus entstehenden stabilen Endprodukte verfolgen wir fast ausschließlich mit Massenspektrometrie, da Molekülspektroskopie in den meisten Fällen nicht empfindlich genug ist. Dabei verwenden wir verschiedene Methoden der chemischen Ionisierung unter Atmosphärendruck. Es handelt sich um solche Ionisationsmethoden, bei denen sich hauptsächlich Addukte der (Analyt-)Primärionen bilden und Fragmentierung vernachlässigbar ist. Dies erleichtert es, die Produktspektren zu interpretieren.

Das genutzte Einlasssystem war ursprünglich dazu entwickelt wor-

AUF EINEN BLICK

Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe reagieren in der Atmosphäre photochemisch mit OH-Radikalen und Ozon.

Um den Einfluss dieser Reaktionen auf das Klima und die Chemie der Atmosphäre zu verstehen, sind die Reaktionsschritte aufzuklären und die Zwischenprodukte zu charakterisieren.

Ein wichtiger Reaktionspfad ist die Autoxidation, die allerdings durch erhöhte NO-Konzentrationen unterdrückt wird.

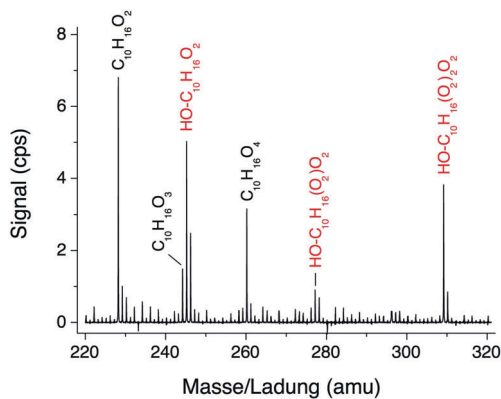


Abb. 3. Massenspektrum des frühen Stadiums der Reaktion OH + α -Pinen, umgesetztes α -Pinen: $1,7 \cdot 10^7$ Moleküle pro cm^3 für eine NO-Konzentration von $9 \cdot 10^8$ Moleküle pro cm^3 . Die Produktsignale erscheinen als Addukte mit dem Primärion $n\text{-C}_3\text{H}_7\text{NH}_3^+$ und sind um 60,08 amu im Spektrum verschoben. RO_2 -Radikale sind angegeben in Rot, die stabilen Endprodukte in Schwarz.

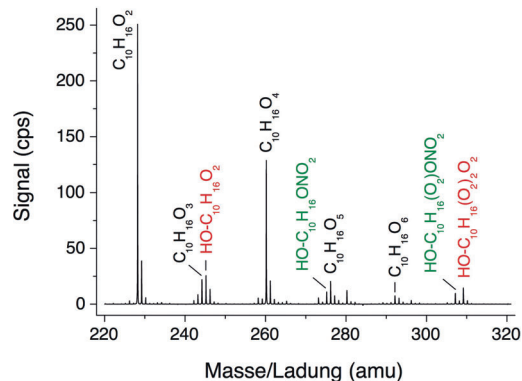


Abb. 4. Massenspektrum der Reaktion OH + α -Pinen bei erhöhter NO-Konzentration von $4,7 \cdot 10^{10}$ Moleküle pro cm^3 , umgesetztes α -Pinen: $4,0 \cdot 10^8$ Moleküle pro cm^3 . Zusätzlich sind Signale organischer Nitratre zu erkennen (grün).

den, Schwefelsäure in der Atmosphäre nachzuweisen.¹⁰ Neben den etablierten Primärionen, wie Nitrat (NO_3^-), Acetat (CH_3COO^-) oder Iodid (I^-), haben sich neuerdings protonierte Amine, wie Ethylaminium ($\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3^+$)¹¹ oder Ammonium (NH_4^+)¹¹ als effiziente Primärionen erwiesen, um ein weites Spektrum vorwiegend oxidierter organischer Verbindungen nachzuweisen.

Quantenchemische Rechnungen zur Stabilität der (Analyt-)Primärionaddukte unterstützen die Entwicklung der Ionisierungsmethoden.¹⁰ Die Nachweisgrenzen im Freistrahlexperiment belaufen sich bis auf etwa 10^4 Moleküle pro cm^3 und in speziellen Fällen darunter, das heißt bis unterhalb ppqV-Niveau (ppqV: ein Billiardstel Volumenanteil, 10^{-15}). Dies erlaubt das einfachste Criegee-Intermediat, CH_2OO , aus der Ozonolyse des Ethylens unter atmosphärischen Bedingungen direkt nachzuweisen.¹³

Den Anfang beobachten

Mit optimaler Reaktionsführung sind Untersuchungen des Reaktionsstarts möglich. So lässt sich die

Oxidation so steuern, dass die Reaktandumsätze gering genug sind, um gezielt die einsetzende Bildung der RO_2 -Radikale und die mögliche RO_2 -Isomerisierung zu verfolgen. Unter diesen Bedingungen sind bimolekulare RO_2 -Reaktionen aufgrund kinetischer Grenzen vernachlässigbar.

Erhöht man stufenweise die RO_2 -Konzentrationen, lassen sich Reaktionspfade der einsetzenden RO_2 -Selbst- und Kreuzreaktionen studieren.¹⁴ Durch Zugabe weiterer Reaktionspartner wie NO oder HO_2 -Radikale lässt sich beobachten, wie die Produkte aus den RO_2 -Reaktionen damit entstehen.

Abbildung 3 zeigt das Produktspektrum der Reaktion von OH-Radikalen mit α -Pinen, $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$, nach einer Reaktionszeit von 7,5 Sekunden und einem Umsatz an α -Pinen von $1,7 \cdot 10^7$ Molekülen pro cm^3 in Gegenwart von $9 \cdot 10^8$ Molekülen Stickstoffmonoxid (NO) pro cm^3 .

OH-Radikale entstehen aus der Reaktion $\text{HO}_2 + \text{NO} \rightarrow \text{OH} + \text{NO}_2$, wobei HO_2 photolytisch aus Isopropylnitrit erzeugt wurde. Es sind die Adduktsignale der primär erzeugten RO_2 -Radikale $\text{HO-C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}_2$ so-

wie die über Autoxidation gebildeten höher oxidierten $\text{HO-C}_{10}\text{H}_{16}(\text{O}_2)_2$ und $\text{HO-C}_{10}\text{H}_{16}(\text{O}_2)_2\text{O}_2$ nach formalem O_2 -Einschub sichtbar (jeweils in Rot). Als Primärion zur Ionisierung diente n-Propylaminium, $n\text{-C}_3\text{H}_7\text{NH}_3^+$.

Zudem sind die Signale der Endprodukte $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}_2$, $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}_4$ und $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}_6$ erkennbar, die über RO_2 +NO-Reaktionen gebildet werden. Es handelt sich dabei höchstwahrscheinlich um Carbonylverbindungen. Rückschlüsse auf die Struktur lässt die verwendete massenspektrometrische Methode bisher nicht zu.

Höhere NO-Konzentration

Die Erhöhung der NO-Konzentration auf $4,7 \cdot 10^{10}$ Moleküle pro cm^3 führt zur verstärkten OH-Produktion und somit zu höherem Umsatz an α -Pinen von $4,0 \cdot 10^8$ Molekülen pro cm^3 . Zusätzlich beschleunigt sich die Bildung der Endprodukte durch die Reaktion von RO_2 -Radikalen mit NO (Abbildung 4). Die Adduktsignale weiterer Endprodukte werden im Spektrum sichtbar, darunter die der organischen Nitratre (grün), die aus

einem Kanal der Reaktion von RO_2 -Radikalen mit NO direkt entstehen.

Die hier verwendete NO-Konzentration entspricht den Bedingungen der moderat verschmutzten Atmosphäre, wie sie in europäischen Städten gemessen wird. Somit ist die gemessene Produktverteilung repräsentativ für diese Umweltbedingungen. Die Bildung hochoxidierter Produkte (HOMs), $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}_6$ und $\text{HO-C}_{10}\text{H}_{16}(\text{O}_2)_2\text{O}_2$ in Abbildung 3 wird in Gegenwart der höheren NO-Konzentrationen nur geringfügig zurückgedrängt. Die Autoxidation der RO_2 -Radikale in diesem Reaktionssystem entsprechend der Reaktionsfolge (R1), (R2) sowie (R3), (R4) ist bei einer Temperatur von 295 K schnell genug, um mit den RO_2 +NO-Reaktionen konkurrieren zu können.

Nach mechanistischen Vorstellungen müssen die Produkte mit vier oder mehr O-Atomen mindestens einen Autoxidationsschritt durchlaufen. Deren wesentlicher Anteil am gesamten Produktspektrum belegt, wie wichtig das Reaktionsprinzip der Autoxidation auch für Atmosphärenbedingungen ist.

Ausblick: mehr Oxidationsprozesse

Weitere Erkenntnisse erbrachte in letzter Zeit eine interdisziplinäre Untersuchung der Oxidationsprozesse von Alkanen (C_6 und größer) unter Verbrennungs- und Atmosphärenbedingungen zwischen 295 und 520 K.¹⁴⁾ Bei Verbrennungsbedingungen liefen mehrstufige Autoxidationsschritte mit vier bis fünf O_2 -Einschüben ab. Damit sind die chemischen Vorgänge beim Zünden der Verbrennung besser zu verstehen.

Bei Atmosphärenbedingungen wurden erstmals messbare Ausbeuten hochoxidierter Produkte (HOMs) ausgehend von der OH-Radikal-initiierten Oxidation von Cycloalkanen nachgewiesen. Mechanistisch wird deren Bildung über Isomerisierungsschritte von RO_2 - und RO-Radikalen erklärt. Bei der Oxidation des Decalins erhöhte Zugabe von NO die molaren HOM-Ausbeuten auf bis zu 20 Prozent. Die NO-Abhängigkeit belegt die Bedeutung der RO-Isomerisierung in diesen Reaktionssystemen.

Um die Reaktionspfade der RO_2 - und RO-Isomerisierungen besser in den Gesamtprozess der Oxidation einzuordnen zu können, sind weitere mechanistische und kinetische Untersuchungen notwendig. ■

- 1) K. Sindelarova C. Granier, I. Bouarar et al., Atmos. Chem. Phys. 2014, 14, 9317–9341
- 2) D. H. Ehhalt, Phys. Chem. Chem. Phys. 1999, 1, 5401–5408
- 3) a.) J. D. Crouse, L. B. Nielsen, S. Jørgensen, H. G. Kjaergaard, P. O. Wennberg, J. Phys. Chem. Lett. 2013, 4, 3513–3520; b) L. Xu K. H. Møller, J. D. Crouse et al., J. Phys. Chem. A 2019, 123, 1661–1674
- 4) F. Battin-Leclerc, O. Herbinet, P.-A. Glaude et al., Angew. Chem. Int. Ed. 2010, 49, 3169–3172
- 5) L. Vereecken, J. F. Muller, J. Peeters, Phys. Chem. Chem. Phys. 2007, 9, 5241–5248
- 6) T. Berndt, S. Richters, T. Jokinen et al., Nat. Commun. 2016, 7, 13677
- 7) T. Jokinen, M. Sipilä, S. Richters et al., Angew. Chem. Int. Ed. 2014, 53, 14596–14600
- 8) a) M. Ehn, J. A. Thornton, E. Kleist et al., Nature 2014, 506, 476–479. b) F. Bianchi, T. Kurtén, M. Riva et al., Chem. Rev. 2019, 119, 3472–3509
- 9) J. E. Hansen, M. Sato, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 2001, doi: 10.1073/pnas.261553698
- 10) F. L. Eisele, D. J. Tanner, J. Geophys. Res. 1993, 98(D5), 9001–9010
- 11) T. Berndt, N. Hyttinen, H. Herrmann, A. Hansel, Commun. Chem. 2019, doi: 10.1038/s42004-019-0120-9
- 12) A. Hansel, W. Scholz, B. Mentler, L. Fischer, T. Berndt, Atmos. Environ. 2018, 186, 248–255
- 13) T. Berndt, H. Herrmann, T. Kurten, J. Am. Chem. Soc. 2017, 139, 13387–13392
- 14) T. Berndt, W. Scholz, B. Mentler et al., Angew. Chem. Int. Ed. 2018, 57, 3820–3824
- 15) Z. Wang, M. Ehn, M. P. Rissanen et al., Commun. Chem. 2021, doi: 10.1038/s42004-020-00445-3

LIVES IN CHEMISTRY | L — C | LEBENSWERKE IN DER CHEMIE

AUTOBIOGRAFIEN
• HOMMAGE AN AUSGEZEICHNETE FORSCHUNG
• ERZÄHLEN WIE ES GELANG
• INSPIRIEREN FÜR DIE ZUKUNFT



**GÜNTHER
MAIER**
GIESSEN



**GERHARD
ERTL**
BERLIN



**HENRI
BRUNNER**
REGENSBURG



FACHGRUPPE
GESCHICHTE
DER CHEMIE

L-I-C.ORG

Synthese im Blickpunkt

Some trends in sustainable catalysis development

Earth-abundant metal compounds in biological systems provide molecules of high purity and excellent selectivity in quantitative yield, without generating toxic waste. Adopting this to chemists' syntheses will save cost and time in industrial chemistry and in the sustainable production of chemicals. A number of examples illustrate this potential.

The field of green chemistry has set out the means by which sustainability of chemical synthesis can be improved. The 12 principles of Green Chemistry developed by Anastas and Warner provide good guidelines for the general features needed in sustainable chemical processes, including safe and largely available reagents, management of waste, reduced energy use, and improved atom-economy of syntheses.¹⁾

Diverse areas of chemistry require consideration of all aspects to achieve sustainability. Eighty-five to ninety percent of industrial chemical processes involve at least one catalytic step to produce pharmaceuticals, fuels, and advanced materials. Therefore, sustainable catalysis is one of the most important mainstays on the road to green chemistry.

Among catalytic systems, reaction with 4d and 5d metals (such as Mo, Ru, Rh, Ir, Pd, Pt, Au ...) has become essential for organic synthesis, due to their advantages – such as resistance to corrosion and oxidation, ability to undergo two-electron oxidation state changes, high selectivity, and predictable reactivity.

However, today the focus is increasingly shifting to catalysts based on earth-abundant metals such as Fe, Ni, Mn and Co due to the economic and environmental benefits.²⁾ This makes it possible to counter the diminishing reserves of precious metals on earth and to reduce catalyst costs.

Cross-coupling reactions

Cross-coupling reactions are one of the chemist's most powerful tools for coupling organic halides and organic or organometallic nucleophiles. Reactions catalysed by palladium still dominate the field, with Suzuki and Sonogashira couplings being the most common reactions in industrial processes. Over the last decade, the widespread use of first-row metals in large-scale catalytic processes has been increased.

Due to the relatively low toxicity of many iron species and high abundance in the earth's crust, iron

compounds are very attractive for catalysis. Unlike the late and noble transition metals, iron salts mostly exhibit high reaction yields even when using alkyl Grignard reagents containing β -hydrogen atoms, which is often a major challenge in metal-catalysed cross-couplings.³⁾ Multi-kilogram-scale syntheses are currently being carried out with iron-based catalysts. Recently, extensive knowledge has been gained on the mechanistic scenarios of iron-catalysed reactions. Here, the groups of Fürstner, Bedford, and Neidig have made important contributions.⁴⁾

A noteworthy feature of simple iron salt-catalysed cross-coupling reaction is the use of N-methyl-2-pyrrolidone (NMP), which is the most effective O-coordinating ligand to iron. However, NMP is reprotoxic, and the development of synthetic strategies that preclude safety concerns is an important goal of green chemistry. As shown by Szostak and coauthors, cyclic ureas like DMI or DMPU are efficient and sustainable alternatives to NMP in iron-catalysed alkylations of aryl chlorides and tosylates with alkyl Grignard reagents, with efficiency matching or superseding NMP.⁵⁾ An illustrative example of the new ligand development comes from Nakamura and co-workers. They cross-coupled



Anzhela Galstyan, born 1981, is junior group leader at the University of Münster. Her current research interests are syntheses, self-organization, nanotechnological and biological applications of photoactive compounds. She earned her PhD in chemical and molecular biology at TU Dortmund and at the International Max Planck Research School. Afterwards she was a postdoc with Luisa De Cola at the Center for Nanotechnology (Univ. Münster) and at the European Institute for molecular Imaging (Universitätsklinikum Münster).

alkyl halides and aryl Grignard reagents enantioselectively using iron-chiral bisphosphine ligands.⁶⁾

In their later work the authors applied well-defined iron phosphine complexes $[\text{FeCl}_2(\text{SciOPP})]$ (**5**, Figure 1a) to cross-couple glycosyl chlorides and bromides with aryl-, heteroaryl-, and vinylmetal reagents.⁷⁾ The reaction of 2,3,5-tri-O-acetyl- β -D-ribofuranosyl chloride (**1**) with phenylzinc reagent proceeded with β -selectivity of the product (**2**). 2,3,4-tri-O-acetyl- β -D-ribofuranosyl chloride (**3**) as a substrate showed excellent β -selectivity of the product (**4**).

Among different bisphosphine ligands tested a well-defined iron complex, $\text{FeCl}_2(\text{TMS-SciOPP})$ (**5**) showed the highest efficacy, affording (**2**) 81% yield and (**4**) 84% yield while using 5 mol percent of the catalyst.

Notably, such selectivity in the synthesis of aryl glycosides could not be achieved via palladium catalysis. The authors suggested that the reaction proceeds via a glycosyl radical intermediate, and they explained the anomeric diastereoselectivity of the products with their relative stability.

Ligands in cross-couplings

The activity of iron catalysts in diverse cross-coupling reactions can be controlled via the ligands, for example bis(imino)pyridine⁸⁾ or N-heterocyclic carbenes⁹⁾.

Recently, Cornella and co-workers developed a novel series of Ni^0 complexes that are more robust and air- and temperature stable than $\text{Ni}(\text{COD})_2$. The group used stilbene derivatives as ligands.¹⁰⁾ The system is modular in design and thus allows for ligand exchange with commonly used ligands such as diamines, phosphines, or N-heterocyclic carbenes, resulting in well-defined $\text{Ni}^0\text{-L}$ species (Figure 1b). The authors showed that $\text{Ni}(\text{CF}_3\text{stb})_3$ (**12**) – a complex with p- CF_3 stilbene derivatives as ligands – catalyses the Suzuki

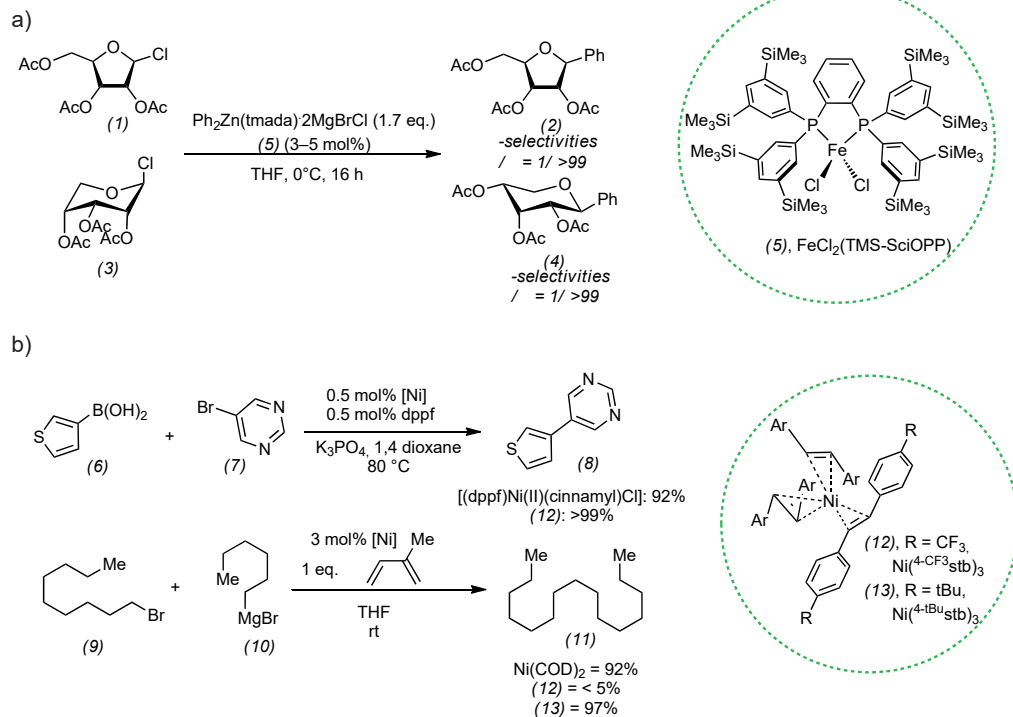


Fig. 1. a) Iron-catalysed diastereoselective cross-coupling reaction of glycosyl chlorides, b) nickel-catalysed heteroaryl Suzuki cross-coupling and alkyl-alkyl Kumada cross-coupling.

ki coupling reaction between the two heteroaryl partners 3-thienyl boronic acid (**6**) and 2-bromopyrimidine (**7**). As $\text{Ni}(\text{COD})_2$ doesn't work in this reaction, nickel-catalysed heterobiaryl couplings are currently carried out using a Ni^{II} precatalyst in combination with the phosphine.

In their further study, the authors made the substituent on the ligand bulkier to find out whether it contributes to the stability of the complex.¹¹⁾ Indeed, $\text{Ni}(\text{CF}_3\text{stb})_3$ (**13**) was identified as a preferred Ni^0 complex, with properties that overcome the limitations of $\text{Ni}(\text{CF}_3\text{stb})_3$ (**12**). For instance, while (**12**) was completely inactive in the alkyl-alkyl cross-coupling between alkyl bromide (**9**) and alkyl Grignard reagent (**10**), the $\text{Ni}(\text{CF}_3\text{stb})_3$ (**13**) afforded a $>95\%$ yield (**11**). Moreover, (**13**) presents faster kinetic profiles and a broader scope as a Ni^0 source in many Ni-catalysed transformations, such as conversion of vinyl triflates to vinyl halides or industrially relevant oligomerization of ethylene to obtain higher-molecular-weight α -olefins.

Screening existing libraries

The development of new ligands for the first-row metal-based catalysis is complicated because they commonly have multiple coordination geometries, oxidation and spin states, and they tend to easy ligand disproportionation.

To identify new ligand structure motifs for nickel-catalysed C-C couplings, Weix lab and a group at Pfizer used pharmaceutical, structurally diverse compound libraries and screened the compounds.¹²⁾ Without new synthetic efforts after primary and secondary screens, pyridyl-2-carboxamidines-based ligands turned out to be best for cross-electrophile coupling reaction. Hence, this core was used for additional screening, leading to a compound-library-derived ligand collection.

To evaluate the utility of this approach, the best ligands from the two screens were applied to the coupling of 2-substituted bromoarenes (**14**) or 3-bromopyridine derivatives (**15**) with alkyl halides (**16**) (Figure 2, p. 86).

scribed by Chang and co-authors.¹⁵⁾ They used robust (phthalocyanine)Fe^{III}Cl catalyst and dioxazolones that are easily prepared from the corresponding carboxylic acid feedstocks (Figure 3a). The efficiency is hardly affected by the electronic perturbation at the phenyl substituents (23), and high diastereoselectivity was observed when a β -methyl-substituted dioxazolone was used ((24), d.r. > 20:1). When a dioxazolone substrate bearing both benzylic and tertiary γ -CH bonds was subjected to the catalytic conditions, the cyclisation was favoured towards the benzylic position (B) over the tertiary (T) site ((25)/(26), 6.1:1). On the other hand, the [PcFe^{III}Cl]-catalyzed amination was almost exclusive at the benzylic position in the presence of competing aliphatic C-H bonds ((27)/(28)). As mechanistic investigations show, the C-N bond formation involves a radical intermediate in the doublet spin state, and the release of the product occurs in the quartet spin state (Figure 3b). Therefore, the authors concluded that the easy spin conversion of the iron species is the origin of the high catalytic activity of [PcFe^{III}Cl].

Combining green catalysis and green energy

Light can be used as a clean and efficient energy source in chemical transformations. Combining photo- and metal-free catalysis makes chemical reactions more sustainable. An interesting study on metal-free photo-activation of aromatic compounds to nitriles under cyanide-free conditions comes from König's group:¹⁶⁾

They carried out photocatalytic ammoxidation of C(sp³)-H bonds using the commercially available organic dye 2,4,6-triphenylpyrylium tetrafluoroborate ((31), TPP) and readily available starting materials, avoiding metals and toxic reagents (Figure 4a). NH₂O · HCl was used as a suitable source of am-

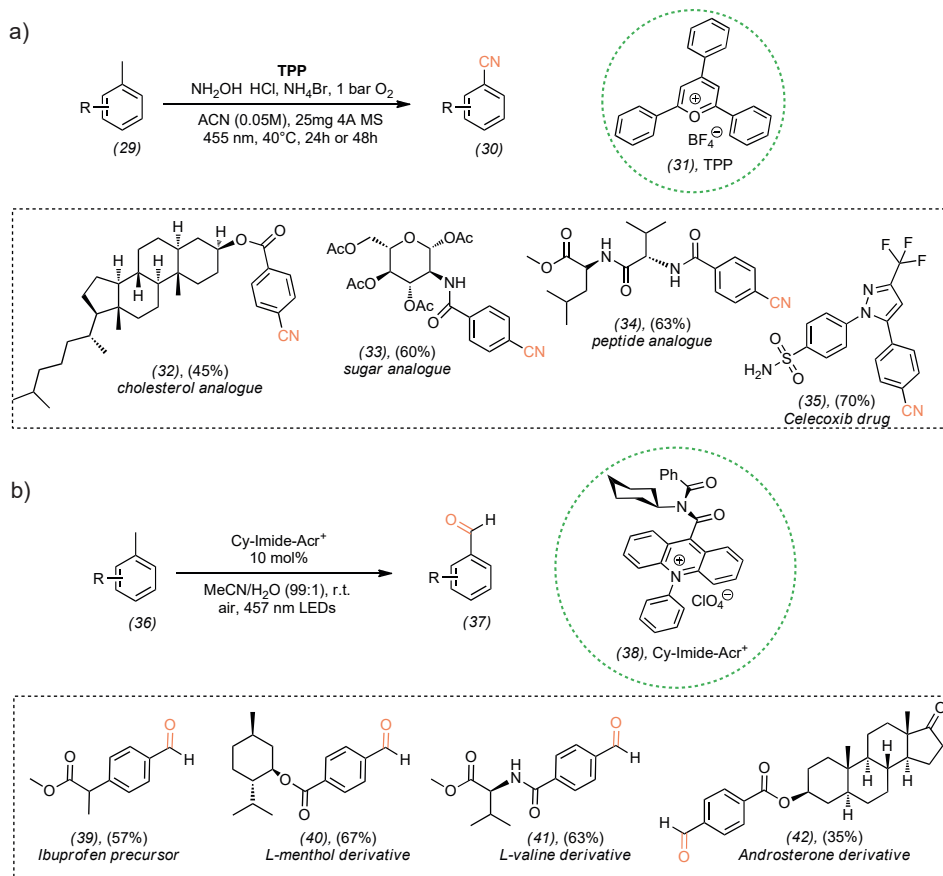


Fig. 4. a) Synthetic pathways towards photocatalytic nitrile formation and b) oxygenation, with examples of the products with isolated yields.

monia, and it was shown that the presence of NH₄Br is also crucial for the conversion of (29) to (30). A wide range of substrates, including also hetero(aryls), aldehydes, alcohols, and aldoximes, were transformed to the corresponding nitriles. Last-stage functionalisation of molecules with complex structures – such as cholesterol (32), sugar derivative (33), and peptide analogue (34) – were also possible (45 to 63% yield). The anti-inflammatory drug Celecoxib (35) gave the desired product in 70% yield.

Highly selective photomediated C-H oxygenation of toluene and its derivatives was recently described by Garcia Marcheno (Figure 4b).¹⁷⁾ Among different acridinium salts, 9-imide acridinium catalyst (38) oxidises toluene (36) to benzaldehyde (37) in 36% yield under blue LED irradiation, while benzoic acid was formed in trace amounts. Although increasing the concentration and

air volume resulted in the loss of selectivity, dilution to 0.05 M resulted in the selective formation of benzaldehyde. Given the exceptionally mild reaction conditions, various functional groups were well tolerated, enabling the formation of

IN A NUTSHELL

There are a lot of sustainable reactions, for example with iron as a catalyst or photo-activated transformations.

Shortcomings are for instance the need to pre-functionalise starting materials in C-C couplings or for directing groups in C-H activation.

To meet the principles of green chemistry, sustainable solvents, energy delivery from microwave and ultrasonic irradiation and continuous flow processes could be employed.

This year, the texts of the series Synthese im Blickpunkt are alternately written by Anzhela Galstyan and Dorian Didier.

complex structures such as natural products and drug derivatives. For instance, ibuprofen precursor (39), L-menthol (40), L-valine (41), and androsterone (42) derivatives were obtained in good isolated yields (35 to 67%) and chemoselectivity.

The main drawback of photocatalytic systems is often the very time-consuming synthesis of the required catalyst to ensure individual redox potentials. This limitation could be overcome by using electro-synthesis, where a whole range of useful redox potentials is readily accessible.¹⁸⁾

- 1) P. Anastas, J. C. Warner, *Green Chemistry: Theory and Practice*; Oxford University Press: Oxford, 1998
- 2) R. M. Bullock, J. G. Chen, L. Gagliardi et al., *Science* 2020, 369, eabc3183
- 3) B. D. Sherry, A. Fürstner, *Acc. Chem. Res.* 2008, 41, 1500–1511
- 4) S. Sandl, A. Jacobi von Wangelin, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2020, 59, 5434–5437
- 5) E. Bisz, M. Szostak, *Green Chem.* 2017, 19, 5361–5366
- 6) T. Hatakeyama, T. Hashimoto, Y. Kondo et al., *J. Am. Chem. Soc.* 2010, 132, 10674–10676
- 7) L. Adak, S. Kawamura, G. Toma et al., *J. Am. Chem. Soc.* 2017, 139, 10693–10701
- 8) M. D. Greenhalgh, S. P. Thomas, *J. Am. Chem. Soc.* 2012, 134, 11900–11903
- 9) H. M. O'Brien, M. Manzotti, R. D. Abrams et al., *Nat. Catal.* 2018, 1, 429–437
- 10) L. Nattmann, R. Saeb, N. Nöthling, J. Cornella, *Nat. Catal.* 2020, 3, 6–13
- 11) L. Nattmann, J. Cornella, *Organometallics* 2020, 39, 3295–3300
- 12) E. C. Hansen, D. J. Pedro, A. C. Wotal et al., *Nat. Chem.* 2016, 8, 1126–1130
- 13) T. Dalton, T. Faber, F. Glorius, *ACS Cent. Sci.* 2021, 7, 245–261
- 14) P. Gandeepan, T. Müller, D. Zell et al., *Chem. Rev.* 2019, 119, 2192–2452
- 15) J. Kweon, S. Chang, *Angew. Chemie Int. Ed.* 2021, 60, 2909–2914
- 16) K. Murugesan, K. Donabauer, B. König, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2021, 60, 2439–2445
- 17) M. Uygur, J. H. Kuhlmann, M. C. Pérez-Aguilar, D. G. Piekarski, O. García Mancheño, *Green Chem.* 2021, 23, 3392–3399
- 18) R. C. Samanta, L. Ackermann, *Chem. Rec.* 2021, 21, 1–13

Aus den Materialwissenschaften

Anregung in 2-D-Materialien | Ein Team der Universität Würzburg hat erstmals gezeigt, wie stark Licht die Schwingung in einem 2-D-Material anregt. Sie nutzten dazu die von ihnen entwickelte kohärente 2-D-Mikroskopie, die die räumliche Auflösung eines Mikroskops mit der Femtosekundenauflösung ultrakurzer Laserpulse und der mehrdimensionalen Frequenzauflösung kombiniert. Wie sich zeigte, ist in Monolagen-MoSe₂ die Exziton-Phonon-Kopplungsstärke bei Lichtabsorption größer als in herkömmlichen Halbleitern (Huang-Rhys-Faktor ≈ 1). Dieses Wissen wird helfen, 2-D-Materialien für Anwendungen zu entwickeln.

Nat. Commun. 2021, doi: 10.1038/s41467-021-20895-0

Adaptive Mikroelektronik | Ein Team der TU Chemnitz hat eine Mikroelektronik entwickelt, die sich auf Basis von Sensordaten kontrolliert positioniert, auf seine Bewegung reagiert und biologisches Gewebe manipuliert. Bislang ließen sich die letztgenannten Eigenschaften nicht kombinieren. Grundlage ist eine Polypyrolfolie, die 0,5 mm breit und 0,35 mm lang ist.

Mit diesen Erkenntnissen sollten Anwendungen in der Biomedizin möglich werden, etwa als robotisierte Minikatheter.

Adv. Intel. Syst. 2021, doi: 10.1002/aisy.202000238

Kagome-Graphen aus C und N | Basler Physiker haben aus Kohlenstoff- und wenigen Stickstoffatomen ein regelmäßiges Gitter aus Sechs- und Dreiecken hergestellt. Es verhält sich wie ein Halbleiter, und seine Leitfähigkeit lässt sich schalten, da die Elektronen zwischen den Dreiecken des Gitters lokalisiert sind. Dadurch wechselwirken die Elektronen miteinander, was etwa zu widerstandsloser Stromleitung führen könnte. Untersuchungen zu den elektrischen und magnetischen Eigenschaften stehen noch aus.

Angew. Chem. Int. Ed. 2021, doi: 10.1002/anie.202016469

Dendritenwachstum in Batterien | Dendrite entstehen allmählich beim Aufladen etwa von Lithiumionenbatterien an der negativen Elektrode. Erreichen sie die Gegenelektrode, kann es zum Kurzschluss kommen, und bei entflammenden Elektrolyten brennt die Batterie ab. Ein neues Modell erklärt, warum nur manche Metalle Dendriten bilden und andere nicht: Wird ein Metall bei Potenzialen unterhalb seines Ladungsnulldpunkts – also bei einer negativ geladenen Elektrode – abgeschieden, bilden sich immer wieder Unebenheiten auf der Oberfläche. Die negative Ladung konzentriert sich auf diesen Spitzen und zieht positiv geladene Ionen an – die Spitzen wachsen und bilden schließlich

Dendriten. Bei Metallen wie Kupfer oder Silber ist die Oberfläche bei der Abscheidung positiv geladen. Entsteht dort ein kleiner Vorsprung auf der Oberfläche, sammelt sich positive Ladung an, die Kationen abstößt.

Angew. Chem. Int. Ed. 2021, doi: 10.1002/anie.202017124

Photolumineszenz-Quantenausbeute von Perowskit-Halbleitern bestimmen

Perowskit-Solarzellen können theoretisch einen Wirkungsgrad von 30,5 Prozent haben. Um diesen zu erreichen, ist die optoelektronische Qualität des Halbleiters zu steigern. Diese lässt sich über die Photolumineszenz-Quantenausbeute (PL-Q) bestimmen. Dazu hat ein internationales Team nun ein Modell entwickelt, das die Lichtstreuung berücksichtigt – also dass der Perowskit auch solche Photonen emittiert, die innerhalb der Schichten reabsorbiert und reemittiert werden. Den Ergebnissen zufolge beträgt etwa die PL-Q von CH₃NH₃PbI₃ nicht 90, sondern 78 Prozent; das Optimierungspotenzial ist also größer als bisher angenommen. Das Team stellt eine Open-Source-Anwendung bereit, um die PL-Q verschiedener Perowskite zu ermitteln.

Matter 2021, doi: 10.1016/j.matt.2021.01.019

Eliza Leusmann

INTERSKRIPTUM

Böse, böse Chemie

Dieses (mittlerweile vierte) Schlaglichtheft der *Nachrichten aus der Chemie* ist der Nachhaltigkeit gewidmet. Und erstmal einen Glückwunsch: nämlich an Edgar Endlein, den aktuellen Träger des Meyer-Galow-Preises. Er sorgt beim Mainzer Reinigungsmittelhersteller Werner & Mertz (zusammen mit anderen natürlich) für die Nachhaltigkeit: Tenside der hauseigenen Marke Frosch basieren auf regionalen Ölen aus Sonnenblume oder Raps statt auf Kokos- oder Palmfett.

Endlein ist also einer der Guten. Vom Marketing seiner Arbeitgeberfirma lässt sich das nicht unbedingt behaupten: Die hauen in einer Frosch-Werbekampagne nämlich ordentlich auf die Ka... Na, wenn sie wenigstens wirklich da drauf hauen würden! (Werbung ist nun mal nichts für Feingeister.) Nein, sie hauen auf die böse Chemie drauf.

Und warum? Frosch setzt bei den Verpackungen seiner Produkte auf recycelbare Kunststoffe. Aber nicht auf irgendwelche, sondern nur auf mechanisch recycelte, denn chemisches Recycling ist Teufelszeug. So zeigt es der Frosch-Werbefilm auf Youtube. Dort „berichtet die mitgenommene Duschgelflasche Chemy von den furchtbaren Erlebnissen, die ihr beim chemischen Recycling widerfahren sind. Ihre Gesprächspartnerin Recy, ebenfalls eine Duschgelflasche, kann über die grausigen Schilderungen nur staunen. Sie selbst wurde schon oft mechanisch recycelt und freut sich bereits aufs nächste Mal.“

Wer die Interskriptum-Kolumne kennt, weiß, dass ich neben hinter sinniger Ironie auch sprachlich grobschlächtigen Nonsense durchaus schätze und pflege. Obige Beschreibung hätte ich mir deshalb wirklich gerne selbst ausgedacht, um anschließend selbst darüber zu lachen. Nur steht sie schon genau so und völlig ernst gemeint überm Video.

Chemisches Recycling hat Schwächen und Tücken – in den *Nachrichten* haben wir das unter dem Titel „Cracken oder einschmelzen“ aufbereitet [*Nachr. Chem.* 2020, 68(2), 22] – aber gerade bei kontaminierten oder vernetzten Kunststoffen hilft chemisches Recycling, Stoffkreisläufe zu schließen.

Also, sein kein Frosch und hau nicht auf die (vermeintlich) böse Chemie drauf – das ist nämlich so was von Eightys. Zum Abschluss eine gute Nachricht passend zum Schlaglichtthema Nachhaltigkeit: Ab dieser Ausgabe erscheinen die *Nachrichten aus der Chemie* auf Recyclingpapier. Möglich macht das unser Verlag Wiley-VCH, mit dem zusammen wir immer wieder gerne die Welt retten. Oder zumindest daran arbeiten.



Im Interskriptum schreibt Nachrichten-Chefredakteur **Christian Remenyi** über Chemisches und Komisches – und was sich sonst noch so im Zettelkasten der Redaktion findet.
nachrichten@gdch.de

Illustration: Uta Neubauer

Ehrungen

Annette Beck-Sickinger, Prof. Dr., Inst. für Biochemie der Univ. Leipzig: *Mitglied im Senat der DFG* (Platz Molekulare Biologie).

Uta Bilow, Dr., Inst. für Kern- und Teilchenphysik der TU Dresden: *Outreach-Preis* der Europ. Physikal. Gesellschaft (EPS) für ihre langfristige Koordination und den umfangreichen Ausbau der International Particle Physics Masterclasses.

Holger Braunschweig, Prof. Dr., Lehrstuhl für Anorg. Chemie II der Univ. Würzburg: *Mond-Nyholm-Preis für Anorganische Chemie* der Royal Society of Chemistry.

Stefanie S. Dehnen, Prof. Dr., FB Chemie der Univ. Marburg: *Alfred-Stock-Gedächtnispreis der GDCh* in Anerkennung ihrer Arbeiten zur Synthese, Strukturaufklärung und Anwendung innovativer heteronuklearer Cluster- und Netzwerkverbindungen, die entweder aus rein anorg. Bestandteilen bestehen oder anorg.-org. Hybridverbindungen sind. Die Auszeichnung ist mit 7500 Euro dotiert.

Edgar Endlein, Dr., Geschäftsführer Forschung & Entwicklung von Werner & Mertz, Mainz: *Meyer-Galow-Preis für Wirtschaftschemie 2020* für die Überführung von Tensiden auf Basis regionaler europäischer Pflanzenöle in nachhaltige Haushalts- und Körperpflegeprodukte. Die Auszeichnung ist mit 10000 Euro dotiert.

Clare Grey, Prof. Dr., Univ. Cambridge: *Körper-Preis für die Europäische Wissenschaft 2021* für die Optimierung von Batterien mit NMR-Spektroskopie. Die Auszeichnung ist mit einer Million Euro dotiert.

Eva Hevia, Prof. Dr., Dept. für Chemie und Biochemie der Univ. Bern: *Arfvedson-Schlenk-Preis der GDCh* für ihre Arbeiten in der Lithiumchemie. Wie diese zeigen, laufen grundlegend wichtige Organolithium- und Lithiumamidreaktionen auch ohne Luftausschluss ab, und Feuchtigkeit verbessert manchmal sogar die Reaktionskinetik. Die Auszeichnung ist mit 7500 Euro dotiert.



Seit 2008 koordiniert **Uta Bilow** das Outreach-Programm der International Particle Physics Masterclasses, an dem sich inzwischen mehr als 220 Forschungseinrichtungen in 60 Ländern weltweit beteiligen. Jedes Jahr analysieren Jugendliche hier an einem Tag gemeinsam mit Wissenschaftler:innen Daten von Großexperimenten des CERN in Genf oder des Fermilab in den USA. Das Programm vermittelt so moderne Physikforschung und trägt somit zur Studien- und Berufsorientierung bei.

Clare Grey untersuchte mit NMR die elektrochemischen Vorgänge beim Laden und Entladen von Akkus im laufenden Betrieb. Durch Ihre Erkenntnisse ließ sich die Leistung von Lithiumionenakkus steigern. Zudem hat sie neue Batterietypen mitentwickelt, etwa Lithiumluftakkus. Grey forscht außerdem an kostengünstigen und langlebigen Speichersystemen für Strom aus regenerativen Quellen.



Edgar Endlein hat dafür gesorgt, dass die Marke Frosch des Reinigungsmittelherstellers Werner & Mertz seit einigen Jahren Tenside einsetzt, die auf Ölen aus Sonnenblume oder Raps basieren statt etwa auf Kokos- oder Palmfett. Die aus regionalen Pflanzen gewonnenen Tenside sind nicht nur nachhaltiger, sondern bilden auch stabile Schäume und sind gut verträglich für die Haut.

Evamarie Hey-Hawkins, Prof. Dr., Inst. für Anorg. Chemie der Univ. Leipzig: *Karl-Ziegler-Preis der GDCh* in Würdigung ihrer Leistungen in der Organophosphorchemie und metallorg. Chemie sowie für ihre Verdienste um die Förderung der internationalen Zusammenarbeit und des wissenschaftl. Nachwuchses. Die Auszeichnung ist mit 50000 Euro dotiert.

Klemens Ilse, Dr., Fraunhofer-Inst. für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen, Halle/Saale: *Werkstoffpreis* von Schott für seine Dissertation.

Franz Kappenberg, Dr., Münster: *Bundesverdienstkreuz*.

Stefan Kaskel, Prof. Dr., Anorg. Chemie I der TU Dresden: *Henriette-Herz-Scout* der Alexander-von-Humboldt-Stiftung.

Evgenii Kondratenko, Prof. Dr., und **Jennifer Strunk**, Prof. Dr., beide Leibniz-Inst. für Katalyse, Rostock: *Outstanding Reviewer* der Zeitschrift

Catalysis Science & Technology bzw. *Energy & Environmental Science*.

Felix Lauterbach, Dr., Univ. Hamburg: *Ingeborg-Gross-Preis* für die beste Promotion mit dem Titel „Advances in RAFT polymerization process design and analysis“. Die Auszeichnung ist mit 2500 Euro dotiert.

Tobie Matemb Ma Ntep, Dr., Inst. für Anorg. Chemie der Univ. Düsseldorf: *Beste Dissertation des Jahres 2020* an der Univ. Düsseldorf. Die Auszeichnung ist mit 2500 Euro dotiert.

Petra Mischnick, Prof. Dr., Inst. für Lebensmittelchemie der TU Braunschweig: *Hildegard-Hamm-Brücher-Preis für Chancengleichheit in der Chemie der GDCh* in Würdigung ihres im Jahr 2002 initiierten Agnes-Pockels-Schüler:innenlabors an der TU-Braunschweig. Die Auszeichnung ist mit 7500 Euro dotiert.



Klemes Ilse hat sich für seine Doktorarbeit mit der Verschmutzung von Solarmodulen durch Staub und Sand in Wüstenregionen beschäftigt. Diese senkt die Erträge, was gerade beim zunehmenden Einsatz von Photovoltaikanlagen problematisch ist. Er hat Ursachen erforscht, die Größenordnungen analysiert und Lösungsstrategien entwickelt. Foto: Fraunhofer IMWS

Cristina Nevado, Prof. Dr., Univ. Zürich: *Dr. Margaret Faul Award for Women in Chemistry* von Thieme Chemistry für ihre Forschung zur Übergangsmetallkatalyse, der Synthese medizinisch relevanter Naturstoffe sowie zur Entwicklung bioaktiver chemischer Sonden. Die Auszeichnung ist mit 5000 Euro dotiert,

Mai-Thi Nguyen-Kim, Dr.: *GDCh-Preis für Journalisten und Schriftsteller* in Würdigung ihrer journalistischen Arbeit, mit der sie naturwissenschaftliche Zusammenhänge mit Kompetenz und Humor vermittelt. Die Auszeichnung ist mit 7500 Euro dotiert.

Martin Oestreich, Prof. Dr., Inst. für Chemie der TU Berlin: *Wacker-Siliconpreis* für seine Arbeiten zur org. und siliciumorg. Chemie. Die Auszeichnung ist mit 10 000 Euro dotiert.

Lukas Reisky, Dr., Köln: *Preis für Bio-konversion nachwachsender Rohstoffe* der GDCh für seine Arbeiten zur marinen Biomassekonversion. Die Auszeichnung ist mit 2000 Euro dotiert.

Mathias Ropohl, Prof. Dr., Chemiedidaktik der Univ. Duisburg-Essen: *Berufung in das „Kolleg Didaktik: digital“*.

Peter H. Seeberger, Prof. Dr., Max-Planck-Inst. für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Potsdam: *Emil-Fischer-Medaille* der GDCh in Anerkennung seiner Beiträge zur Synthese und chem. Biologie der Kohlenhydrate, insbes. durch die Entwicklung automatisierter Methoden. Zudem wurde Seeberger ins Präsidium der Deutschen Forschungsgemeinschaft gewählt.

Doris Segets, Jun.-Prof. Dr., Center for Nanointegration der Univ. Duisburg-Essen: *Dechema-Preis* für ihre Arbeiten in der Verfahrenstechnik. Die Auszeichnung ist mit 20 000 Euro dotiert.

Peter Strasser, Prof. Dr., Inst. für Chemie der TU Berlin: *Brian Conway Prize for Physical Electrochemistry* der International Society of Electrochemistry für seine Forschungsergebnisse in physikal. Elektrochemie. Die Auszeichnung ist mit 1000 Euro und einer Medaille dotiert. Zudem erhielt Strasser die *Faraday-Medaille* der Royal Society of Chemistry sowie die *Christian-Friedrich-Schönbein-Ehrenmedaille in Gold* des European Fuel Cell Forum.

Herbert Waldmann, Prof. Dr. Dr. h. c., Max-Planck-Inst. für molekulare Physiologie, Dortmund: *Liebig-Denkmünze der GDCh* für die Entwicklung neuer Konzepte zur Herstellung naturstoffbasierter Substanzbibliotheken und die Entdeckung neuer Synthesemethoden zur Erzeugung lipidierter Peptide und Proteine zum Studium krebserrelevanter G-Proteine wie des Ras/RasG-Systems.

Omar M. Yaghi, Prof. Dr., Dept. of Chemistry der Univ. of California, Berkeley: *August-Wilhelm-von-Hofmann-Denkmünze der GDCh* in Anerkennung seiner Beiträge zu metallorg. Gerüstverbindungen (MOFs) und den kovalenten organischen Gerüstverbindungen (COFs).

Kai Zuber, Prof. Dr., Inst. für Kern- und Teilchenphysik der TU Dresden: *Giuseppe-und-Vanna-Cocconi-Preis* der EPS.



Der pensionierte Lehrer **Franz Kappenberg** hat, weit bevor die Digitalisierung in Schulen Thema war, neue Methoden für digitalen Unterricht entwickelt. Zudem gab er wichtige Impulse zur Experimentalchemie, etwa zu Wasseranalyse und Entwicklung elektronischer Geräte für den Eigenbau. Im Jahr 1987 initiierte er in Münster den Regionalwettbewerb „Jugend forscht“.

Karriere

Andreas Förster, Dr., stellv. Geschäftsführer der Dechema, Frankfurt, übernahm am 1. Juli 2021 die Geschäftsführung der Dechema (Nachf. Kurt Wagemann, Prof. Dr.).

Florian Geistmann, Dr., Customer Care von Shimadzu, ist seit dem 1. Juli 2021 neuer Geschäftsführer von Shimadzu (Nachf. Jürgen Semmler).

Wolfram Krenn wurde mit Wirkung zum 1. Juli 2021 zum Executive Vice President Base Chemicals & Operations und Mitglied des Vorstands von Borealis bestellt (Nachf. Martijn van Koten).

Markus Oberscheven ist seit dem 1. Juli 2021 neuer Hauptgeschäftsführer der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (Nachf. Thomas Köhler).

Kathrin Rübberdt, Dr., Leiterin Kommunikation der Dechema, Frankfurt, übernahm zum 1. Juli 2021 die Leitung des Bereichs „Wissenschaft und Industrie“ der Dechema und gleichzeitig die Geschäftsleitung von ProcessNet.

Geburtstage im Oktober



Eckart Bedbur



Dieter Binder



Wolfgang Gorek



Thi Lam Huong
Pham



Michael Schmittel

Bernd Rüdiger Altmann, Dr., Hamburg: 80. Geburtstag am 10.

Norbert Arlt, Dipl.-Chem., Neuss, Thyssenkrupp Nirosta, Düsseldorf: 65. Geburtstag am 29.

Friedhelm Bandermann, Prof. Dr., Velbert: 85. Geburtstag am 3.

Eckart Bartels, LM-Chem., Haltern, Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Rhein-Ruhr-Wupper, Krefeld: 65. Geburtstag am 11.

Franz-Erich Baumann, Dr., Dülmen, Evonik Degussa, Marl: 65. Geburtstag am 27.

Eckart Bedbur, Dr., Kiel, Inst. für Geowiss. der Univ. Kiel: 65. Geburtstag am 5.

Ernst Bernhard, Dr., Hirschberg: 75. Geburtstag am 26.

Werner Biffar, Dr., Frankenthal: 70. Geburtstag am 3.

Dieter Binder, Dr., Alzenau, Cerdec, Frankfurt: 65. Geburtstag am 13.

Gottfried Boden, Dr., Dresden: 80. Geburtstag am 5.

Alexander Boeck, Dr., Düsseldorf: 80. Geburtstag am 21.

Hannelore Bohnert, Offenburg: 65. Geburtstag am 2.

Hilmar Bökens, Dr., Düsseldorf: 70. Geburtstag am 7.

Michael Busch, Dr., Darmstadt, Merck, Darmstadt: 65. Geburtstag am 19.

Manfred Christl, Prof. Dr., Würzburg: 80. Geburtstag am 20.

Karl-Heinz Deimer, Dr., Germering: 80. Geburtstag am 23.

Jürgen Delventhal, Dr., Erkrath: 80. Geburtstag am 17.

Monika Dicke, Dr., Rosengarten: 70. Geburtstag am 1.

Klaus Ditrach, Prof. Dr., Gönningheim, BASF, Ludwigshafen: 65. Geburtstag am 22.

Gerhard Erker, Prof. Dr., Münster: 75. Geburtstag am 16.

Siegfried Ernst, Dr., Bonn: 75. Geburtstag am 10.

Gerhard Ertl, Prof. Dr. Dr. h. c., Berlin [vgl. „Wer ist's?“, *Nachr. Chem. Tech. Lab.* 1988, 36, 63]: 85. Geburtstag am 10.

Walter Feldmann, Dr., Berlin: 90. Geburtstag am 25.

Rainer Franck, Dr., München: 90. Geburtstag am 30.

Helmut Fricke, Dr., München: 75. Geburtstag am 25.

Johann Gasteiger, Prof. Dr., München: 80. Geburtstag am 27.

Rolf Gleiter, Prof. Dr., Heidelberg: 85. Geburtstag am 22.

Wolfgang Gorek, Dipl.-Phys., Teutschenthal, Mider, Spergau: 65. Geburtstag am 8.

Volker Gradmann, Dr., Alzenau: 75. Geburtstag am 29.

Erich Gruber, Prof. Dr., Bischofsheim: 80. Geburtstag am 5.

Friedrich Gründig, Dipl.LM.Chem., Dresden: 70. Geburtstag am 2.

Achim Günther, Dr., Berlin: 85. Geburtstag am 30.

Erich Hammerschmidt, Dr., Bergisch Gladbach: 70. Geburtstag am 10.

Gerhard Harms, StD., Bissendorf, Ratsgymnasium, Osnabrück: 65. Geburtstag am 31.

Hironobu Hashimoto, Prof. Dr., Yamato-Shi/Japan: 80. Geburtstag am 12.

Hans Günther Hauck, Dr., Eltville, Woermann, Darmstadt: 65. Geburtstag am 18.

Horst Honeck, Dr., Berlin: 85. Geburtstag am 27.

Wolfgang Jabs, Prof. Dr., Greifswald: 80. Geburtstag am 27.

Gudrun Joos-Guba, Dr., Freiberg: 65. Geburtstag am 16.

Wolfgang Jorisch, Dr., Geilenkirchen: 75. Geburtstag am 27.

Erhard Koch, Dr., Schifferstadt: 85. Geburtstag am 4.

Peter Köhler, Dr., Krefeld: 75. Geburtstag am 30.

Elke Köhling, OStR., Hannover: 70. Geburtstag am 21.

Gregor Kraft, Dr., Maxdorf: 65. Geburtstag am 2.

Helmut Krill, Dr., Maintal: 90. Geburtstag am 13.

Rainer Krysch, Dipl.-Chem., Kaarst: 70. Geburtstag am 25.

Manfred Kuhn, Dr., München: 75. Geburtstag am 21.

Klaus-Wilhelm Lienert, Dr., Hamburg: 70. Geburtstag am 19.

Jörg Lindner, Dr., Himmelpforten: 70. Geburtstag am 7.

Thomas A. Link, Dr., Eschborn: 65. Geburtstag am 22.

Wolfgang Lorenz, Dr., Dormagen: 65. Geburtstag am 20.

Renate Loske, Dr., Karlsruhe: 70. Geburtstag am 19.

Eberhard Ludwig, Prof. Dr., Ober-Ramstadt: 90. Geburtstag am 6.

Bernhard Lüsse, Dr.-Ing., Ginsheim-Gustavsburg: 70. Geburtstag am 23.

Christoph Martin, Dr., Mannheim: 75. Geburtstag am 8.

Lothar Matter, LM-Chem., Dinslaken: 75. Geburtstag am 20.

Hans-Joachim Meiners, Dr., Leverkusen: 80. Geburtstag am 9.

Martin Metschies, Dr., Merzhausen, Chem. und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg: 65. Geburtstag am 2.

Matthias Moll, Dr., Uttenreuth: 75. Geburtstag am 16.

Gert Rainer Müller, Prof. Dr., Salztal: 80. Geburtstag am 12.

Hilde Nimmessgern, Dr., Mörfelden-Walldorf: 70. Geburtstag am 23.

Radulf Oberthür, Dr., Bawinkel: 80. Geburtstag am 2.

Peter Oltmanns, Dr., Hamburg, Schülke & Mayr, Norderstedt: 65. Geburtstag am 31.

Axel Parlow, Dr., Berlin: 70. Geburtstag am 24.

Marlene Pasch, Dipl.-Chem., Matieland/Südafrika: 70. Geburtstag am 30.

Margarete Peters, StR., Aurich, Gymnasium Ulricianum, Aurich: 65. Geburtstag am 9.

Thi Lam Huong Pham, Dr., Berlin, Inst. für Ökologie der TU Berlin: 65. Geburtstag am 26.

Berndt-Ingo Podkowik, Dr., Rheinfelden: 75. Geburtstag am 31.

Werner Pörsch, Dipl.-Chem., Preveza/Griechenland: 70. Geburtstag am 7.

Constanze Prengel, Dr., Siegen: 65. Geburtstag am 25.

Dieter Rehn, Dr., Wessobrunn: 75. Geburtstag am 26.

Christiane Richter, Bad Zwischenahn: 65. Geburtstag am 6.

Silke Riebensahm, Schwerin:
65. Geburtstag am 2.
Kurt Schaffner, Prof. Dr. Dr. h. c.,
Mülheim: 90. Geburtstag am 6.
Michael Schieferstein, Dr., Moers,
Messer Griesheim, Oberhausen:
65. Geburtstag am 6.
Cornelia Schlegel, Dr., Leverkusen:
65. Geburtstag am 31.
Thomas Schmidt, Dr., Haan:
80. Geburtstag am 22.
Bernd Schmittecker, Dr., Waghäusel:
70. Geburtstag am 6.
Michael Schmittel, Prof. Dr., Gebrunn,
Org. Chemie I der Univ. Siegen:
65. Geburtstag am 9.
Martin Schmitthenner, Dr., Wetter:
75. Geburtstag am 9.
Joachim Scholz, Prof. Dr., Rhens, Inst.
für Integrierte Naturwiss. der Univ.
Koblenz-Landau: 65. Geburtstag
am 7.
Thomas Schöttle, Dr., Hochburg-Ach/
Österreich: 65. Geburtstag am 12.
Thomas Schreckenbach, Prof. Dr. Dr.
h. c., Mühlthal: 75. Geburtstag am 21.

Wolfgang Schuhmann, Prof. Dr.,
Bochum, Lehrstuhl für Analyt.
Chemie der Univ. Bochum:
65. Geburtstag am 10.
Gerrit Schüürmann, Prof. Dr., Threna,
Dept. Ökolog. Chemie der Univ.
Leipzig: 65. Geburtstag am 10.
Gerhard Scriba, Prof. Dr., Cospeda,
Inst. für Pharmazie der Univ. Jena:
65. Geburtstag am 1.
Michael Sell, Dr., Braunschweig,
Solvay Chemicals, Hannover:
65. Geburtstag am 14.
Hans-Ullrich Siehl, Prof. Dr., Tübingen:
75. Geburtstag am 22.
Hans Sillescu, Prof. Dr., Mainz:
85. Geburtstag am 5.
Jörg Detlev Six, Dr., Hagen:
70. Geburtstag am 6.
Robert Söllner, Dr., Leverkusen:
70. Geburtstag am 11.
Erwin Stark, Dr., Boll: 75. Geburtstag
am 18.
Rolf Steinberger, Dr., Schifferstadt:
80. Geburtstag am 5.
Renate Sterzel, Dr., Frankfurt:
80. Geburtstag am 11.

Horst Sund, Prof. Dr., Konstanz:
95. Geburtstag am 16.
Beatrix Vierkorn-Rudolph, Dr.-Ing.,
Hürtgenwald: 70. Geburtstag am 31.
Wolfgang Voelter, Prof. Dr. Dr. h. c. mult.,
Tübingen: 85. Geburtstag am 20.
Martin Voihsel, Homburg:
65. Geburtstag am 11.
Armin Weber, Dr., Kirkel: 80. Geburts-
tag am 20.
Christine Werner, OStR., Berlin:
70. Geburtstag am 3.
Joachim Wiegert, Dr., Gronau:
75. Geburtstag am 11.
Wolfgang Winterstein, Dr., Karben:
75. Geburtstag am 13.
Peter Wolfgardt, Dr., Türkenfeld:
75. Geburtstag am 12.
Samuel Wunderli, Dr., Schlatt/
Schweiz, atomolmetrion, Schlatt:
65. Geburtstag am 27.
Eberhard Zietz, Dr., Lübeck:
75. Geburtstag am 3.
Herbert Zuber, Prof. Dr., Opfikon/
Schweiz: 95. Geburtstag am 24.
Lutz Zülicke, Prof. Dr., Berlin:
85. Geburtstag am 2.



Gerrit Schüürmann



Gerhard Scriba

Gestorben

Florian Blumenthal, Dr., Domat/
Schweiz, EMS-Grivory, Domat/Schweiz,
langj. Mitgl. der GDCh, am 11. Mai 2021
im Alter von 49 Jahren.
Rolf Böttcher, Prof. Dr., Leipzig, früher
Inst. für Experimentelle Physik II der
Univ. Leipzig, langj. Mitgl. der GDCh, am
20. April 2021 im Alter von 79 Jahren.
Klaus Brandt, Dr., Ingelheim, früher Bo-
ehringer Ingelheim, langj. Mitgl. der
GDCh, am 19. September 2020 im Alter
von 83 Jahren.
Hasso Daebel, Dr., Marl, langj. Mitgl. der
GDCh, am 28. April 2021 im Alter von
86 Jahren.
Bruno Degen, Dr., Much, langj. Mitgl.
der GDCh, am 3. Mai 2021 im Alter von
82 Jahren.
Walter Fester, Dr., Königstein, langj.
Mitgl. der GDCh, am 25. April 2021 im
Alter von 87 Jahren,

Jörg Frenzel, Dr., Harrislee, langj. Mitgl.
der GDCh, am 18. Mai 2021 im Alter von
85 Jahren.
Gerhard Greiner, Dr., Würzburg, langj.
Mitgl. der GDCh, am 11. April 2021, im
Alter von 79 Jahren.
Franz Lux, Prof. Dr., München, früher ,
Inst. für Radiochemie der TU München,
Garching, langj. Mitgl. der GDCh, am 6.
Juni 2021 im Alter von 95 Jahren.
Heinrich Ockenfels, Prof. Dr., Ulm, früher
Abt. Physiolog. Chemie der Univ. Ulm,
langj. Mitgl. der GDCh, am 27. Mai 2021
im Alter von 89 Jahren.
Oskar R. Pfister, Dipl.-Chem., Uznach/
Schweiz, früher Proto Chemicals, langj.
Mitgl. der GDCh, am 11. April 2021 im
Alter von 76 Jahren.
Gerhard Rieck, Dr., Leverkusen, früher
techn. Direktor der Pigment-Gruppe NL
Industrie, Kronos-Titan, Leverkusen,

langj. Mitgl. der GDCh, am 30. Januar
2021 im Alter von 96 Jahren.
Werner Rocker, Dr., Krefeld, früher Mi-
nisterium für Umwelt, Raumordnung
und Landwirtschaft des Landes Nord-
rhein-Westfalen, Düsseldorf, langj.
Mitgl. der GDCh, am 31. Mai 2021 im
Alter von 85 Jahren.
Klausdieter Roennefahrt, Dr., Springe,
früher Preussag, Hemmingen, langj.
Mitgl. der GDCh, am 28. Januar 2021 im
Alter von 89 Jahren.
Isolde Sallatsch, StD., Neu-Isenbvurg,
früher Albert-Schweitzer-Schule, Offen-
bach, langj. Mitgl. der GDCh, am 11.
März 2021 im Alter von 81 Jahren.
Hans Sattlegger, Dr., Odenthal, früher
Bayer, Leverkusen, Inh. der Otto-Bayer-
Medaille, langj. Mitgl. der GDCh, am 3.
April 2021 im Alter von 85 Jahren.

Nachruf: Wittko Francke (1940–2020)

Wittko Francke wurde im Jahr 1940 in Reinbek bei Hamburg geboren. In seiner Jugend begleitete er seine Mutter, eine Forstentomologin, auf internationalen Reisen, der Beginn seines Interesses an Insekten. Ab 1960 studierte er Chemie in Hamburg. Nach dem Diplomabschluss 1968 erhielt er eine Stelle als wissenschaftlicher Assistent im Chemischen Staatsinstitut – Institut für Organische Chemie, Universität Hamburg, wo er unabhängig forschen konnte. Er promovierte dort im Jahr 1973 beim Kohlenhydratchemiker Kurt Heyns über Aggregationsverbindungen von Borkenkäfern.

Im Jahre 1979 habilitierte er an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen-Fakultät. In dieser Zeit identifizierte er eine neue Klasse von Borkenkäferpheromonen, die Spiroacetale, denen zeitlebens sein besonderes Interesse galt.

Im Jahr 1985 wurde er Professor für Organische Chemie in Hamburg und in einem weiteren Karriere-

Vorbildlicher Einsatz auf allen Ebenen

schritt im Jahr 1990 C4-Professor. Francke lehnte Rufe an die Universität Gießen (1985) und an die Universität Heidelberg (1990) ab. Am wohlsten fühlte er sich im Kreis seiner Familie. Ebenso verbunden war er auch mit seiner Universität, der er als Dekan, Institutsdirektor und in anderen Funktionen diente.

Enthusiastisch widmete er sich der Chemischen Ökologie, seinem zentralen Forschungsgebiet. Er engagierte sich in der International Society of Chemical Ecology (ISCE), etwa als Präsident, Council-Mitglied oder Gastgeber der jährlichen Tagung im Jahr 2002 in Hamburg. Im Jahr 1990 gründete er die Abteilung für Organo-Meereschemie.

Wichtige Beiträge lieferte er auch zur Dioxin- und Umweltanalytik, womit die Stadt Hamburg zu dieser Zeit Probleme hatte. Direkt nach der deutsch-deutschen Wiedervereinigung untersuchte er Schadstoffe in der Elbe und lieferte erstmals nach der Wende Daten zur Umweltbelastung dieses Flusses.

Am 27. Dezember 2020 starb Wittko Francke, Professor für Organische Chemie. Sein zentrales Forschungsgebiet war die chemische Ökologie.



In Anerkennung seiner Verdienste erhielt er die Silbermedaille der ISCE, den Award for Outstanding Service und war als nur eine von drei Personen Ehrenmitglied auf Lebenszeit. Zudem erhielt er die Otto-Wallach-Medaille der GDCh und die Karl-Escherich-Medaille der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie. Die Universitäten von Lund und Göteborg in Schweden verliehen ihm die Ehrendoktorwürde. Gründe für Franckes ausgezeichneten Ruf waren seine dauerhafte, harte wissenschaftliche Arbeit und sein vorbildlicher Einsatz auf allen Ebenen, oft sogar ohne Rücksicht auf das eigene Wohl.

Francke war Chemiker durch und durch, kompetitiv, einfallreich, der auch mit Kollegen aus der Biologie zusammenarbeitete und stets über die organische Synthesechemie hinausblickte. Sein Fokus lag auf

Strukturellem, was in einem umfassenden Verständnis von Biosynthesewegen wurzelte. So sagte er die Existenz von Spiroacetalen vorher, bevor er sie nachweisen und synthetisieren konnte. In seiner Forschung stützte er sich auf ein globales Netzwerk von Kooperationspartnern, die von seinem einzigartigen Wissen profitierten, insbesondere zu Strukturen und Massenspektrometrie von Semiochemicals.

Sein anfängliches Interesse an Waldinsektpheromonen weitete sich aus auf andere Insekten wie Hymenopteren oder Lepidopteren, die chemische Verteidigung, bakterielle flüchtige Stoffe sowie Interaktionen zwischen Insekten und Pflanzen. Dazu hat er mehr als 350 Publikationen verfasst, die oft organische Spurenanalyse und Synthese elegant verbinden.

Nicht nur ein außergewöhnlicher Wissenschaftler

Im Laufe seiner Karriere bildete Francke 65 Doktoranden aus. Vielen ist er aufgrund seiner Begeisterungsfähigkeit und seiner positiven, emphatischen Diskussionsbereitschaft und Vortragstätigkeit in Erinnerung. Dies endete nicht mit seinem Ruhestand: Bis zuletzt war er Mitherausgeber des *Journal of Chemical Ecology* und besuchte Tagungen.

Francke war nicht nur ein außergewöhnlicher Wissenschaftler, sondern auch hervorragender Flötist, Weinliebhaber und Koch. Vor allem aber war er ein engagierter Familiemensch und ein treuer Freund.

Wir werden seine offene, großzügige, kritisch beratende und hilfsbereite Persönlichkeit vermissen und ihn stets in guter Erinnerung behalten.

Stefan Schulz, Chris Meier

Nachruf: Siegfried Niese (1932–2021)

Siegfried Niese wurde am 23. Oktober 1932 in Riesa geboren und studierte nach dem Abitur von 1951 bis 1956 Chemie an der Universität Leipzig. Dort promovierte er im Jahr 1959 mit einer Arbeit zur Extraktion von Thoriumnitrat. Drei Jahre zuvor war er einer der ersten wissenschaftlichen Mitarbeiter am Zentralinstitut für Kernforschung der Akademie der Wissenschaften und blieb dem Standort Rossendorf über sein ganzes Berufsleben treu.

Ein über Jahrzehnte prägender Wissenschaftler

Die Inbetriebnahme des Forschungsreaktors 1957 in Rossendorf war der Startpunkt, um die Neutronenaktivierungsanalyse zu etablieren. Diese damals empfindlichste Methode zur Elementbestimmung hat Niese nahezu sein gesamtes Berufsleben begleitet. Im Jahr 1980 veröffentlichte er gemeinsam mit Gerd Pfrepper und Wolf Görner das Lehrbuch Spurenelementbestimmung durch Neutronenaktivierung.

Nieses Arbeiten an Reaktionen mit schnellen Neutronen und die Untersuchungen zur Spurenanalyse in Halbleiterwerkstoffen führten ihn zur Promotion B, die er im Dezember 1972 vorlegte. Aufgrund seiner Verdienste um die Aktivierungsanalyse ernannte die Akademie der Wissenschaften Niese im Jahr 1980 zum Professor.

Als Leiter der Fachgruppe Radiochemische Analytik der Chemischen Gesellschaft initiierte er im Jahr 1975 das erste internationale Meeting on Radioanalytical Methods. Diese Tagungen fanden bis 1991 alle vier Jahre in Dresden statt und boten Wissenschaftlern aus Ost und West ein Diskussionspodium.

Die Spurenanalyse neutronenaktivierten Halbleitersiliciums erforderte, den Einfluss des Nulleffekts bei

Kernstrahlungsmessungen zu minimieren. Niese hat daher im Jahr 1982 in einem Dresdner Brauereistollen ein Untertagelabor eingerichtet, in dem sich neutronenaktivierte und Umweltproben ohne die störenden Nulleffektquellen der Höhenstrahlung gammaspektrometrisch analysieren lassen. In der Blü-

Am 2. April 2021 starb Siegfried Niese, der sich über Jahrzehnte am Forschungsstandort Rossendorf für die radiochemische Analytik eingesetzt hat.



tezeit der NaI-Detektoren waren durch den hohen Eigennulleffekt und die schlechte energetische Auflösung die meisten Nulleffekt-Quellen noch nicht quantifizierbar, und es gab weltweit nur wenige Untertagelabors. Nieses Weitsicht, ein Untertagelabor zu etablieren, gebührt daher großer Respekt. Das Niederniveaumesslabor Felsenkeller ist bis heute in Betrieb. Letztlich waren Nieses Ideen auch die Grundlage für das untertägige Beschleunigerlabor am gleichen Standort, das die Technische Universität Dresden und das Helmholtzzentrum Dresden-Rossendorf gemeinsam betreiben.

Nieses Philosophie war eine Mischung aus interdisziplinärer Wissenschaft, Routinebetrieb und methodischer Weiterentwicklung. Das machte seine Arbeitsgruppen sowie das Labor Felsenkeller über die Jahre von wissenschaftspolitischen Entscheidungen weitestgehend unabhängig.

Großen Wert legte er auf die Förderung junger Menschen, die er mit großem Engagement auf ihren Wegen in die Wissenschaft begleitete.

Niese war Mitautor und Autor von über 100 Publikationen in Fachzeitschriften und von vier Fachbüchern. Seit 1961 war er Mitglied der Chemischen Gesellschaft. Er gehörte mehrere Jahre der Physikalischen Gesellschaft an sowie der Gesellschaft für Geologische Wissenschaften, dem Fachverband Strahlenschutz und der Kerntechnischen Gesellschaft. Bis zum Jahr 1990 war er Vorsitzender der Fachgruppe Radiochemie in der GDCh.

Mit dem Eintritt in den Ruhestand im Jahr 1997 widmete er sich der Geschichte der Radioaktivität. Insbesondere intensivierte er seine bereits im Jahr 1985 begonnenen wissenschaftshistorischen Forschungen, die in der Biographie „Georg von Hevesy – Wissenschaftler ohne Grenzen“ mündeten.

Als aktiver Ruheständler führte er erste Messungen zum Neutronenuntergrund im Felsenkeller durch und analysierte langlebige kosmische Radionuklide in Meteoriten. Diese Vorarbeiten waren die Grundlage für erfolgreiche wissenschaftliche Arbeiten der letzten Jahre.

Agieren mit Umsicht und Weitsicht

Aber auch privat blieb er aktiv und initiierte beispielsweise im Jahr 2001 das Geologische Freilichtmuseum rund um den Porphyrfächer in Mohorn-Grund.

Siegfried Niese wird uns als Ideengeber, väterlicher Freund und Wissenschaftler unvergessen bleiben.

*Irene Mailand, Detlev Degering,
Matthias Köhler*



Lesen über Nachhaltigkeit

Recycling – ein Mittel zu welchem Zweck? Modellbasierte Ermittlung der energetischen Aufwände des Metallrecyclings für einen empirischen Vergleich mit der Primärgewinnung. Von Philipp Schäfer. Springer Spektrum, Heidelberg 2021. Open access, kostenlos heruntergeladen unter t1p.de/2r59

Schäfer kritisiert die Entwicklung der Kreislaufwirtschaft hin zu einem Selbstzweck. Soll sie zu einer nachhaltigen Entwicklung beitragen, muss sie aber Mittel zum Zweck sein und bedarf daher konkreter Ziele. Das sollten etwa weniger Energieaufwand der Rohstoffbereitstellung und Minderung der damit verbundenen Treibhausgasemissionen sein. Mit empirischen Beispielen will der Autor verdeutlichen, dass dies zwingend ist, damit Kreislaufwirtschaft zum Klimaschutz und damit zu einer nachhaltigen Entwicklung beiträgt.

Die Homepage saicmknowledge.org entstand aus dem SAICM-Projekt Chemicals Without Concern – Towards safer products for our environment and health, gefördert von der Global Environmental Facility (GEF). SAICM steht für Strategischer Ansatz zum Internationalen Chemikalienmanagement und ist ein im Jahr 2006 verabschiedetes unverbindliches Rahmenwerk. Die Webseite informiert über aufkommende politische Themen, liefert Artikel, veranstaltet Events, ermöglicht Netzwerken und gibt Einblicke in Diskussionen.

Wie nachhaltige Wirtschaft funktionieren kann, erklären *The Upcycle: Beyond Sustainability – Designing for Abundance* von William McDonough und Michael Braungart, *The Circular Economy Handbook: Realizing the Circular Advantage* von Peter Lacy, Jessica Long und Wesley Spindler sowie *Waste to Wealth* von Peter Lacy und Jakob Rutqvist. Demnach müssen „grün“ und Wachstum keine Gegensätze sein. *Waste to Wealth* etwa beschreibt dazu fünf Geschäftsmodelle, der Nachfolger *The Circular Economy Handbook* verrät, wie sich das schnell bewerkstelligen lässt. In *The Upcycle* zeigen die Autoren, welche Vorteile entstehen, wenn „aufgemotzt“ wird – etwa, wie Produktdesign, Gebäude und Handelsbräuche profitieren. Wer lieber auf Deutsch liest, mag vielleicht *Intelligente Verschwendung: The Upcycle: Auf dem Weg in eine neue Überfluggesellschaft*. Hier geht es nicht nur um das Design einzelner Produkte, sondern um die „Vervollkommnung des Lebensstils“: gesundes Wohnen, freudvolles Arbeiten und das Errichten zukunftsfähiger Städte.

Fünf Hausmittel ersetzen eine Drogerie. Herausgegeben von Team Smarticular. Smarticular-Verlag, Berlin 2018. 192 Seiten, brosch. 14,95 Euro. ISBN 978-3-946658-00-9

Das Buch erklärt 300 Anwendungen und 33 Rezepte, die „Geld sparen und die Umwelt schonen“. Mit dabei: Wissens-

wertes zum Putzen, Wäschewaschen, Haushalt sowie zu Gesundheit und Körperpflege. Was Sie brauchen? Natron, Soda, Essig, Zitronensäure und Kernseife. Und ein bisschen Zeit.

Selbstversorgt! Gemüse, Kräuter und Beeren aus dem eigenen Garten. Von Heide Hasskerl. Leopold-Stocker-Verlag, Graz 2010. 222 Seiten, geb. 12,90 Euro. ISBN 978-3-7020-1263-2

Das Praxisbuch richtet sich an Einsteiger, die Schritt für Schritt erfahren, wie aus der Wiese hinterm Haus ein Nutzgarten wird. Beete anlegen, Erde bearbeiten, Unterschiede zwischen aufkeimenden erwünschten Pflanzen und Beikraut sind ebenso Bestandteil wie Angaben zum Zeitaufwand sowie eine Gegenüberstellung von Kosten und Nutzen. Tipps und Tricks der Autorin, Beispiele, wie sich 30 oder 100 Quadratmeter am effizientesten nutzen lassen, und Informationen zum Lagern der Ernte vervollständigen das Werk.

Blockchain – Wirtschaft im Umbruch. Warum die Chemieindustrie dabei der wichtigste Treiber ist. Von Bettina Uhlich, Heinz-Günter Lux. Wiley-VCH, Weinheim 2021. 240 Seiten, geb. 29,99 Euro. ISBN 978-3-527-51030-6

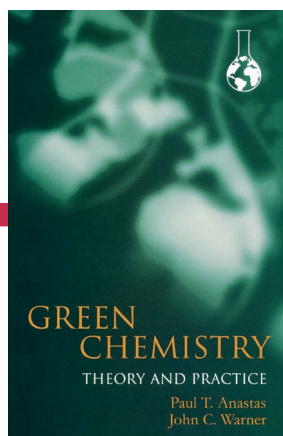
Blockchain hilft, Lieferketten in Echtzeit transparent darzustellen. Handel und Produktionsketten werden damit nach-



haltig und ressourcenschonender gestaltet. Das vermeidet Überproduktionen, und der Plastikmüll könnte sich den Autoren zufolge auf Null reduzieren, wenn durch Blockchain der Lebenszyklus von Kunststoffen bekannt ist und so vollständiges Wiederverwerten möglich macht. Korruption wird nachweisbar, und die Dritte Welt kann dadurch erstmals am fairen Handel teilnehmen und gerecht partizipieren. Wirtschaftsspionage wird nahezu ausgeschlossen. Die Autoren beleuchten diesen Wandel an Beispielen aus der Chemieindustrie.

Was, wenn wir einfach die Welt retten? Handeln in der Klimakrise. Von Frank Schätzing. Kiepenheuer und Witsch, Köln 2021. 336 Seiten, geb. 20 Euro. ISBN 978-34620-0201-0

Wir sind in einem Dauerthriller, sagt Schätzing im Vorwort. Derzeitige Hauptthemen: Klimakrise, Pandemie, Digitalisierung, Terror. Wissenschaftlich fundiert entwirft der Autor Zukunftsszenarien, in denen wir mal versagen, mal gewinnen. Wer sind Pro- und Antagonisten dieser Zeit, wer in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft ist verantwortlich? Der Leser trifft auf Aktivisten, Leugner und Verschwörungstheoretiker, bevor Schätzing Wege aufzeigt, wie wir der Klimafalle entkommen und alles gut – nein, besser – werden kann.



The Green Chemistry Theory and Practice. Von John Warner, Paul Anastas. Oxford University Press 2000. 148 Seiten, brosch. 33 Euro. ISBN 978-01985-0698-0

„They don't use fancy words at all and a lot of examples of why sustainability and Green Chemistry is important and how we can achieve that... and the whole role of chemistry in our lives.“ Juliana Vidal, Memorial University of Newfoundland Canada, Director of Communications von Nesse, einem jungen Sustainable-scientists-Netzwerk

Wie wir die Klimakatastrophe verhindern: Welche Lösungen es gibt und welche Fortschritte nötig sind. Von Bill Gates. Piper-Verlag, München 2021. 320 Seiten, geb. 22 Euro. ISBN 978-34920-7100-0

Um die Klimakatastrophe zu verhindern, müssen wir Gates zufolge die 51 Milliarden Tonnen Treibhausgase wie CO₂, CH₄ und N₂O, die wir jährlich ausstoßen, bis zum Jahr 2050 auf Null reduzieren. Wie das geht? Indem wir die Stromnetze ausbauen und „sauberen“ Atomstrom nutzen, weniger Stahl, Beton und Plastik produzieren, weniger Fleisch essen, weniger Lebensmittel wegwerfen und ökologisch wirtschaftende Unternehmen unterstützen, Elektro- und Kohlenwasserstofftreibstoffe für unsere Fahrzeuge nutzen und die Emissionen beim Heizen und Kühlen drücken, etwa durch strengere gesetzliche Richtlinien beim Energiebedarf von Klimaanlagen.



Power-to-X-Atlas. Vom Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik. Kostenlos benutzen unter devkopsys.de/ptx-atlas/

Der PtX-Atlas des Fraunhofer IEE ist eine kostenlose Web-Anwendung, die zeitlich-räumlich hochaufgelöste Simulationen für ein erstes außereuropäisches Power-to-X-Mengenszenario präsentiert. Zudem liefert sie länderspezifische Standortanalysen zur Produktionscharakteristik und Informationen zu langfristigen Gestehungskosten strombasierter Kraftstoffe. Der Atlas will Stakeholdern aus Politik und Industrie einen umfassenden Einblick in die Untersuchungsergebnisse des Projekts Dekarbonisierung Verkehr Rückkopplung Energiesystem (Dev-Kopsys) ermöglichen.

The Role of Chemists and Chemical Engineers in a Sustainable World. Von David Cole-Hamilton. Chem. Eur. J. 2020, 26(9), 1894. doi 10.1002/chem.201905748

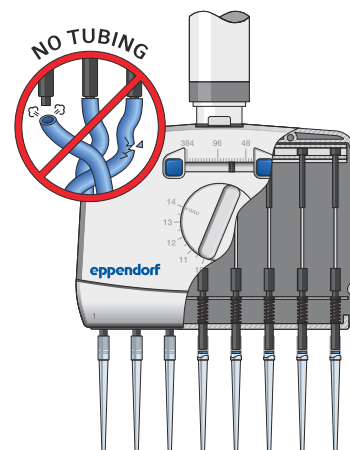
In diesem Artikel beleuchtet der englische Chemiker David Cole-Hamilton (Jahrgang 1948), die 17 Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen. Er stellt heraus, was Chemiker tun können, um Umwelt und Industriepraktiken umzugestalten und zu verbessern und so die Ziele zu erreichen.



Autoklav der H-Serie von Systec.



Abzug von Köttermann für kleine Labore.



Mehrkanalpipetten von Eppendorf mit variablem Abstand und schlauchlosem Design.

Analytik/Labortechnik

Die **Pipetten** mit verstellbaren Spitzenabstand der Serie Move It hat Eppendorf erweitert: elektronischen Modelle Xplorer plus verfügen über acht oder zwölf Kanäle und Volumbereiche von 1 bis 20 μL beziehungsweise 5 bis 100 μL . Der minimalen Spitzenabstand ist mit 4,5 mm an das das 384-Well-Plattenformat angepasst. Die Pipetten sind ohne Schläuche konstruiert. Zudem sind sie autoklavierbar und verfügen über einen um 360° drehbaren Pipettenkopf
Eppendorf, Hamburg,
 Tel. 02232 418-0,
www.eppendorf.com

Beim PFA260-Zerstäuber von Burgener für **ICP-MS** besind die probenberührenden Teile aus inerten Fluorkunststoff. Die Probenzufuhr (über Peristaltik- oder Spritzenpumpe) kann $50 \mu\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ bis $1 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ betragen.
AHF Analysetechnik, Tübingen,
 Tel. 07071 966 55-06,
www.ahf.de

Die **Autoklaven** der überarbeiteten H-Serie von Systec lassen sich über einen Touch-Screen steuern und verfügen standardmäßig über einen Ethernet-Anschluss. Über WLAN lassen sich die Geräte fernwarten und fernsteuern. Dokumentationsdaten exportiert das Gerät automatisch, und zwar im CSV- oder im PDF-Format. Das Volumen des erweiterten internen Speichers fasst Dokumentationsdaten von bis zu zehn Jahren.
Systec, Linden, Tel. 06403 67070-0,
info@systec-lab.de
www.systec-lab.de

Das **Probeninjektionssystem** AOC-30 von Shimadzu für Gaschromatographen und GC-MS-Systeme des Herstellers arbeitet vollautomatisch und ist für den Routinebetrieb ausgelegt. Der Probengeber nimmt in der kleinsten Ausführung bis zu 30 Probengefäße auf und reinigt sich mit bis zu vier verschiedenen Lösungs-

mitteln. Das System ist erhältlich mit einem oder zwei Injektoren und erweiterbar auf eine Kapazität auf bis zu 150 Probenfläschchen.

Shimadzu Deutschland, Duisburg,
 Tel. 0203 0203 7687-0,
info@shimadzu.de,
www.shimadzu.de

Der **Apothekenabzug** von Köttermann für die Arbeit mit flüchtigen Chemikalien und staubenden Substanzen ist für Labore mit wenig Platz konzipiert. Der Abzug aus Stahl wird fertig montiert geliefert und lässt sich mit einem Gestell frei im Raum positionieren oder auf einen Tisch stellen. LED beleuchten den Laborabzug von innen. Für einen sicheren Gebrauch reicht ein Luftwechsel von 250 m^3 pro Stunde.

Köttermann, Uetze,
 Tel. 05147 976-0,
 Whatsapp: 05147 976-7000,
exploris@koettermann.com,
www.koettermann.com

Kunststoffkleinserien von 250 bis 2500 Teilen, etwa für Analysengeräte, fertigt Bürkert mit Spritzguss. Das Unternehmen passt die modulare Spritzgusstechnik an die Kundenanforderungen an.
Bürkert Fluid Control Systems, Ingelfingen,
 Tel. 07940 10-0,
info@buerkert.de,
www.buerkert.de

Das **Elektronendiffraktometer** XtaLAB Synergy-ED von Rigaku vermisst die Struktur von Einkristallen, die nur wenige hundert Nanometer groß sind. Die Tieftemperatur-Einheit senkt die Temperatur der Probe bis auf 100 K. Dafür wird der Probenhalter mit flüssigen Stickstoff außerhalb des Geräts gekühlt. Das Gerät wird von der gleichen Software gesteuert wie die Röntgendiffraktometer des Herstellers, und die Arbeitsabläufe sind gleich.
Rigaku Europe, Neu-Isenburg,
 Tel. 06102 7799-0,
info@rigaku.com,
rigaku.com



Die „Korrespondenz“ veröffentlicht Briefe an die Redaktion. Gedruckt und online steht sie allen Lesern der *Nachrichten aus der Chemie* offen. Bitte senden Sie Ihre Zuschrift mit einem Umfang von maximal 1500 Zeichen als E-Mail an: nachrichten@gdch.de. Die Redaktion behält sich Kürzungen vor.

E-Fuels „Pro und Contra“

☞ Als ein Kenner beider Welten – Chemie und Motorentechnik – gebührt der Stellungnahme von Robert Schlögl [*Nachr. Chem.* 2021, 69(6), 8] eine uneingeschränkte Beachtung. Nicht überzeugt haben mich einige der Contra-Argumente von Gerhard Kreysa [*Nachr. Chem.* 2021, 69(6), 9].

Wasserstoff – übrigens auch ein E-Fuel – weckt Begehrlichkeiten bei unterschiedlichsten Sektoren im stationären Bereich, sodass sich eine Anwendung in der Mobilität wegen des Aufbaus einer sehr teuren Logistik und der Entwicklung neuer Antriebe als unwirtschaftlich erweisen wird. Chemie, Stahlherstellung und Ölraffinerien besitzen im Gegensatz zur Mobilität keine Alternativen zu H₂. Der Einsatz von grünem H₂ in der Raffinerie besitzt das Potenzial, den CO₂-Fußabdruck von Bestandsfahrzeugen (davon zirka 45 Millionen allein in Deutschland) um 3% zu reduzieren [*Nachr. Chem.* 2021, 69(3), 24]. Diese Maßnahme ist deutlich schneller wirksam als der direkte Einsatz von H₂ als E-Fuel. In einem zweiten Schritt kann durch Hydrierung der ungesättigten Komponenten des Rohöls die Qualität der Raffineriekraftstoffe an die der synthetischen Kraftstoffen angenähert werden.

Den E-Fuels ist keineswegs eine Nischenanwendung zuzuordnen. Das Haru-Oni-Projekt von Siemens Energy und Porsche im windreichen Patagonien wird dafür sorgen, dass bereits ab 2023 nennenswerte Mengen E-Methanol erzeugt werden, das in Raffinerien nach dem MtG-Verfahren in E-Benzin für Bestandsfahrzeuge konvertiert wird. Wenn dieses Beispiel Schule macht, können E-Fuels schneller einen wirksamen Beitrag zur CO₂-Vermeidung liefern als die für bis 2030 geplanten 10 Millionen BEVs. Nach Studien von Frontier Economics (Cradle-to-Grave-Lebenszyklusanalyse im Mobilitätssektor, 2020) beruhen die vermeintlichen CO₂-Vorteile der Elektromobilität weitestgehend auf einer Verschiebung von Emissionen vom Verkehrs- in den Stromsektor, da die verlagerten, durch Ladestrom verursachten Emissionen in der aktuellen Flottenregulierung mit Null gewertet werden. Die reale Well-to-wheel-Emission eines Durchschnitts-BEV im Jahre 2030 wird zu 68 Gramm CO₂ pro Kilometer berechnet.

Für die Jahre nach 2030 werden E-Fuels auf Basis von rußfrei verbrennenden und umweltfreundlichen C₁-Oxygenaten (OME, DMC+) die Performance und Akzeptanz von Verbrennungsmotoren in ein neues Licht rücken.

Eberhard Jacob

Technologieführer bei Brennstoffzellen? Südkorea!

☞ Gerhard Kreysa schreibt, dass die Technologieführerschaft des Brennstoffzellenantriebes in China liege [*Nachr. Chem.* 2021, 69(6), 9]. Da muss ich ihm leider widersprechen. China subventioniert in diesem Bereich zwar massiv, aber die Technologieführerschaft liegt eher in Südkorea. Hyundai Motor hat nicht nur mit Nexo ein Brennstoffzellenfahrzeug (FCEV) im Angebot, sondern bietet auch als eines der ersten Unternehmen weltweit FCEVs im Lastfahrzeugsegment an. Bereits 50 dieser Fahrzeuge sind in der Schweiz unterwegs.

China ist ohne Zweifel führend bei der Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen, weil auch sehr viele Elektroautos und -busse unterwegs sind, aber auch in diesem Bereich sind die Chinesen nicht technisch führend.

Mirco Daniel

Aktuelle leistungsstärkere Analytik für Reach – es gibt sie

☞ Der Beitrag „Wundertüte Naturstoffmischung“ [*Nachr. Chem.* 2021, 69(6), 36] ist gelungen und ich habe mich sehr gefreut, dass die Dünnschichtchromatographie mehrmals genannt wurde. Eine kleine Bitte hätte ich jedoch: Warum man die alten umständlichen In-vitro-Techniken nutzt und auch darauf basierend argumentiert, dass alles so teuer und umständlich ist und nur schleppend voran kommt, verstehe ich nicht. Diese Argumentation ist bei Reach allgemein so (nicht nur in diesem gelungenen Artikel, der die Lage sehr gut zusammenfasst).

On-surface planare Assays sind wesentlich günstiger (Vergleiche zeigten eine Kostenreduktion um mindestens den Faktor Sechs, oftmals mehr, hängt vom Assay ab), schneller (zum Beispiel Faktor Drei, hängt vom Assay ab), genauso valide (zeigen Quantifizierungsvergleiche), führen zu vergleichbaren Ergebnissen (zeigen ebenso Vergleiche) und haben dazu den Vorteil, dass man UVCBs (unknown or variable composition, complex reaction products or biological materials) auftrennen kann. So viele Vorteile, und man nutzt sie nicht. Warum? Man kennt sie nicht.

Für Reach nicht aktuelle leistungsstärkere Methoden der Umwelt zuliebe – das wäre doch ein ausgezeichnetes Thema für einen Folgebeitrag.

Gertrud Morlock



Tagungen – Kongresse – Ausstellungen – Kurse

Es ist wegen der Covid-19-Pandemie nicht klar, welche der angekündigten Präsenzveranstaltungen überhaupt stattfinden und in welcher Form. Bitte informieren Sie sich direkt beim jeweiligen Veranstalter. (Stand 4. August)

Ausland

Oktober

Euro-Global Conference on Food Science and Technology

30.9.–2.10. Paris/Frankreich/Online
 foodscience@magnusmeetings.com;
 t1p.de/19wk

Iupab Congress

4.10.–8.10. Foz do Iguaçu/Brasilien
 iupab2020@sbbq.org.br; iupab2020.sbbq.org.br/

ChemComm Symposium on Green Chemistry

8.10. Schanghai, China
 t1p.de/9ppp

Conference on Particle Induced X-ray Emission (Pixe 2021)

9.10.–15.10. Boston, MA/USA
 ion-beam.jp/pixe2021/

SPIE/COS Photonics Asia

10.10.–12.10. Nantong, Jiangsu/China/Online
 CustomerService@SPIE.org; spie.org/conferences-and-exhibitions/photonics-asia

fnIRS2020 — Biennial Meeting of the Society of Functional Near-Infrared Spectroscopy

10.10.–13.10. Boston, MA/USA
 fnirs2020.org

European Adhesion Conference Euradh 2021

10.10.–14.10. Antibes/Frankreich
 contact@euradh2020.com; www.euradh2021.com/default.aspx

The Electrochemical Society — ECS Meeting

10.10.–15.10. Orlando, FL/USA
 www.electrochem.org/240

GRC on Stochastic Physics in Biology

10.10.–15.10. Ventura, CA/USA
 t1p.de/jifo

Gulf Coast Conference

11.10.–13.10. Galveston, TX/USA
 www.gulfcoastconference.com

Materials Oceania 2021 — International Conference on Materials Science and Engineering

11.10.–14.10. Brisbane/Australien
 rakshith.kumar@materialsoceania.com;
 www.materialsconferenceaustralia.com

GRC on Cell Biology of Metals

17.10.–20.10. West Dover, VT/USA
 t1p.de/08le

AAPS PharmaSci 360

17.10.–20.10. Philadelphia, PA/USA
 membership@aaps.org; www.aaps.org/pharmsci/program

Conference on Near Infrared Spectroscopy (ICNIRS)

17.10.–21.10. Peking/China
 nir2021@nir2021.com; www.nir2021.com/

Analytical and Bioanalytical Methods

18.10.–20.10. Boston, MA/USA
 secretary@analyticon-conference.com; analytical.unitedscientificgroup.org

International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics (Icaleo)

18.10.–21.10. San Diego, CA/USA
 icalleo.org/program/icalleo-2021

NanoMedicine International Conference 2021

20.10.–22.10. Mailand/Italien
 info@setcor.org; www.setcor.org/conferences/nanomed-2021

RNA-Biochemistry Meeting 2021

21.10.–23.10. Online
 rna2018@uni-marburg.de; www.rna-biochemistry.de/wp/

GRC on Medicinal Chemistry

24.10.–29.10. West Dover, VT/USA
 t1p.de/08le

GRC on Carbon Capture, Utilization and Storage

24.10.–29.10. Newry, ME/US
 t1p.de/wkxl

Carbon Dioxide Utilisation Summit

27.10.–28.10. Brüssel/Belgien
 rbaryah@acieu.net; www.wplgroup.com/aci/ccoe8-mkt-agenda/

AVS 67th International Symposium and Exhibition

24.10.–29.10. Charlotte, NC/USA
 yvonne@avs.org; avs67.avs.org

Next Generation Nanoelectrochemistry Faraday Discussion

27.10.–29.10. Nanjing/V. R. China
 www.rsc.org/events/detail/43016/next-generation-nanoelectrochemistry-faraday-discussion

Conference on Chemometrics in Analytical Chemistry

28.10.–29.10. Lissabon/Portugal/Online
 t1p.de/hz2z

ASMS Fall Workshop—Maldi Imaging Mass Spectrometry

30.10.–31.10. Philadelphia, PA/USA
 t1p.de/osmp

OSA Frontiers in Optics + Laser Science

31.10.–4.11. Washington D.C./USA
 custserv@osa.org; www.frontiersinoptics.com/home/

GRC on Three Dimensional Electron Microscopy

31.10.–5.11. Waterville Valley, NH/USA
 t1p.de/01rk

November

Chemistry in the Oil Industry XVII — „Sustainable Chemistry: Towards Net Zero“

1.11.–3.11. England/Online
 t1p.de/zfsn

Carbon Dioxide Conversion Catalysis Conference

6.11.–9.11. Lissabon/Portugal
 admin@fusion-conferences.com; www.fusion-conferences.com/conference/104

International Symposium on the Chemistry of Natural Products and Congress on Biodiversity

7.11.–11.11. Neapel/Italien
 info@iscnp31-icob11.org; www.iscnp31-icob11.org

Chemrawn XXII E-Waste in Africa

7.11.–11.11. Lagos/Nigeria/Online
 chemrawnxxii@e-wasteafrica.org; e-wasteafrica.org

GRC on Cannabinoid Function in the CNS

7.11.–12.11. Ventura, CA/USA
 t1p.de/gmj7

GRC on Computer Aided Drug Design

7.11.–12.11. West Dover, VT/USA
 t1p.de/cwg3

Polymer-Solvent Complexes and Intercalates (Polysolvat-13)

9.11.–12.11. Toyonaka/Japan/Online
 toshi@chem.sci.osaka-u.ac.jp; www.chem.sci.osaka-u.ac.jp/graduate/mms/polysolvat13/

SCI/RSC Symposium on Antimicrobial Drug Discovery

15.11.–16.11. London/Großbritannien
 www.soci.org/events/3rd-scisc-symposium-on-antimicrobial-drug-discovery

Eastern Analytical Symposium and Exposition

15.11.–17.11. Princeton, NJ/USA
 t1p.de/x38i

Arabplast 2021

15.11.–18.11. Dubai/Vereinigte Arabische Emirate
 rasheed@alfajer.net; www.arabplast.info/

International Symposium on Energetic Materials and their Applications

15.11.–19.11. Tokio/Japan
 www.jes.or.jp/isem/2021/index.html

Dezember**2nd Plenareno Material Science and Nanotechnology Conference**

3.12.–4.12. Barcelona/Spanien
 materialscience@plenareno.net; t1p.de/v1yz

European Conference on Plant & Process Safety

7.12.–8.12. Antwerpen/Belgien
 info@safetycongress.eu; safetycongress.eu

Asilomar Conference on Mass Spectrometry

10.12.–14.12. Pacific Grove, CA/USA
 www.asms.org/conferences/asilomar-conference

Rio2020 — International Mass Spectrometry Conference

12.12.–16.12. Rio de Janeiro/Brasilien
 contact@imsc2020.com; www.imsc2020.com/

Chemical Congress of Pacific Basin Societies – Pacificchem 2020

16.12.–21.12. Honolulu, HI/USA
 pacificchem.org/

Inland**Oktober****International Conference on Non-Target Screening (ICNTS 21)**

4.10.–7.10. Erding
 education@afin-ts.de; afin-ts.de/icnts21/

Praxisforum Power-to-X

6.10.–7.10. Frankfurt am Main
 chereen.semrau@dechema.de; dechema.de/Power_to_X_2021.html

International Symposium on Multiscale Multiphase Process Engineering (MMPE)

17.10.–20.10. Berlin
 nina.weingaertner@dechema.de; dechema.de/mmp2020.html

Euro Fed Lipid Congress and Expo

17.10.–20.10. Leipzig
 info@eurofedlipid.org; t1p.de/bpe3

RNA-Biochemistry Meeting 2021 & Workshop „RNA tertiary structure“

21.10.–24.10. Bonn
 www.rna-biochemistry.de/wp/

Tutzing Symposium 2020: Polymers for a better Life and Circular Economy

25.10.–27.10. Tutzing
 xueqing.wu@dechema.de; dechema.de/tusy59.html

Fachtagung Anlagen-, Arbeits- und Umweltsicherheit

27.10.–28.10. Köthen
 petra.hellwig@dechema.de; dechema.de/15_FT_AAUS.html

November**4th International Conference on Light Materials – Science and Technology**

2.11.–4.11. Online
 dgm.de/lightmat/

Sustainability and Chemical Production

9.11.–10.11. Online
 amoeller@akademie-fresenius.de; t1p.de/sw04

Einführung in die Kunststofftechnik

10.11.–11.11. Horb
 fortbildung@dgm.de; www.dgm.de/index.php?id=1449

European Symposium on Friction, Wear and Wear Protection

18.11.–19.11. Online
 friction@dgm.de; dgm.de/friction/

„Futuras in Res“ conference: The Quantum Breakthrough

23.11.–25.11. Berlin/Online
 t1p.de/nrxb

Dezember**Praxisforum Flexible Production in Process Industry**

1.12.–2.12. Frankfurt am Main
 kristina.boehlandt@dechema.de; t1p.de/g421

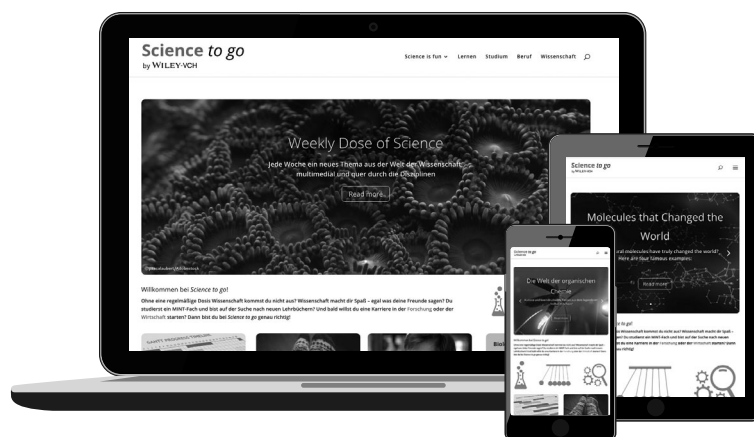
Lasersymposium 2021 – New Colors, new Chances

7.12.–9.12. Dresden/Online
 t1p.de/xnpx

Science to go

by WILEY-VCH

Das neue Portal für Studierende der MINT-Fächer



- *Science is fun*: Überraschendes aus der Wissenschaft
- *Science Heroes*: Interviews und Porträts
- *Weekly Dose of Science*: jede Woche neu
- Praxisthemen zu Studium, Promotion, Berufseinstieg
- exklusive Leseproben aus Wiley-VCH-Lehrbüchern

WILEY-VCH Newsletter: www.wiley-vch.de/de/newsletter/wiley-vch-alerting-service

WILEY-VCH | Postfach 10 11 61 | D-69451 Weinheim
 Fax: +49 (0) 62 01 - 60 61 84
 e-Mail: service@wiley-vch.de | www.wiley-vch.de

science-to-go.com

WILEY-VCH WILEY



Einladung zur GÖCH- Generalversammlung 2021

Das Präsidium lädt herzlich und fristgerecht zur ordentlichen Generalversammlung inklusive Festsitzung 2021 am 22. September 2021 um 15.00 Uhr. Die diesjährige Generalversammlung, die ursprünglich im Zuge der auf 2022 verschobenen Österreichischen Chemietage hätte stattfinden sollen, erwartet Sie dieses Mal unter anderem mit interessanten Gastvorträgen.

Die Veranstaltung findet dieses Jahr an der TU Wien statt. Auf Grund der derzeitigen gesetzlichen Auflagen ist die maximal zulässige Anzahl an Teilnehmenden jedoch stark begrenzt. Wir bitten daher alle Mitglieder die Veranstaltung *via* eigens dafür eingerichteten Online Video-Stream bzw. Videokonferenz zu verfolgen.

Der Link zur Live-Übertragung bzw. zur Videokonferenz und der genaue zeitliche Ablauf der Generalversammlung wird noch unter www.goech.at bekannt gegeben.

Sollten Sie unbedingt an der Veranstaltung teilnehmen wollen, es fehlen Ihnen jedoch die technischen Möglichkeiten für eine online Teilnahme, kontaktieren Sie uns bitte telefonisch unter +43 (0)1/587 42 49, Mo-Fr 8.30-14.00 Uhr.

Agenda der Generalversammlung 2021

Beginn 15.00 Uhr

- Festsitzung mit wissenschaftlichen Gastvorträgen und Preisverleihungen
- Entgegennahme des Tätigkeitsberichtes
- Bericht über aktuelle Angelegenheiten und geplante Aktivitäten 2022
- Entgegennahme des Jahresrechnungsabschlusses 2020
- Erwartungsrechnung für das Geschäftsjahr 2021
- Präsentation des Budgetvoranschlags für 2022
- Bericht der Rechnungsprüfer
- Entlastung des Vorstandes und der Geschäftsführung
- Ergänzungswahlen zu Präsidium und Vorstand
- Festsetzung der Mitgliedsbeiträge für das Jahr 2022
- Beschlussfassung über zusätzliche Anträge. Anträge, soweit sie nicht auf Beschlüssen des Vorstandes beruhen, müssen spätestens zum 1. September 2021 schriftlich angemeldet werden. Das Präsidium kann die Behandlung von Anträgen, die nach diesem Zeitpunkt eingebracht werden, ablehnen oder bis zur nächsten Generalversammlung vertagen.

Wir freuen uns über Ihre zahlreiche Online-Teilnahme!
Ihre Gesellschaft Österreichischer Chemiker

Neue Leitung der GÖCH-Geschäftsstelle

Am 1. Juli 2021 hat Walter Schneider die Leitung der GÖCH-Geschäftsstelle übernommen.

Schneider absolvierte eine Ausbildung als Nachrichtentechniker und studierte anschließend Kulturtechnik und Wasserwirtschaft (KTWW) an der Universität für Bodenkultur (BOKU).

Während seiner beruflichen Laufbahn war er im redaktionellen Bereich des ORF und etwa zehn Jahre in der Forschung bei einem Ludwig-Boltzmann-Institut und bei Arsenal Research beschäftigt. Als Standortmanager der BOKU übernahm er die Vertretung des IFA Tulln und war in Folge als Referent im Rat für Forschung und Technologieentwicklung und für den Rat für Robotik und Künstliche Intelligenz aktiv. Zuletzt verantwortete er als Business-Unit-Leiter die strategische Entwicklung für Innovationsprozesse in der AustriaTech und war in der Vorbereitung nationaler Maßnahmen für die EU-City Mission tätig.

*Gesellschaft Österreichischer
Chemiker*



Walter Schneider, neuer Leiter der GÖCH-Geschäftsstelle. Foto: Walter Schneider

Die GÖCH-Arbeitsgruppe „Geschichte der Chemie“

Wer war Paracelsus? Wann wurde das Periodensystem entwickelt? Was ist Alchemie? Welche chemischen Entdeckungen wurden im Mittelalter gemacht? Wie entwickelte sich die chemische Industrie in Österreich? Diese und viele weitere Fragen sind Themen der Arbeitsgruppe „Geschichte der Chemie“ der Gesellschaft Österreichischer Chemiker (GÖCH).

Seit ihrer Gründung im Herbst 1992 beschäftigt sich die Arbeitsgruppe „Geschichte der Chemie“ mit chemiegeschichtlichen Themen und chemiehistorischer Forschung. Ziele sind die Koordination chemiegeschichtlicher Forschungsarbeiten, Kontakte zur internationalen chemiehistorischen Forschung, die Erfassung von Nachlässen und die Schärfung der öffentlichen Wahrnehmung der Chemie durch Einbettung in den kulturhistorischen Kontext.

Im Frühjahr 2020 übernahm Dr. Michaela Kröppl die Arbeitsgruppe vom langjährigen Arbeitsgruppenleiter Dr. Werner Soukup, der neben Doz. Dr. Gerhard Pohl, Dr. Jürgen Lenz und OMV-Vorstand Dr. Franz Narbeshuber einer der vier Gründungsmitglieder war. Diese hatten gemeinsam die Arbeitsgruppe „Geschichte der Chemie“ bei einem Treffen in Linz konzeptioniert und so eine Plattform zur Erörterung chemiegeschichtlicher Themen und vor allem für chemiehistorische Forschung erschaffen.

Seitdem gab es zwei Onlinetreffen mit Vorträgen zur Gründung und Errungenschaften der Arbeitsgruppe „Geschichte der Chemie“ der letzten Jahrzehnte von Dr. Soukup, zur Geschichte von Schutzimpfungen von Dr. Kröppl und zum industriellen Chemiker, Erfinder und Entdecker Carl Auer Welsbach von Prof. Roland Adunka, dem Leiter des Auer-Welsbach-Museums in Althofen in Kärnten. Den Onlinevorträgen lauschten Interessierte aus der Arbeitsgruppe und sogar neue Mitglieder konnte die Arbeitsgruppe durch die Vorträge gewinnen. Gerne können auch Sie als GÖCH-Mitglied in den E-Mail-Verteiler der Arbeitsgruppe aufgenommen werden, um aktuelle Informationen



Michaela Kröppl, Leiterin der AG Geschichte der Chemie. Foto: Michaela Kröppl

zu chemiegeschichtlichen Themen, Vorträgen, Exkursionen und Veranstaltungen zu erhalten. Melden Sie sich bei Interesse per E-Mail bei michaela.kroeppl@fh-wels.at.

Die letzte Veranstaltung war eine Exkursion nach Kärnten Ende August 2021, wo das Auer-Welsbach-Museum, die Treibacher Industrie AG und die Hirter Brauerei besucht wurden. Ein Rückblick zur Exkursion und vorangegangenen Veranstaltungen findet sich auf der AG-Seite der Arbeitsgruppe „Geschichte der Chemie“.

Über weitere Veranstaltungen, Termine, Konferenzen, Vorträge und Exkursionen erfahren Sie über den E-Mail-Verteiler sowie auf der Internet-Seite der Arbeitsgruppe „Geschichte der Chemie“ unter www.goech.at/aggeschichte. Zukünftige Themen werden unter anderem das Färben und die Entdeckung und Synthetisierung des Jeans-Farbstoffes Indigo sein. Auch plant die AG wieder ein Mini-Symposium „Geschichte der Chemie“ bei den Chemie-Tagen der GÖCH. Und gerne können auch Sie Themen und Vorschläge sowie chemiegeschichtliche Interessen einbringen. Schreiben Sie dazu einfach der AG-Leiterin eine E-Mail.

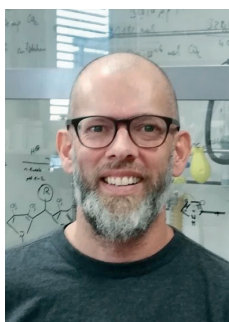
Erst durch die Erforschung der Geschichte kann man Entdeckungen, Erfindungen und Zusammenhänge richtig verstehen.

*Michaela Kröppl
Leiterin der AG Geschichte der Chemie*

Die GÖCH-Arbeitsgruppe „Kernresonanzspektroskopie“

Die AG-NMR der GÖCH versteht sich als Plattform für die NMR-Spektroskopiker:innen in Österreich und bietet insbesondere Möglichkeiten zum wissenschaftlichen Austausch. Hierfür dienen die Homepage der AG-NMR (www.agnmr.at/), der „Österreichische NMR-Workshop“ sowie das von uns mit-ausgerichtete „Central European NMR Meeting“ in Valtice (Tschechien) als jährlich stattfindende Diskussionsforen. Ein weiteres Ziel ist es, die Möglichkeiten der NMR-Spektroskopie allen (bio-)molekular arbeitenden Kollegen und Kolleginnen nahezu bringen. Zu diesem Zweck bieten wir Minisymposien auf den Österreichischen Chemietagen an. Weitere wichtige Bestandteile unseres Angebots sind die Sommerschulen für NMR in flüssiger Phase, die im jeweils zweijährigen Rhythmus angeboten werden. Mit diesen mehrtägigen Veranstaltungen werden vorrangig junge Kolleginnen und Kollegen angesprochen, die einen Einstieg in die NMR-Spektroskopie suchen.

Wolfgang Schöfberger, Leiter der AG Kernresonanzspektroskopie. Foto: JKU

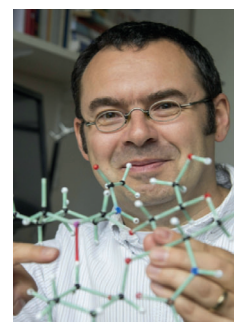


Eine stärkere Einbindung und aktive Beteiligung in das europäische Netzwerk der European Chemical Society (Division of Analytical Chemistry, Division of Physical Chemistry, Division of Organic Chemistry, Division of Solid State and Materials Chemistry) wird in Zukunft angestrebt.

Alle an der NMR-Spektroskopie Interessierten sind gern zur Teilnahme an den Veranstaltungen eingeladen und auch in der AG-NMR herzlich willkommen.

Kontaktmöglichkeiten:

- Wolfgang Schöfberger
Institute of Organic Chemistry



Mario Schubert,
Senior Scientist
Universität Salzburg.
Foto: Universität Salzburg

Altenberger Straße 69, 4040 Linz
Tel.: +43 732 2468 – 5410
E-Mail: wolfgang-schoefberger@jku.at
Webseite: www.jku.at/en/institute-of-organic-chemistry/team/schoefberger-lab

- Mario Schubert
Universität Salzburg
Fachbereich Biowissenschaften
Billrothstraße 11, 5020 Salzburg
Tel.: +43 662 8044 – 7243
E-Mail: mario.schubert@sbg.ac.at

*Wolfgang Schöfberger,
Leiter der AG Kernresonanzspektroskopie*

Die GÖCH-Arbeitsgruppe „Chemieausbildung“

Die Arbeitsgruppe „Chemieausbildung“ bildet den Link von der Ausbildung im Sekundarbereich (Oberstufen der Schulen) zu der im Tertiärbereich (universitär).

Die (derzeit) zentrale Aufgabe der Gruppe ist die Auswahl der besten Vorwissenschaftlichen Arbeiten, die von Maturant:innen bei der GÖCH eingereicht werden und die der Chemie zuzurechnen sind. Eine fünfköpfige Jury ermittelt in einem dreistufigen Auswahlprozess die besten acht Arbeiten, von denen fünf einen Hauptpreis und drei einen Sonderpreis (für Biochemie, Experimentalchemie und Umweltchemie) erhalten. Die Qualität der prämierten VWAs ist in vielen Fällen der einer Bachelorarbeit gleichzusetzen oder sogar höher zu bewerten. Diese Veranstaltung findet etwa Mitte Juni statt (heuer: 10. Juni 2021). Ein Bericht über diese Veranstaltung erschien bis

jetzt einige Male in den *Nachrichten aus der Chemie* und ist auch in dieser Ausgabe wieder zu finden.

Der oben genannte Link ist die Verbindung der Arbeitsgruppe zum VCÖ (Verband der Chemielehrer:innen Österreichs), der zirka 3200 Mitglieder im In- und Ausland hat. Der Leiter der Arbeitsgruppe ist kooptiertes Mitglied des VCÖ-Präsidiums. Derzeit ist Dr. Kerschbaumer auch der Präsident des VCÖ.

Der VCÖ unterstützt die (Chemie-)Lehrer:innenschaft in allen Schulzweigen und Stufen durch die Herausgabe von periodischen Zeitschriften, Veranstaltungen von Chemietagen, Kongressen, Wettbewerben und Fortbildungsveranstaltungen aller Art.

Da auch der Bundeskoordinator der Österreichischen Chemieolympiade kooptiertes Mitglied des VCÖ ist, verbindet die

Die GÖCH-Arbeitsgruppe „Lebensmittelchemie, Kosmetik, Gebrauchsgegenstände“

Die Arbeitsgruppe „Lebensmittelchemie, Kosmetik, Gebrauchsgegenstände“ der Gesellschaft Österreichischer Chemiker ist ein Ansprechpartner für die wissenschaftliche Forschung in diesen Bereichen. Neben den wissenschaftlichen Arbeiten ist auch der Dialog mit den zuständigen Ministerien und den durchführenden Organisationen, wie die AGES sowie den wirtschaftlich orientierten Produzenten eine der grundsätzlichen Aktivitäten der Arbeitsgruppe. Dies spiegelt sich auch in der Zusammensetzung des Vorstandes der AG wider. Wir haben Vertreter der Universitäten, von den zuständigen Ministerien und auch aus der Wirtschaft, die gemeinsam die Aktivitäten planen. Die Aktivitäten beziehen sich auf nationale Veranstaltungen, wie die österreichischen Lebensmittelchemiker Tage die im zweijährigen Rhythmus stattfinden,

die online Vortragsreihe „Food Chemistry – updated“ und der Kosmetik-Stammtisch. International vernetzt ist die AG im Bereich Lebensmittelchemie hauptsächlich über die Food Chemistry Division der EuChemS (euchems.eu/divisions/food-chemistry-2).

Die nächsten Lebensmittelchemiker-Tage finden im Frühjahr des nächsten Jahres im Raum Graz statt. Wie immer werden bei dieser Tagung die Forschungsarbeiten der österreichischen Lebensmittelchemiker:innen und auch der Wissenschaftler:innen der angrenzenden Länder präsentiert werden. Neben den Ergebnissen der grundlegenden und angewandten Forschung werden auch die Neuerungen in der lebensmittelrelevanten Gesetzgebung diskutiert. Im Rahmen dieser Tagung wird auch der Cziedik-Eysenberg-Preis für eine wissenschaftliche Publikation zum Thema Lebensmittelchemie und



Michael Murkovic,
Leiter der AG Lebensmittelchemie, Kosmetik, Gebrauchsgegenstände.

Foto: privat

Kosmetik vergeben. Im Jahr 2020 wurde der Preis an Lukas Macheiner verliehen, der seine Arbeit „Green coffee infusion as a source of caffeine and chlorogenic acid“ eingereicht hat.

Die detaillierte Ausschreibung aller Veranstaltungen ist auf der Homepage der Gesellschaft (www.goech.at) im Bereich unserer Arbeitsgruppe zu finden.

*Michael Murkovic,
Leiter der AG Lebensmittelchemie, Kosmetik, Gebrauchsgegenstände*

Arbeitsgruppe „Chemieausbildung“ in umfassender Weise die Chemielehrer:innen mit der GÖCH, wobei einige derselben ohnedies GÖCH-Mitglieder sind.

Gerade jene Schüler:innen, die VWAs aus Chemie verfassen, oder jene, die in der Chemieolympiade erfolgreich Wettbewerbe absolvieren, sind in der Zukunft vermutlich Chemiestudent:innen und später Absolvent:innen, die in der chemischen Forschung oder der chemischen Industrie tätig sein werden. Damit ist auch die Wahrscheinlichkeit einer Mitgliedschaft bei der GÖCH gegeben.

Eine Intensivierung in der Zusammenarbeit von GÖCH und VCÖ ist geplant, die Verknüpfung zwischen diesen beiden Institutionen soll verstärkt werden. Das könnte auf der einen Seite eine Mitarbeit der Arbeitsgruppe oder des VCÖ bei den Chemietagen der GÖCH sein, oder eine

Präsenz der GÖCH bei Kongressen des VCÖ. Auch ein Publikationsbeitrag der GÖCH in der Zeitschrift *Chemie und Schule* des VCÖ ist denkbar.

*Manfred Kerschbaumer,
Leiter der AG Chemieausbildung*



Manfred Kerschbaumer, Leiter der AG Chemieausbildung. Foto: privat

Prämierung der Vorwissenschaftlichen Arbeiten aus Chemie 2021

„Normalität“ gab es im Schuljahr 2020/21 immer noch nicht, schon gar nicht im Schulbetrieb, und damit auch nicht bei der Prämierung der besten vorwissenschaftlichen Arbeiten, die vom Thema her der Chemie zuzuordnen sind. Dass diese Aktion überhaupt weitgehend wie immer durchgeführt werden konnte, lag an der funktionierenden Zusammenarbeit zwischen dem Fachverband der Chemischen Industrie (FCIO), dem Bildungsministerium (BMBWF), der Gesellschaft Österreichischer Chemiker (GÖCH), der Universitäten und den Schulen. Nutznießer davon waren auch heuer wieder chemisch interessierte Schüler:innen und ihre engagierten Lehrer:innen.

Die Zahl der eingereichten Arbeiten war für ein Schuljahr mit besonderen Herausforderungen bezüglich des Unterrichts erfreulicherweise hoch: Es waren 48 „chemische“ Vorwissenschaftlichen Arbeiten (VWA), von deren hoher Qualität die Betreuer:innen überzeugt waren – herzlichen Dank an dieser Stelle für die hervorragende Organisation durch Marcello Entner in der GÖCH. Auch heuer gab es eingereichte Arbeiten aus allen Bundesländern. Je eine kam aus dem Burgenland, aus Kärnten und aus Vorarlberg. Zwei kamen aus Salzburg, je drei aus Oberösterreich und Tirol, acht aus Niederösterreich, zwölf aus der Steiermark und siebzehn aus Wien.

Die besondere Abwicklung der Prämierungsaktion begann mit einer Online-Teams-Sitzung der Jury, in der die 48 VWA auf Dr. Lisbeth Berner, Univ. Prof. Dr. Heinz Berner, Mag. Alfred Moser und Doz. Dr. Werner Soukup verteilt wurden. Nach einer ersten Runde, in der die 20 besten Arbeiten ausgewählt worden waren, trafen sich die Juror:innen das erste Mal wieder physisch, um dann nach dem „Gegenlesen“ die besten und innovativsten VWA herauszufinden. Die Jury kam mit Klarheit und Eindeutigkeit zu ihrem Ergebnis.

Ein Teil der eingereichten Arbeiten fand im Rahmen von Projekten mit Universitäten, Forschungsinstituten und In-



Preisträger:innen mit Betreuer:innen und Ehrengästen bei der diesjährigen Preisverleihung in der Wirtschaftskammer in Wien. Foto: Manfred Kerschbaumer

dustriebetrieben statt. Eine VWA mit Unterstützung einer Universität oder Firma zu verfassen, bietet ganz andere Möglichkeiten, sowohl an gerätetechnischer als auch an fachlicher Unterstützung. Es zeigt aber auch, wie wichtig die Kontakte zwischen Schulen (insbesondere Lehrer:innen) und Universitäten sowie Firmen sind. Denn diese Kontakte und die oft daraus resultierenden Praktika fördern das Niveau der Arbeiten natürlich. Auf der anderen Seite ist besonders positiv hervorzuheben, dass gutes, niveauvolles Experimentieren auch an den Schulen stattgefunden hat und das unter sehr erschwerten Bedingungen.

Die feierliche Überreichung der Preise war für den 10. Juni 2021 in der Wirtschaftskammer Wien vorgesehen. Das Schöne: Diese Feier konnte endlich – wenn auch unter den uns allen bekannten Vorsichtsmaßnahmen – stattfinden. Möglich war sogar ein Foto aller Preisträger:innen mit Betreuer:innen und Ehrengästen ohne Maske, allerdings im Freien.

Anwesend waren neben fast allen Preisträger:innen, deren Betreuer:innen und deren Angehörigen, die Jurymitglieder, vom Bildungsministerium Sektionschefin Doris Wagner, BEd MEd, Mag. Sylvia Hofinger vom FCIO, der Präsident der GÖCH, Univ. Prof. DI Dr. Peter Gärtner

und VCÖ-Präsident Dr. Manfred Kerschbaumer (der auch Vorsitzender der Prämierungsjury und Vizepräsident der GÖCH ist). Auch Dr. Ralf Becker, der Initiator der VWA-Prämierungen, vormaliger VCÖ-Präsident, war dabei und übernahm stellvertretend für DI Harald Pflanzl von der BASF die Übergabe der entsprechenden Buchgutscheine. Die Organisation der Feier lag in den Händen von Mag. Dorothea Pritz, wofür ihr ein besonderer Dank gebührt.

Wie in den vergangenen Jahren wurden von der Jury fünf Hauptpreise sowie der Agnes-Ruis-Sonderpreis für die beste experimentelle Arbeit, der Max-Perutz-Sonderpreis für die beste biochemische Arbeit und der VCÖ-Sonderpreis für die beste umweltchemische Arbeit vergeben.

Hauptpreise

- Rohan Walia, „Oscillatory Reactions in Biological Systems: Analysis of Glycolytic Oscillations in Yeast Cells“, betreut von Dr. Lukas Hutter am BGRG St. Martin
- Marvin Sirninger, „Das Haber-Bosch-Verfahren – ein Katalysator für die Landwirtschaft“, betreut von Mag. Dipl.-Ing. Michael Rameder am Öffentlichen Stiftsgymnasium und ORG der Benediktiner in Melk

GÖCH-Jungchemiker – neue Bundesvertretung

- Ada Stockhamer, „Polymerchemie – Eigenschaften und Synthese von Polymerisaten“, betreut von Dr. Isabella Müller am BGRG Gmunden
- Rebecca Marie Sophie Weitzer, „Climate Engineering durch Carbon-Dioxide-Removal“, betreut von Mag. Margit Angerer am BGRG Rosasgasse
- Morris Zwick, „Nanotechnologie im Bereich der Thermoelektrik“, betreut von Mag. Petra Schwarzecker MA am pG3 Gymnasium Sacré Coeur

Sonderpreise

- VCO-Sonderpreis für die beste Arbeit zur Umweltchemie, Stefanie Mörth, „Green Packaging – abbaubare Polymersysteme“, betreut von MMag. Sigrid Diethart am Europagymnasium Leoben
- Agnes-Ruis-Sonderpreis für die beste experimentelle Arbeit, Zhivko Yordanov Krastev, „Katalytische Oxidation zur Minderung flüchtiger organischer Verbindungen in Abgasen“, betreut von Mag. Lisa Geßlbauer am BG und BRG Bruck an der Mur
- Max-Perutz-Sonderpreis für die beste biochemische Arbeit, Jolanda Aurora Gerlich, „CRISPR/Cas9 – Funktion und Anwendung eines neuen Weges der Genmanipulation“, betreut von Mag. Georg Schellander am BG Wien 19 – Döblinger Gymnasium

Die Preisträger:innen erhielten neben der Laudation durch eine:n der Juror:innen Buchgutscheine, ein Diplom und einen Rucksack.

Bei Interesse an bestimmten Arbeiten bitte direkt mit den betreuenden Kolleginnen und Kollegen in den Schulen in Kontakt zu treten.

Neben den genannten im BMBWF prämierten Arbeiten wurden für acht VWA Ehrenpreise verliehen – sozusagen die „Plätze“ 9 bis 16, die restlichen 32 Arbeiten wurden mit Anerkennungsurkunden honoriert.

*Manfred Kerschbaumer,
Leiter der AG Chemieausbildung,
Vizepräsident der GÖCH*



Die neue Bundessprecherin der GÖCH Jungchemiker, Vanessa Moll.
Fotos: GÖCH Jungchemiker

Alle zwei Jahre wird bei den Jungchemikern eine neue Bundesvertretung gewählt und damit eine neue Dynamik in die AG gebracht. Bis dahin hatten Béatrice Daleiden, Bianca Brandl, Daniela Söllinger, Kirill Faust und Felix Purtscher die herausfordernde Aufgabe, in Zeiten einer globalen Pandemie die Weiterentwicklung der Jungchemiker sicherzustellen. Gewöhnlich kommen bei einem nationalen Get-Together Jungchemiker aus ganz Österreich zusammen, um wichtige Erfahrungen an neue Mitglieder weiterzugeben, neue Projekte und Ideen auszuarbeiten, Wahlen abzuhalten und vieles mehr. Da auf dieses äußerst wichtige Zusammenkommen nicht verzichtet werden konnte, wurden im Rahmen der Möglichkeiten kleinere Onlinetreffen arrangiert. Zusätzlich wurde für den Sommer ein Präsenztreffen unter den gegebenen Auflagen organisiert.

Im Juni 2021 wurde die neue Bundesvertretung in einer Onlinewahl bestimmt und ist seitdem für die Geschicke der Jungchemiker zuständig. Vanessa Moll hat dabei den Posten als Bundessprecherin übernommen und vertritt die Jungchemiker damit offiziell nach Außen. Die Finanzen und Sponsorings der Jungchemiker liegen jetzt in der Hand von Clara Roller. Andreas Matijevic ist für das Gelingen und die Erweiterung unserer Workshopreihe zuständig. Um die Betreuung

der Website und andere technische Belange kümmert sich seither Sabine Lerch. Bianca Brandl wird sich weiterhin um Grafikdesign Aufgaben und um die Betreuung der Social-Media-Kanäle kümmern.

Gemeinsam arbeiten wir an einer ständig wachsenden Vernetzung, einerseits von Jungchemikern aus Österreich untereinander, aber auch mit internationalen Vereinigungen, wie der EYCN und der IYCN. Sehr großen Wert legen wir auf die Kooperation mit Hochschulen und der chemischen Industrie, um Studierenden einen Bezug, Einblick und Kontakt in mögliche Arbeitsfelder zu bieten. Aus diesem Antrieb heraus organisieren wir Workshops, Vorträge und Exkursionen, die darüber hinaus auch die eine oder andere nützliche Schlüsselkompetenz vermitteln.

Wir freuen uns auf unsere neuen Aufgaben und gute Zusammenarbeit.

*Vanessa Moll,
Bundessprecherin der GÖCH Jungchemiker*



Die neue Bundesvertretung der GÖCH Jungchemiker (von links oben nach rechts unten): Clara Roller, Sabine Lerch, Andreas Matijevic, Bianca Brandl.

Nachruf: Prof. Maximilian Knollmüller

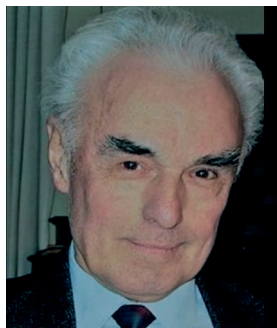
Die TU Wien, die Fakultät für Technische Chemie und das Institut für Angewandte Synthesechemie trauern um Univ.-Prof. i.R. Dr. phil. Maximilian Knollmüller.

Mit tiefer Betroffenheit haben wir erfahren, dass unser Kollege, Mentor und Lehrer Prof. Maximilian Knollmüller am 25. April 2021 nach langer, mit großer Geduld ertragener Krankheit im 87. Lebensjahr verstorben ist.

Maximilian Knollmüller wurde im Jahre 1935 in Linz geboren. Nach der mit ausgezeichnetem Erfolg abgelegten Reifeprüfung im Realgymnasium in Schlierbach begann er 1954 an der Universität Wien Chemie als Haupt- und Physik als Nebenfach zu studieren. Das Studium schloss er im Jahr 1962 mit einer Dissertation unter der Anleitung von Prof. Otto Hromatka zum Thema „Synthesen in der Phenthiazinreihe“ ab. Bereits zu dieser Zeit war er als wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für Physikalische Chemie der Universität Wien tätig.

Mit der Berufung seines Mentors und Lehrers Otto Hromatka an die Technische Hochschule Wien im Jahr 1963 wechselte auch er an unsere Universität. Zunächst als Hochschulassistent und seit 1970 als Oberassistent beschäftigt, reichte er 1971 seine Habilitationsschrift über „Cyclische und bicyclische Sulfamide“ ein und erhielt 1972 die Lehrbefugnis als Hochschuldozent für das Fach „Organische Chemie“.

Die wissenschaftlichen Interessen von Max Knollmüller lagen damals auf dem Gebiet der Heterozyklenchemie, wobei er sich nicht nur für deren Synthese und Eigenschaften interessierte, sondern auch bald schon theoretische Problemstellungen im Blick hatte. Seine theoretischen Überlegungen zu Reaktionsmechanismen und stereochemischen Fragen untermauerte er mit physikalisch-chemischen Messmethoden. Es war daher nicht weiter überraschend, dass ihm 1968 eine eigene Forschungsgruppe übertragen wurde. Im Februar 1974 erfolgte seine Ernennung



Prof. Maximilian Knollmüller
Foto: Nachlass Knollmüller

zum außerordentlichen Universitätsprofessor und Leiter der neu eingerichteten Abteilung für Physikalische Organische Chemie am Institut für Organische Chemie. In den darauffolgenden Jahren hat Max Knollmüller sein wissenschaftliches Oeuvre mit Beiträgen zur photochemischen Synthese organischer Verbindungen erweitert. Auch dabei interessierten ihn vor allem die physikalisch-chemischen Aspekte.

Neben seiner wissenschaftlichen Arbeit war Max Knollmüller zugleich ein engagierter Hochschullehrer. Seine mit großem Enthusiasmus gehaltenen Vorlesungen zur Physikalischen Organischen Chemie waren bei den Studierenden sehr geschätzt und es gelang ihm bei vielen seiner Zuhörer:innen jenes Feuer der Neugier zu entfachen, das für eine wissenschaftliche Laufbahn unerlässlich ist.

Last but not least war Max Knollmüller auch sehr intensiv in die universitäre Selbstverwaltung eingebunden. Hervorzuheben ist hier insbesondere seine Funktion als Institutsvorstand des Instituts für Organische Chemie in der Zeit vom 1. Oktober 1985 bis zum 30. September 1993. Es war eine sehr aufregende Zeit für das Institut, weil damals die Planungen für den heutigen „Loschmidt-Trakt“ (Gebäude BI am Getreidemarkt) im Gange waren. Das unterirdisch angelegte große Hörerlabor im Bereich BK, das für eine reguläre Abwicklung des Lehrbetriebs heute nicht

wegzudenken ist, war ursprünglich in der Planung nicht vorgesehen. Aufgrund des vehementen Verhandeln von Prof. Knollmüller wurde es doch noch in die Planung aufgenommen und schlussendlich auch errichtet.

Mit Ende des Studienjahres 1999/2000 endete die aktive Dienstzeit von Prof. Maximilian Knollmüller. Er blieb dem Institut verbunden, war weiterhin an wissenschaftlichen Fragestellungen sehr interessiert und wirkte bei verschiedenen Projekten beratend mit. Er hätte diese Tätigkeiten sicher gerne bis ins hohe Alter ausgeübt. Das war ihm aber leider wegen seiner fortschreitenden Erkrankung nicht vergönnt.

Max Knollmüller war bescheiden, klug und pflichtbewusst. Zugleich war er auch stets freundlich und hilfsbereit. Seinen Grundsätzen ist er sein Leben lang treu geblieben. So wurde er für viele ein Vorbild. In all den Jahren an der TU Wien war sein persönlicher Einsatz ein wichtiger und zuverlässiger Beitrag für die positive Weiterentwicklung des Hauses. Wir werden ihn in lebendiger Erinnerung behalten.

*Christian Noe, Peter Gärtner,
Hannes Fröhlich, Marko Mihovilovic*

Nachruf: Prof. Dr. Dipl.-Ing. Dieter Klamann

Dieter Klamann begann 1945 das Chemiestudium an der Technischen Hochschule Wien. Da er den Dipl.-Ing. und die Promotion in Rekordzeit abschloss, erhielt er 1951 die Karoline-und-Guido-Krafft-Medaille der TH Wien. Als leitender Assistent blieb er am Institut für Chemisch-Organische Technologie.

1954 zog er wieder in die Geburtsstadt und ging an die TU Berlin. Als Oberassistent baute er die chemisch-technologische Abteilung auf und habilitierte sich 1957; 1958 wurde er zum Privatdozenten ernannt. Seine Forschung fokussierte er auf die Kohlenwasserstoffchemie.

Ab 1960 übernahm er für das Mineralölunternehmen Esso die Leitung der Forschungslaboratorien in Hamburg-Hamburg und die Familie zog von Berlin nach Hamburg.

Damit begann die Industriekarriere von Dieter Klamann. Es folgten Reisen zur Esso-Zentrale in den USA und 1967/68 ein Jahr USA-Aufenthalt mit der Familie. 1968 wurde Dieter Klamann Hauptbereichsleiter und Mitglied der Geschäftsleitung der Esso.

Neben der Industrietätigkeit wurden ab 1960 Vorlesungen über „Petrochemie“ in Berlin gehalten; ab 1965 apl. Professor der TU Berlin. 1966 erhielt er zudem einen Lehrauftrag und wurde 1979 Professor der Uni Hamburg.

Als begnadeter Redner, der aus dem Stegreif aufmerksamkeitsverlangende Reden halten konnte, wurde er in vielen Gremien zum Sprecher gewählt. So war er Vertreter der Mineralölindustrie im Rahmen des deutschen Umweltprogrammes. Im Innenausschuss zur Luftreinhaltung vertrat er 1971 die Mineralölindustrie zum deutschen Benzin-Blei-Gesetz und reiste zu den Welterdölkongressen in Moskau (1971) und Tokio (1975).

Ab 1970 wurde er Obmann des Fachausschusses Wasser und Erdöl der DGMK und schrieb 1982 das Standardwerk „Schmierstoffe und verwandte Produkte“ (VCH), das auch ins Englische und Russische übersetzt wurde.

Für seinen langjährigen Einsatz für Umwelttechnik und Industrie erhielt Dieter Klamann viele Auszeichnungen, so die



Prof. Dr. Dipl.-Ing. Dieter Klamann

Foto: Nachlass Klamann

Beuth Medaille des DIN und das Bundesverdienstkreuz der Bundesrepublik.

Im Jahre 1982 verlagerte Exxon die Entwicklungstätigkeit der Esso ins Ausland. Dieter Klamann wurde Sonderbeauftragter des Vorstandes der Esso bis 1985.

Nach Pensionierung setzte er die Zusammenarbeit mit dem Thieme-Verlag an dem Jahrhundertwerk Houben-Weyl „Methoden der organischen Chemie“ fort und veröffentlichte als Mitherausgeber die ersten englischsprachigen Bände.

Seit 1980 war er auch Jurymitglied und Sprecher für den Energie- und Umweltpreis des Automobilclubs Kraftfahrerschutz und ist bis zuletzt diesem Arbeitskreis eng verbunden geblieben.

Mit zunehmendem Alter ist Dieter Klamanns Bezug zur TU Wien wiedererweckt worden: Die TU Wien begehrt für ihre würdigsten Ehemaligen eine „Feierliche Erneuerung der Akademischen Grade“. Dieter Klamann erhielt diese goldenen/eisernen/diamantenen Diplome ab 2000 und verbrachte wieder Tage im vertrauten, winterlichen Wien. Die höchste Auszeichnung, das Platine Dipl.-Ing. und Dr. Diplom, wurde wegen der Covid-19-Restriktionen 2020 ohne Feier verliehen. Dieter Klamann ist der erste Chemiker, der diesen Meilenstein erreicht hat.

Die Urkunde selbst hat er leider nicht mehr gesehen, er verstarb im Kreise seiner Familie friedlich im Januar 2021 im Alter von 96 Jahren.

Die ihn kannten, werden ihm ein ehrendes und dankbares Andenken bewahren.

Jörg-Dieter Klamann

Diverse Veranstaltungen

Acidic Friday Meetings COST action EuromicroPH

Termine: 17. September, 15. Oktober, 19. November, 17. Dezember 2021

Ort: online über Zoom

Open discussion platform of the COST action EuromicroPH. This COST Action is broad in its technical and scientific scope, as its central aim is to bring together people working in quite diverse fields but with a common scientific interest: namely, the understanding and exploitation of the responses of micro-organisms to low pH. The discussion series is intended to stimulate an exchange on the different aspects of how microorganisms react to low pH conditions and why people are interested to investigate this subject.

More on: <https://euromicroph.eu>

Nähere Informationen zu unseren aktuellen Veranstaltungen finden Sie auf unserer Website www.goech.at/veranstaltungen.

Neuaufnahmen

Die GÖCH begrüßt als neue Mitglieder:

Mag. Doris Kumhofer; Schrödinger GmbH; Matthias Käfer, BSc; Christoph Suster, BSc; Marion Mischuretz, MSc; Fabian Fuchs; Daniela Klampfl; Veronika Hackl; Adriana Feldner, MSc; Hannes Mitter; Oliver Pirschl; Dr. Jakob Andersson; DI Katarina Gugujonovic; DI Felix Mayr; Dominik Rabl, MSc; Sarah Kratzwald, BSc; DI Stefan Weber; Dr. Klaus Koren; Angelika Mandl; Ass.Prof. Dr. Philipp Spitzer; Dr. Stephan Freitag.



Gesellschaft Österreichischer Chemiker
Nibelungengasse 11/6
1010 Wien, Austria
Tel.: 0043 1 587 42 49
Fax: 0043 1 587 89 66
E-Mail: office@goech.at
Web: www.goech.at

Platform to Achieve Ambitious Climate Targets

With the EU Green Deal, Europe wants to become a leader in sustainable chemistry. The German government's proposal for climate neutrality by 2045 represents an epoch-making challenge for the chemical and pharmaceutical industry, even though the sector has already reduced its emissions by more than half since 1990.

However, they want to achieve greenhouse gas neutrality – and they also believe that they are capable of doing so. To take a pioneering role in achieving this ambitious goal, the German Chemical Industry Association (Verband der Chemischen Industrie, VCI) and the Association of German Engineers (Verein Deutscher Ingenieure, VDI) have launched the „Chemistry4Climate“ platform. Through this platform they want to discuss proposals and develop solutions that are supported by a broad consensus to achieve net zero carbon emissions of German chemical production by 2050.

Jenna Juliane Schulte, who is responsible for the project Chemistry4Climate at the VCI, and Manfred Ritz, head of the VCI's media and editorial department, talk with ChemistryViews about the goals of the platform and the biggest challenges in the transition process, especially those facing small and medium-sized enterprises.

ChemistryViews: What is the aim of the Chemistry4Climate platform?

Jenna Juliane Schulte: To look very closely at how we can actually achieve these framework conditions, what concrete concepts we need for this, and how we can make the whole thing a reality. In the process, the chemical industry simply reaches its natural limits; we cannot, and we do not want to plan this on our own. For example, the topic of infrastructure expansion is super central to the energy transition – so that, say, the renewable electricity from the North Sea is also available to southern Germany. To do that, certain infrastructure has to be expanded.

Read full interview in ChemistryViews:
doi.org/10.1002/chemv.202100052

Teaching Chemistry in Attractive Ways

When one thinks of studying in the Czech Republic, one thinks of Prague, the educational centre of the Czech Republic and home to some of the best universities in the country, including the oldest university in Central Europe. Prague is also considered one of the most beautiful cities in the world, offering (international) students great architecture, exciting culture and nightlife, and world famous beer.

However, there is much more than Prague. With a great deal of commitment and innovative spirit, Dr.-Ing. Tomáš Herink, a member of Unipetrol's Board of Directors, Litvínov Záluží, Czech Republic, and Dr.-Ing. Jaromir Lederer, former Managing Director of Unipetrol's R&D Center, and colleagues have created an option to study chemistry in Litvínov Záluží, a town with approx. 24 000 inhabitants in the



Ústí nad Labem region in the north of the Czech Republic. At first glance, the city does not seem to have much to offer: The largest oil refinery in the Czech Republic, ORLEN Unipetrol, is located there and the area is marked by open-cast mining for lignite.

Read full article in ChemistryViews
doi.org/10.1002/chemv.202100053

Guess the Chemist

The scientist we are looking for this time was born in the Austro-Hungarian Empire and later emigrated to the United States. Together with his or her spouse, our scientist discovered an important metabolic pathway involving carbohydrates, for which the couple received high honors.



Who are we looking for?

Find out in ChemistryViews.org: doi.org/10.1002/chemv.202100074

ChemistryViews.org is an international online magazine and offers news on latest research and the chemical industry, interviews, and additional features. This page gives a tiny selection of ChemistryViews' articles. ChemistryViews.org and Nachrichten aus der Chemie cooperate within Chemistry Europe, an organization of 16 European chemical societies including the GDCh.
www.chemistryviews.org

Abschluss und dann?

Finde es heraus im GDCh-Mentoring-Programm CheMento!

Jetzt bewerben und aktiv den ersten Schritt ins Berufsleben planen.

Nach vier erfolgreichen Runden startet das Mentoring-Programm der GDCh CheMento 2022 in eine neue Runde: 30 Mentees erhalten ab Januar 2022 für ein Jahr die Möglichkeit, von den Kenntnissen und Erfahrungen ihrer Mentor:innen zu profitieren und ein breites Netzwerk aufzubauen. Anmeldungen werden vom 1. September bis 15. Oktober 2021 angenommen.

Das Mentoring-Programm

Unter Mentoring versteht man die persönliche Beziehung zwischen einer erfahrenen Persönlichkeit (Mentor:in) und einer weniger erfahrenen Person (Mentee) zur Unterstützung der persönlichen und beruflichen Entwicklung. Die individuellen Bedürfnisse der Mentees bestimmen hierbei die Themen der jeweiligen Kooperation. Auf dieser Basis legen die Tandems zu Beginn des gemeinsamen Mentoring-Jahres die Inhalte und Ziele fest. Von zentraler Bedeutung ist der regelmäßige Kontakt und Austausch zwischen Mentee und Mentor:in, der in persönlichen Treffen, aber auch digital per Mail, Telefon oder Skype erfolgen kann.

Die Zusammenstellung der Tandems (Matching) erfolgt anhand der Anmeldeprofile. Ziel ist es, allen für das Programm ausgewählten Mentees geeignete Mentor:innen zuzuordnen. Wichtige Kriterien für das Matching sind die Ziele der Mentees, die fachliche und berufliche Orientierung von Mentees und Mentor:innen, aber auch die persönlichen Interessen und Erfahrungen der Teilnehmer:innen. Denn wenn „die Chemie stimmt“, ist der Nutzen der Mentoring-Beziehung besonders groß. Die offizielle Zusammenführung der Tandems findet im Rahmen der Auftaktveranstaltung Ende Januar statt. Eine erste Kontaktaufnahme im Vorfeld mit den Mentor:innen durch die Mentees ist empfehlenswert. Nach dem Kennenlernen entscheiden sich Mentee und Mentor:in, ob sie eine Kooperation eingehen

möchten und informieren die GDCh entsprechend.

Die individuelle Mentoring-Kooperation wird von einem Rahmenprogramm begleitet. Mittels Workshops im Zuge der Auftaktveranstaltung sowie der Halbzeitreflexion werden Mentees und Mentor:innen intensiv auf ihre jeweilige Rolle vorbereitet und im Mentoring-Prozess unterstützt. Zusätzlich können sie sich mit den anderen Teilnehmer:innen austauschen und vernetzen. Mentees haben zudem die Möglichkeit, an einem Bewerbungsworkshop teilzunehmen. Mit einer Abschlussveranstaltung Anfang 2023 wird das Mentoring-Jahr offiziell beendet.

Wer kann teilnehmen?

Als Mentor:innen können sich berufserfahrene Chemiker:innen engagieren, die in Wirtschaft, Wissenschaft oder Verwaltung tätig sind. Sie sollten Interesse daran haben, Nachwuchskemiker:innen in der Vorbereitungs- und Übergangsphase zum Beruf zu beraten, zu begleiten und zu motivieren sowie Zeit für regelmäßige Treffen einplanen können. Dabei sollten Mentor:innen mindestens drei bis fünf Jahre Berufserfahrung mitbringen.

Als Mentee bewerben können sich Studierende im Masterstudium, Doktorand:innen und Postdocs aus allen Bereichen der Chemie, die sich eine Begleitung bei der Berufsplanung wünschen.

Bewerber:innen sollten berücksichtigen, dass die Kooperation nur erfolgreich ist, wenn die Tandems regelmäßig in Kontakt stehen und entsprechend Zeit dafür einplanen. Üblicherweise reisen die Mentees bei den persönlichen Treffen zu ihren Mentor:innen, daher sollten sie bereit sein, Reisezeit und -kosten zu investieren.

Anmeldung und Start des Programms

Chemiker:innen, die an der Teilnahme als Mentees interessiert sind, bewerben sich mittels Bewerbungsformular unter www.gdch.de/mentoring.



Teilnehmende von CheMento beim Netzwerken. Foto: Bayer

gdch.de/mentoring. Annahmeschluss ist der 15. Oktober 2021, 23.59 Uhr. Die Anmeldung auf anderem Weg ist nicht möglich.

Chemiker:innen, die an der Teilnahme als Mentor:in interessiert sind, schicken das unter www.gdch.de/mentoring verfügbare Anmeldeformular zu. Eine Anmeldung als Mentor:in ist jederzeit unterjährig möglich. Erreicht uns die Anmeldung bis 15. Oktober 2021 berücksichtigen wir die Anmeldung gerne für die kommende Runde.

Kontakt und Information

Das Projekt wird in der GDCh-Geschäftsstelle vom Team Karriereservice koordiniert und betreut. Ansprechpartnerinnen sind Angela Pereira Jaé und Alina Gajda, Tel. 069/7917-665, mentoring@gdch.de.

Weitere Informationen:

- CheMento: Unterstützung beim Start in den Beruf, *Nachr. Chem.* 2013, 61, 957
- Ein Jahr CheMento – was lief, was bleibt, was kommt, *Nachr. Chem.* 2015, 63, 584
- Erfolg für CheMento, *Nachr. Chem.* 2017, 65, 606
- CheMento: Mit Mentoring ins Karriere-Netzwerk, *Nachr. Chem.* 2019, 67 (5), 87
- Mentoring wächst mit Herausforderungen, *Nachr. Chem.* 2021, 69(5), 106

Angela Pereira Jaé, Alina Gajda
mentoring@gdch.de

Römpp: Tradition trifft Innovation

Dr. Dorothee Gollhofer, Executive Editor bei Thieme Chemistry, erzählt, was den Römpp im Jahr 2021 ausmacht und was sie an dem Online-Chemielexikon begeistert.

Den Römpp gibt es schon seit 1947. Was unterscheidet den heutigen Römpp von der ursprünglichen Version und was macht ihn auch heute noch so besonders und einzigartig?

Dorothee Gollhofer: Eigentlich unglaublich, wenn man bedenkt, dass alles mal mit handgeschriebenen Karteikarten angefangen hat. Damals bestand der Römpp noch aus einem einzigen Chemie-Band mit zirka 7700 Stichwörtern. Seitdem kamen nach und nach weitere Naturwissenschaften hinzu – heute ist der Römpp der Klassiker unter den Chemie-Lexika. Einen großen Meilenstein gab es im Jahr 2002, als Thieme den Römpp von der Buchform in die Onlineversion übertragen hat. Diese Onlineversion haben wir in den letzten Jahren ständig weiterentwickelt. Heute umfasst der Römpp rund 64000 Stichwörter, die durch 290000 Querverweise miteinander verknüpft sind, etwa 23000 Strukturformeln und Grafiken sowie 41000 Weblinks.

Wie unterstützt der Römpp Naturwissenschaftler:innen in Ausbildung, Forschung und Wirtschaft?

Der Römpp bietet gesichertes und umfassendes Wissen im Bereich der Chemie und den angrenzenden Wissenschaften auf einer innovativen und einfach zu bedienenden Online-Plattform und genau dort, wo die Informationen gerade gebraucht werden. Der Römpp bietet die Möglichkeit, sich über die lizenzierende Institution einen Heimzugang anzulegen und beispielsweise über das Smartphone bequem von unterwegs auf die Inhalte zuzugreifen.

Durch die verschiedenen Fachgebiete werden interdisziplinäre Inhalte vermittelt: Alle Stichwörter sind logisch miteinander vernetzt. Ein besonders wichtiger Punkt ist auch, dass in den Stichwörtern möglichst aktuelle, weiterführende Literatur angeboten wird. So gelangen die Nutzer:innen an genau die zusätzlichen Informationen, die sie in ihrer jeweiligen Nutzungssituation wirklich benötigen.

Das bieten andere Online-Nachschlagewerke – beispielsweise Wikipedia – doch auch, oder?

Klar, Wikipedia bietet auch schnellen Zugriff auf Informationen und weiterführende Literatur. Der entscheidende Vorteil des Römpp ist die Qualität der Stichwörter: Diese werden in einem mehrstufigen Prozess von unseren Autor:innen, Redakteur:innen und am Schluss durch die Herausgeber:innen erstellt, überarbeitet und geprüft. Die freigegebenen Stichwörter werden dann, nach letzter Schlusskorrektur durch die Redaktion, in regelmäßigen Updates veröffentlicht. Wir garantieren, dass alle im Römpp erschienenen Stichwörter wissenschaftlich gesichert sind und die Nutzer:innen sich auf die Richtigkeit der Inhalte verlassen und diese auch wissenschaftlich anerkannt zitieren können.

Kürzlich wurde eine neue Version des Römpp veröffentlicht. Was ist jetzt besser im Vergleich zur Vorgängerversion?

Die neue Version bietet viele verschiedene Verbesserungen: Die Benutzeroberfläche ist sehr viel klarer strukturiert und intuitiv zu bedienen – auch unterwegs, zum Beispiel auf dem Smartphone. Natürlich wurde auch die Suchfunktion weiter optimiert. Unter anderem können Nutzer:innen nun ganz einfach eine Suche mit mehreren Wörtern durchführen und so zu einer exakteren Trefferauswahl kommen. Ein weiterer Vorteil des neuen Römpp ist, dass die Treffer nach Relevanz gelistet sind und so die entscheidenden Informationen schnell zur Verfügung stehen. Außerdem kann die Suche jetzt ganz problemlos auf einzelne Fachgebiete eingeschränkt werden und es ist nun auch möglich, über das neue Mediacenter gezielt nach Abbildungen zu suchen.

Darüber hinaus gibt es noch zwei weitere neue Features: Zum einen können so genannte Playlists erstellt werden. Das sind individuelle Sammlungen von Stichwörtern, beispielsweise zu einer bestimmten Thematik, die später jederzeit abgerufen werden können. Zum anderen bietet der neue Römpp jetzt die Möglichkeit, für jedes Stichwort die Quellenangabe direkt herunterzuladen.

Ein neues Feature finde ich ganz besonders spannend: Das „Stichwort der Woche“ auf der Startseite. Dabei wählen wir im Redaktionsteam oft Stichwörter mit aktuellem Bezug aus, beispielsweise „Sars-CoV-2“ oder „Impfstoffe“. Manchmal gibt es aber auch für ein Chemielexikon eher ungewöhnliche Stichwörter, wie zum Beispiel „Emmentaler“ oder „Zitteraale“.



Dr. Dorothee Gollhofer studierte Ernährungswissenschaften an der Universität Hohenheim und promovierte im Bereich der Biotechnologie in Wien. Ihr Fachwissen und ihre Begeisterung für die Naturwissenschaften bringt sie seit 19 Jahren in das Römpp-Redaktionsteam bei Thieme Chemistry ein.

Wie schaffen Sie und Ihr Team es, dass der Römpp immer „up to date“ bleibt?

Im Redaktionsteam gehört es zu unserer Aufgabe, aktualisierungsbedürftige Stichwörter und Stichwortlücken zu identifizieren. Dafür behalten wir wissenschaftliche Publikationen in Fachzeitschriften, aber auch die Tagespresse im Blick. Ein Beispiel dazu ist, dass nach Auftauchen von Sars-CoV-2 eine unserer Autorinnen die Neuerstellung dieses Stichworts übernommen hat. Ein anderer Autor erstellte Stichwörter über die verschiedenen Arten von Impfstoffen.

Für unsere Arbeit ist es essenziell, mit unseren Herausgeber:innen und Autor:innen im ständigen Austausch zu bleiben. Wir besprechen regelmäßig, welche Stichwörter bearbeitet beziehungsweise welche neuen Stichwörter erstellt werden müssen oder wir kümmern uns gemeinsam um die Akquise neuer Autor:innen.

Letztlich profitieren wir auch stark von dem Austausch mit den Nutzer:innen. Über einen Support-Button auf der Römpp Plattform können sie ganz unkompliziert mit uns kommunizieren. Dabei bekommen wir außer Anregungen für neue Stichwörter beispielsweise auch Fragen zu bestehenden Stichwörtern mitgeteilt, die wir dann an die jeweiligen Autor:innen weiterleiten. Wir werden aber auch schon mal auf Fehler hingewiesen. Solch ein Feedback ist für uns unbedingt notwendig, um den Römpp weiter zu verbessern und die entscheidenden Informationen zur richtigen Zeit am richtigen Ort bereitzustellen.

Sie sind Executive Editor Römpp bei Thieme Chemistry. Was sind Ihre Aufgaben und wie sieht Ihre tägliche Arbeit aus?

Die Aufgaben eines Executive Editors sind vielfältig – ich bin schon seit über 19 Jahren im Redaktionsteam des Römpp tätig und finde es immer noch spannend. Meine Arbeit umfasst beispielsweise das wissenschaftliche Lektorat und Korrektur, die Qualitätssicherung und Schlusskorrektur oder die Akquise und Betreuung von Autor:innen. Auch administrative Tätigkeiten und Projektmanagement wie die Organisation der Stichwortfreigabe in

den regelmäßigen Updates gehören dazu. Durch den engen Kontakt mit den Herausgeber:innen und Autor:innen auf der einen und mit unseren Nutzer:innen auf der anderen Seite lerne ich ständig sehr viel dazu und bleibe so auch fachlich auf dem neuesten Stand.

The image shows two screenshots of the Thieme Römpp website. The top screenshot displays search results for the term "enzym", showing 100 results and various filters. The bottom screenshot shows the article page for "Lipid-Nanopartikel". The article includes a detailed diagram of a lipid nanoparticle structure, showing a core of lipids and various components like phospholipids, cholesterol, PEG-lipids, and siRNA. The diagram is a circular cross-section with different colored regions representing different lipid types and their arrangement in the nanoparticle.

Der neue Römpp für GDCh-Mitglieder

Mit der kürzlich veröffentlichten neuen Version bietet der Römpp viele neue Features und inhaltliche Verbesserungen, von denen Sie als GDCh-Mitglied profitieren können. Andreas Kirschning, Professor für Organische Chemie an der Universität Hannover und Berater des Römpp-Herausgeberiums: „Seit fast 75 Jahren steht der Römpp für mehrfach geprüfte Fakten und verlässliche Informationen. Damit dient er nicht nur der Wissenschaft, sondern auch Wirtschaft und Gesellschaft als transparentes, digitales Nachschlagewerk zur Chemie und darüber hinaus – besonders in Zeiten, da Fakten zunehmend ignoriert werden und sich Wissenschaftskepsis verbreitet. Mit den vernetzten Stichworten, der intuitiven Struktur und der flexiblen Handhabung ist der Römpp 5 insbesondere in der universitären Lehre eine wichtige Ressource für Studierende und Dozierende gleichermaßen.“

Alle Interessierten können den neuen Römpp ab sofort und unverbindlich drei Monate kostenlos testen.

Als Neumitglied der GDCh beziehen Sie den neuen Römpp ein Jahr kostenlos. Danach profitieren Sie exklusiv von vergünstigten Konditionen.

Mehr zum neuen Römpp für GDCh-Mitglieder erfahren Sie hier:

gdch.de/roempp

Fachgruppe und Arbeitskreise

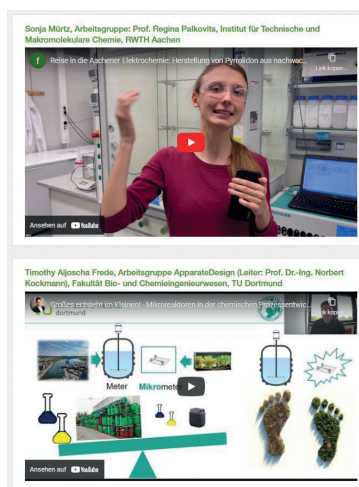
Nachhaltige Chemie

Videowettbewerb

Die GDCh-Fachgruppe Nachhaltige Chemie lud Postdocs, Promovierende und Masterstudierende ein, die ein Forschungsthema zur nachhaltigen Chemie bearbeiten und Mitglied der Fachgruppe sind, ihre Forschung und die Chancen, die sie darin für eine nachhaltige Welt sehen, in einem Kurzvideo vorzustellen. Die Videobeiträge sollten kurzweilig, anschaulich und so verständlich sein, dass auch Schülerinnen und Schüler, Studienanfänger:innen und interessierte Laien die Forschung und deren Mehrwert nachvollziehen können. Die Forschung sollte als „Elevator Pitch“, gerne mit Unterstützung von Zeichentools, Animationen oder Flip Charts, präsentiert werden. Nach Abstimmung durch die Fachgruppenmitglieder wurden drei Videos mit einem Preisgeld in Höhe von 200 Euro ausgezeichnet:

1. Platz: Sonja Mürtz, Aachen
2. Platz: Janine Richter, Dresden
3. Platz: Ruth D. Rittinghaus, Aachen

Alle Videos finden sich unter:
gdch.link/i55d



Screenshot der Siegereideos.

Studium trifft Beruf: Theorie und Praxis

Sie möchten sich auf den Berufseinstieg vorbereiten und suchen Informationen zur Bewerbung, Berufsorientierung oder Praktikum? Mit dem GDCh-Karrierekalender bieten wir Ihnen eine Übersicht einzelner Veranstaltungen, die Sie dabei unterstützen können.

Die digitalen JCF-Veranstaltungen informieren Sie über die unterschiedlichen Berufsbilder, Karrierewege, potenzielle Arbeitgeber und bieten natürlich auch einen Austausch über die Chemie.

Mit den digitalen GDCh-Karriereseminaren und Einzel-Coachings machen Sie sich fit für den Berufseinstieg und erhalten hilfreiche Tipps aus der Praxis sowie erste Einblicke in fachübergreifende Arbeitsgebiete.

Der GDCh-Karriereservice unterstützt Sie weiterhin mit den Themen rund um Karriereplanung und bietet Veranstaltungen im digitalen Format an.

Sie wollen keine der Veranstaltungen verpassen? Dann schauen Sie regelmäßig unter www.gdch.de/karrierekalender rein.

Ihr GDCh-Karriereservice

Ausschreibung Fachgruppenpreise

Analytische Chemie:

Fachgruppenpreis

Der Preis: Die GDCh-Fachgruppe Analytische Chemie würdigt herausragende und selbstständige Leistungen junger Wissenschaftler:innen in der Anfangsphase ihrer wissenschaftlichen Karrieren mit dem Fachgruppenpreis Analytische Chemie.

Verleihung: Auf der Anakon 2022, die nach pandemiebedingter Verschiebung um ein Jahr vom 7. bis 10. März 2022 in Leipzig geplant ist.

Nominierung: Vorschlagsberechtigt sind alle Mitglieder der GDCh-Fachgruppe Analytische Chemie; auch Eigennominierungen sind möglich.

Frist: 31. Oktober 2021

Weitere Infos: gdch.link/j02i

Magnetische Resonanzspektroskopie:

Otto-Stern-Preis 2022

Der Preis: Zur Würdigung des Lebenswerks international herausragender Persönlichkeiten in der Magnetresonanzspektroskopie verleiht die GDCh-Fachgruppe Magnetische Resonanzspektroskopie den Otto-Stern-Preis.

Verleihung: Bei der Diskussionstagung der Fachgruppe 2022 in Bonn. Im Anschluss an die Verleihung soll der/die Preisträger:in einen Festvortrag halten.

Nominierung: Personen, die in ihrem Lebenswerk außerordentliche Beiträge zur Magnetresonanz geleistet haben. Vorschlagsberechtigt sind alle Mitglieder der Fachgruppe; Eigennominierungen sind nicht möglich.

Frist: 7. Januar 2022

Weitere Informationen: gdch.link/rc8i

Jungchemikerforum

Nachhaltigkeit im JCF – Vom Lockdown zum neuen Leitmotiv

Das JungChemikerForum (JCF) der GDCh hat den Lockdown und den digitalen Wandel genutzt, um neue Strukturen für gesellschaftliches Engagement und thematische Arbeit zu etablieren und internationale Kooperationen zu intensivieren.

In den letzten Jahren dominieren die Themen Nachhaltigkeit, Klimaschutz und Energiewende die Medien. Der langjährige Dauerbrenner unter den Fragen nach der Zukunft „Wann haben wir fliegende Autos?“ weicht der Existenzfrage „Wie erhalten wir uns selbst?“. Insbesondere junge Leute machen sich für eine nachhaltige Zukunft stark, so auch im JCF. Der digitale Wandel öffnet dafür neue Möglichkeiten.

Die Chemie beschäftigt sich im Kern mit Stoffumwandlungen und Energiebilanzen. Sie ist damit die Disziplin schlechthin, um Schadstoffe abzubauen, den Energiehaushalt zu optimieren und Abfall wieder nutzbar zu machen. Junge Menschen, die heute Chemie studieren, möchten die Welt mit diesem Baukasten nachhaltiger gestalten, finden jedoch an der Universität die Konzepte „grüne oder nachhaltige Chemie“ eher selten im Lehrplan. Dieser Diskrepanz ging das JCF im April 2020 nach und gründete aus einem digitalen Workshop das „Team Nachhaltigkeit“. In Zusammenarbeit mit dem European Young Chemists' Network (EYCN) und dem International Younger Chemists Network (IYCN) startete das Team die globale Umfrage „Nachhaltigkeit in der Lehre“, deren alarmierende Ergebnisse im Januar dieses Jahrs auf der JCF-Homepage veröffentlicht wurden und Thema einer virtuellen Podiumsdiskussion waren [Nachr. Chem. 2021, 69(5), 108]. Insgesamt wünschten sich über 90 Prozent der etwa 500 Teilnehmenden aus 46 Ländern mehr Nachhaltigkeit im Curriculum, in der Frage nach dem Status quo schnitt Deutschland vergleichsweise schlecht ab. Als Folge setzte sich das neue „Team Studieninhalte“ dafür ein, dass die GDCh-Empfehlungen für das Chemie-Grundstudium um grüne Aspekte ergänzt werden. Indes befragte das „Team Podcast“ Gäste zu den zwölf Prinzipien der grünen Chemie und



Übersicht zum internationalen Leitfaden für junge Chemienetzwerke des JCF.

Treibhausgasen, und auch das „Team Challengleichheit“ verscrieb sich den Zielen für nachhaltige Entwicklung (SDGs) der Vereinten Nationen (sdgs.un.org/goals).

Mit der Gründung der JCF-Teams etablierte sich eine neue Struktur für thematische Arbeit im JCF, Nachhaltigkeit wurde zum zentralen Thema [Nachr. Chem. 2020, 68(12), 95]. Um dieses Leitmotiv festzuhalten, wurden Ende 2020 entsprechende Leitfäden veröffentlicht. Mittlerweile konnten diese 19-fach übersetzt werden und große Unterstützung aus dem Ausland gewinnen, das JCF nahm eine internationale Vorreiterrolle ein. Um auch politisch an das Engagement des JCF für Nachhaltigkeit anzuknüpfen, unterstützt es unter anderem den Aufbau der „Chemicals & Waste Youth Platform“ (C&W) unter dem Schirm des UN-Umweltprogramms (UNEP) und kooperiert mit dem International Sustainable Chemistry Collaborative Centre (ISC3), welches im Juni eine beidseitige Absichtserklärung unterzeichnete. Erste Erfolge waren die Vorstellung der JCF-Arbeit auf der Global Youth Environment Assembly sowie ein Manuskript über die Erwartungen junger Chemiker:innen an den Chemie-sektor (E. Dobbelaar, J. Richter, eingereicht bei *Pure Appl. Chem.*). Eine neue, virtuelle Vortragsreihe „Sustainability in Industry“ sorgt für den Dialog mit der

chemischen Industrie und die Vermittlung dieser Erwartungen in der Diskussion um reelle Nachhaltigkeitsstrategien und moderne Berufsbilder [Nachr. Chem. 2021, 69(1), 108 und 69(5), 108].

Mit dem Leitmotiv Nachhaltigkeit verschreibt das JCF sich den 17 Nachhaltigkeitszielen der Vereinten Nationen, präsentiert sich dabei international als Vorbild und holt die heranwachsende Fridays-for-Future-Generation mit den Themen Umwelt- und Klimaschutz dort für die Chemie ab, wo ihr Herz schlägt.

Details zu den Projekten und mehr zum Thema unter: jcf.io/teams/nachhaltigkeit

Emiel Dobbelaar
JCF Bundessprecher
e.dobbelaar@jcf.io

Krefeld

Mit Licht polymerisieren und analysieren – Nachwuchsförderpreise verliehen

Forschung in Hinblick auf die Klimakrise und nachhaltige Chemie bleibt auch während der Pandemie relevant: Ceren Kütahya erhält den Altana-Jungchemiker-Preis 2021 für ihre Dissertation über photochemisch initiierte Synthese von maßgeschneiderten Polymeren mit Nahinfrarotstrahlung. Justus Schöttl wird für sein Poster über die Spurenanalytik von Pestiziden mittels Surface Enhanced Raman Spectroscopy (SERS) mit dem Altana-Jungchemiker-Posterpreis 2021 ausgezeichnet.

Seit 2015 vergibt das JCF Krefeld in Kooperation mit dem Spezialchemiekonzern Altana den Altana-Jungchemiker-Preis für die beste wissenschaftliche Abschlussarbeit des Fachbereichs Chemie an der Hochschule Niederrhein. Das Symposium wurde dieses Jahr pandemiebedingt erstmals online ausgerichtet. Premiere feierte auch die Vergabe des Altana-Jungchemiker-Posterpreises, welcher – wie der Name schon sagt – für das beste Poster im Rahmen des Symposiums verliehen wurde. Die Bewertung erfolgte durch die zirka 60 Teilnehmer des Symposiums per Onlineabstimmung. Die Poster thematisierten verschiedene Forschungsprojekte am Fachbereich Chemie der Hochschule Niederrhein. So haben auch Studierende

aus niedrigeren Semestern die Chance, sich aktiv zu beteiligen. Forschungsarbeiten über Machine Learning, analytische Messmethoden und Methodenentwicklung gehörten 2021 zu den vorgestellten Themen. Dr. Christian Schaumberg, Altana Head of Science Relations, eröffnete das diesjährige Symposium mit einem Beitrag zu nachhaltigen Projekten bei Altana.

Ceren Kütahya erhält den mit 800 Euro dotierten Altana-Jungchemiker-Preis 2021. Sie überzeugte mit ihrer Dissertation „Photochemical Strategies for Macromolecular Syntheses in Near Infrared Region“, einer kooperativen Promotion zwischen der Hochschule Niederrhein und der Universität Duisburg-Essen, betreut durch die Professoren Bernd Strehmel und Jochen S. Gutman. Die Preisträgerin wurde unter mehreren Bewerbungen ausgewählt durch eine Jury aus Professoren, aktiven GDCh-JCF-Mitgliedern und einem Vertreter von Altana. Kütahya verwendete Nahinfrarotstrahlung als Reagenz und Werkzeug für die Synthese von maßgeschneiderten Polymeren. Durch den Einsatz von Sensibilisatoren reduzierte sie den Einsatz von Kupfer in der Atom Transfer Radical Polymerization (ATRP) bis in den ppm-Bereich und durch den Einsatz von aufwärtskonvertierenden Nanopartikeln komplett auf Null. Weiterhin zeigte sie, dass aus Biomasse gewonnene Kohlenstoffnanopartikel zusammen mit

Iodoniumsalzen oder Sulfoniumsalzen durch blaues Licht sowohl eine freie radikalische Polymerisation als auch ATRP initiieren kann. Mit effizienten LEDs und Diodenlasern sind klassische Quecksilberlampen ersetzbar. So können deutlich ressourcenschonendere Materialien entwickelt werden.

Justus Schöttl erhält den mit 200 Euro dotierten Posterpreis für sein Poster über die Spurenanalytik von Pestiziden mittels Surface Enhanced Raman Spectroscopy (SERS). Er entwickelte und optimierte eine schnelle Methode für den spurenanalytischen Nachweis von Pestiziden wie Imidacloprid. Derartige Pestizide tragen nachweislich zum Bienensterben bei und schaden so dem Ökosystem. Daher sind sie seit 2018 in der EU nur noch in Gewächshäusern erlaubt. Die neu entwickelte Messmethode soll dazu beitragen, schnell und mit wenig Aufwand Belastungen in der Umwelt nachzuweisen. Die Forschungsarbeit erfolgte an der Hochschule Niederrhein unter der Betreuung von Andrea Hermsen und Martin Jäger.

Lukas Appelhoff, lukas.appelhoff@hsnr.de;

Paul Hermes, paul.hermes@hsnr.de

Leipzig

Werksbesichtigung in Pandemiezeiten – „Virtual Site Experience“ bei Merck

Das JCF Leipzig bot 130 Interessierten am 5. Mai 2021 erstmals eine Online-Exkursion zu Merck am Standort Darmstadt an.

Während des dreieinhalbstündigen Programms wurde den teilnehmenden Studierenden und Promovierenden die Möglichkeit geboten, trotz Pandemiebedingungen Unternehmensluft zu schnuppern.

Nach einer Begrüßung von Sabine Eiers, Senior Communications Manager, wurden die Werksgeschichte, aktuelle Kennzahlen sowie die Arbeitsbereiche des ältesten pharmazeutisch-technischen Unternehmens weltweit vorgestellt. Anschließend konnte das Werkgelände in Darmstadt bei einem virtuellen Rundgang besichtigt werden.

Ein Highlight waren drei Vorträge von Persönlichkeiten aus verschiedenen Arbeitsbereichen des Unternehmens. Neben Informationen zum Bewerbungsprozess und möglichen Karrierechancen, konnten Einblicke im Bereich der neusten Entwicklungen der „Crystalline Sponge“-Technologie gewonnen werden. Weiterhin wurde mit dem Lanexo-System eine innovative Möglichkeit vorgestellt, um administrative Labortätigkeiten zu digitalisieren sowie zu optimieren.

Neben zahlreichen Teilnehmenden aus Leipzig konnten wir dank des Onlineformats der Exkursion auch Teilnehmende aus anderen Städten wie Heidelberg und Frankfurt begrüßen.

Isabell Schelhorn, Joanne Zimmer

jcf@chemie.uni-leipzig.de

Neuaufnahmen

Die GDCh begrüßt als neue Mitglieder:




Alabdo, Arej, Hamburg; Aras, Dogukan, Offenbach; Badrkhani, Parisa, Berlin; Behrens, Axel, Dr., München; Bergmann, Tom, Bonn; Böhl, Julia, Forst; Coursow, Renée, Südmürit; Critzmann, Merle, Norderstedt; Diegelmann, Kathrin, Petersberg; Ehlscheid, Leoni, Oberhonnefeld-Gierend; Erdt, Alexandra, Dr., Oldenburg; Fischer, Annik, Braunschweig; Follmann, Anne, Föhren; Franz, Evanie, Erlangen; Goder, Clara Ilse, Kleinmachnow; Golchovska, Jovana, Hamm; Gujic, Stefan, Mainz; Gunkel, Felix, Dr., Jülich; Hahn, Christoph, Mainz; Hailili, Reshalaiti, Prof. Dr., Chaoyang District; Heffel, David, Hamburg; Herold, Felix, Dr.-Ing., Darmstadt; Höfs, Cederik, Kaltenkirchen;

Hörnschmeyer, Mina Alicia, Borgholzhausen; Jakobi, Marvin, Bonn; Kant, Marten, Berlin; Kayser, Katharina, Winterberg; Kerner, Bianca, Leverkusen; König, Silas, Plaidt; Kopp, Ines, Erlangen; Korkmaz, Deniz, Saint Cloud; Krenz, Olga, LM-Chem., Zellingen; Kretschmann, Lena, Köln; Kuhn, Annkatrin, Steinweiler; Kuttruff, Christian, Dr., Schemmerhofen; Lange, Alexander, Ulm; Lange, Natalie, Ellerau; Langer, Niklas, Leipzig; Lang-Schnee, Melissa, Salem; Lehmann, Katrin, Dr., Berlin; Liegner, David, Wegberg; Ljivic, Adaleta, Ludwigshafen; López Perea, Laura, Bad Driburg; Lungershausen, Jenny Christiane, Brüsewitz; Maric, Hans Michael, Dr., Würzburg; Mats, Alwin, Würzburg; Matsyuk, Andrej, Hamburg; Mende, Robert, Freiberg; Moschetta, Andrea, Landau; Nesmasznyj, Alexander, München; Ngoc Phong, Nguyen, Ludwigshafen; Nies, Bjarne, Moers; Obermair, Karin, Dipl.-Chem., Wörth;

Pecorilli, Julian, Münster; Petersen, Jördis, Dr., Eckernförde; Petersen, Moritz Pascal, Bad Segeberg; Pierenz, Jason, Frankfurt; Plöpst, Jan-Darius, Münster; Reiß, Andreas, Karlsruhe; Rosin, Julia, Kronshagen; Rudolph, Stella, Berlin; Runge, Ben, Altlandsberg; Sane, Vijay, Chem.Eng., Mumbai; Sarbajna, Abir, Dr., Bochum; Schilling, Franz, Prof. Dr., München; Schneider, Marie, Discovery Bay, Hongkong; Schnicke, Maja, Bonn; Schoder, Bianca, München; Scobel, Kira, Halstenbek; Simon, Marcel Pierre, Gießen; Soppe, Jonas, Hilden; Stark, Leon, Allmersbach; Stieglitz, Lucas, Augsburg; Theis, Katinka, Mainstockheim; Thumm, Sarah, Hürth; Ulrich, Nadin, Dr., Leipzig; van der Pas, Frando, Oss; Wacha, Max, Frankfurt; Wehn, Saskia, Schwegenheim; Westphal, Ruben, Haag; Wyschkon, Anna Lina, Preetz; Zenker, Alexandra, Ahrensburg; Zhou, Leyi, Wiesbaden; Zumbrägel, Nadine, Dr., Erfstadt.

Neues von den Verlagspartnern

Journal Impact Factors Released

Publisher	Journal	JIF (2020)*	
	<i>Angewandte Chemie</i>	15.336	
	<i>Chemistry—An Asian Journal</i>	4.568	
	<i>Chemistry—A European Journal</i>	5.236	The JIF is the number of current year citations divided by the citable items published in that journal over the preceding two years.
	<i>ChemSusChem</i>	8.928	
	<i>Batteries & Supercaps</i>	7.093	
	<i>ChemCatChem</i>	5.686	
	<i>ChemElectroChem</i>	4.590	

Society-owned chemistry journals published by Wiley-VCH are widely read and cited, according to Clarivate's 2020 Journal Citation Reports (JCR).

The flagship journal of the GDCh, *Angewandte Chemie*, is at the forefront of publishing in the chemical sciences with a journal impact factor (JIF) of 15.336. Premium multidisciplinary titles, *Chemistry—A European Journal* and *Chemistry—An Asian Journal*, also maintain leading positions in their respective portfolios.

With a first JIF of 7.093, *Batteries & Supercaps* has rapidly matured into a high-impact title in the field of electrochemical energy storage, and journals with a focus on sustainability (*ChemSusChem*), catalysis (*ChemCatChem*), and electrochemistry (*ChemElectroChem*) have grown in significance as researchers tackle the toughest resource challenges of the day.

Discover the JIFs of all journals in the ACES (bit.ly/3qzrsGT) and Chemistry Europe (bit.ly/3y5tlGU) portfolios.

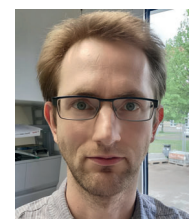
Mingling with the main group

In this month's lineup of virtual events, main group chemistry takes the stage. ChemPlusChem hosts „Amazing Phosphorus: Today's Innovations for Tomorrow's Applications" and the *European Journal of Inorganic Chemistry* and *ChemCatChem* co-host talks on main group catalysis. Meet the first group of *Angewandte Chemie*'s newly appointed Advisory Editors in Part 1 of the „Angewandte Fall Symposia Series".

Register for upcoming virtual events, free of charge, and watch recordings from previous events at bit.ly/CEVirtualEvents.

Award for surprising supersilylene

Alexander Hinz is the winner of the 2021 The European Journal of Inorganic Chemistry (EurJIC) Wöhler Young Investigator Prize.

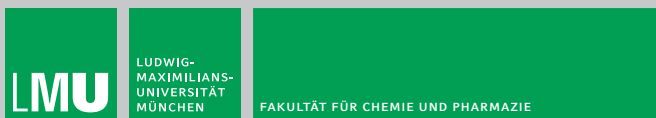


The award acknowledges Hinz's 2020 publication „A Mono-Substituted Silicon(II) Cation: A Crystalline "Supersilylene" (10.1002/anie.202009874)". Hinz will present his award lecture at the GDCh-Wissenschaftsforum Chemie 2021.

Hinz completed his PhD in 2015 under the supervision of Axel Schulz. After a postdoctoral stint with Jose Goicoechea at the University of Oxford, he moved to the Karlsruhe Institute of Technology in 2018 to begin his habilitation with Frank Breher. His research focuses on low-coordinated main-group and transition-metal compounds, particularly heteroatomic species that feature multiple bonds, such as germanitriles.

Die GDCh und ihre Partner im Scientific Publishing

Die GDCh ist (Mit)Herausgeberin und (Mit)Eigentümerin mehrerer renommierter Fachzeitschriften. Bei der *Angewandten Chemie* – hier ist die GDCh Alleineigentümerin – sowie bei den Zeitschriften der Initiative Chemistry Europe – dem gemeinsamen Publikationsverbund mit befreundeten europäischen Fachgesellschaften – ist der Weinheimer Verlag Wiley-VCH Partner der GDCh. Bei der Zeitschrift *Analytical & Bioanalytical Chemistry* – die GDCh ist hier Mitherausgeberin – ist Springer Nature Verlagspartner.



An der Fakultät für Chemie und Pharmazie ist zum nächstmöglichen Zeitpunkt eine

Professur (W2) auf Zeit (6 Jahre/tenure track) für NMR-Spektroskopie

zu besetzen.

Gesucht wird eine ausgewiesene Persönlichkeit auf dem Gebiet der NMR-Spektroskopie, die die interdisziplinären Netzwerke, wie unter anderem den SFB1309 und den Exzellenzcluster ORIGINS, auf dem HighTechCampus Großhadern/Martinsried verstärkt. Die Professur ist assoziiert mit einem modern ausgestatteten Zentrum für NMR-Spektroskopie am Department Chemie.

Die Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU) wendet sich mit dieser Ausschreibung insbesondere an hochqualifizierte Nachwuchswissenschaftler und Nachwuchswissenschaftlerinnen (m/w/d), die im Anschluss an ein abgeschlossenes Hochschulstudium sowie eine überdurchschnittliche Promotion oder eine vergleichbare besondere Befähigung durch ihre Leistungen in Forschung und Lehre ein außerordentliches Potenzial für eine weitere Karriere in der Wissenschaft nachgewiesen haben.

Die Berufung erfolgt bei Vorliegen der beamtenrechtlichen Voraussetzungen in einem Beamtenverhältnis auf Zeit für die Dauer von sechs Jahren. Bei positiver Evaluation der fachlichen, pädagogischen und persönlichen Eignung kann das Beamtenverhältnis auf Zeit frühestens nach drei Jahren in ein Beamtenverhältnis auf Lebenszeit umgewandelt werden.

Im Rahmen des LMU Academic Career Program besteht in besonderen Ausnahmefällen und bei herausragenden Leistungen in Forschung und Lehre die Möglichkeit einer späteren Anhebung der Professur von W2 nach W3.

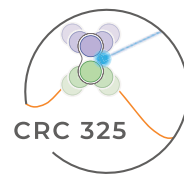
Die LMU strebt eine Erhöhung des Anteils der Frauen in Forschung und Lehre an und bittet deshalb Wissenschaftlerinnen nachdrücklich, sich zu bewerben. Weitere Informationen sind erhältlich bei der Frauenbeauftragten der Fakultät (Regina.de_Vivie@cup.uni-muenchen.de).

Schwerbehinderte werden bei ansonsten im Wesentlichen gleicher Eignung bevorzugt.

Die LMU bietet Unterstützung für Doppelkarriere-Paare an.

Bewerbungen sind bitte mit den üblichen Unterlagen (Lebenslauf, Zeugnisse, Urkunden, Zusammenfassung der bisherigen Lehrveranstaltungen, Schriftenverzeichnis, Liste der eingeladenen Vorträge, kurze Zusammenfassung laufender und geplanter Forschungsvorhaben und bis zu drei Publikationen) bevorzugt in elektronischer Form als zusammenhängende PDF-Datei (maximal 10 MB) bis zum **15. Oktober 2021** bei der **Dekanin der Fakultät für Chemie und Pharmazie, Ludwig-Maximilians-Universität München**, E-Mail: dekanat@cup.uni-muenchen.de, einzureichen.

The DFG-funded Collaborative Research Center (CRC) 325 „Assembly Controlled Chemical Photocatalysis“ represents a consortium of 15 research groups in the field of light-induced reactions. For the collaborative research projects of the CRC, we are looking for



Doctoral Researchers (m/f/d)

Your opportunities

Research activities of the CRC 325 embrace synthetic methodology, stereoselective synthesis, coordination chemistry, spectroscopy, and computational/theoretical chemistry. All research projects are highly interdisciplinary and provide you multifaceted scientific training opportunities. You will be based at TU Munich, University of Regensburg, LMU Munich, or Leipzig University, depending on the location of the individual research project and your PhD supervisor. Descriptions of the individual research projects and more detailed application information can be found at: <https://go.ur.de/crc325>

Your qualification

- Natural science degree, area depends on the skill demand of the individual research project
- Very good performance in your studies and a great enthusiasm for science
- Social competence, good English communication skills, open-minded and flexible

Application

Please apply including your letter of motivation, CV, an academic transcript of records, and contact information of two references, preferably in English, by e-mail (single PDF file) exclusively to apply-crc325@ur.de and indicate what project you are interested in. Applications will be considered until all positions have been filled.



**HOCHSCHULE
ESSLINGEN**

Nah an Mensch und Technik.

Die Fakultät Angewandte
Naturwissenschaften, Energie- und
Gebäudetechnik sucht eine*n

Professor*in (W2)

für das Lehrgebiet
„Werkstoffprüfung Farbe und Lack“

(Kennziffer NG-P-2113)

Bewerbungsschluss: 17.09.2021

Die vollständige Ausschreibung finden Sie unter:
www.hs-esslingen.de/stellenangebote



Ihre Stellenanzeige
bei der GDCh

Nachrichten
aus der **Chemie**

Wir unterstützen Sie bei der Suche nach
Absolvent:innen oder berufserfahrenen
Expert:innen.
www.gdch.de/kundeninfo

Anzeigenschluss
Oktober-Heft:
10. Sept. 2021



An der TECHNISCHEN UNIVERSITÄT KAISERSLAUTERN ist am Fachbereich Chemie die Stelle einer

W1-Professur für Lebensmittelchemie und Toxikologie

zu besetzen.

Weitere Informationen zu dieser Stellenausschreibung finden Sie unter <https://www.uni-kl.de/professuren> oder hier
Bewerbungsende: 05.09.2021



An der TECHNISCHEN UNIVERSITÄT KAISERSLAUTERN ist am Fachbereich Chemie die Stelle einer

W2-Professur für Physikalische Chemie

zu besetzen.

Weitere Informationen zu dieser Stellenausschreibung finden Sie unter <https://www.uni-kl.de/professuren> oder hier
Bewerbungsende: 15.09.2021



ETH zürich

Professur für Batterie-Elektrochemie und -Materialien

ETH zürich



→ Das Departement Chemie und Angewandte Biowissenschaften (www.chab.ethz.ch) an der ETH Zürich und der Bereich Energie und Umwelt am Paul Scherrer Institut (PSI), Villigen (www.psi.ch) schreiben eine gemeinsame Professur für Batterie-Elektrochemie und Materialien zur Bewerbung aus.

→ Die gemeinsame Anstellung von PSI und ETH Zürich beinhaltet die Leitung eines Labors für Batterieelektrochemie am PSI. Dadurch kann vom Zugang zu den einmaligen Grossforschungsanlagen und der analytischen Infrastruktur (Swiss Light Source, Swiss Neutron Source and the Swiss Free Electron Laser) profitiert werden.

→ Die Position erfordert in der Forschung einen ausgezeichneten internationalen Leistungsausweis auf folgenden Gebieten (Liste nicht abschliessend): experimentelle und rechnerische Forschung, strukturelles und morphologisches Engineering von neuartigen Batteriematerialien (Elektroden, Elektrolyte etc.), diverse Batteriekonzepte (Nanonen-Batterien, alle Festkörperbatterien, multivalente Interkalation etc.), in situ/operando Analytik und Charakterisierung von Batterien.

→ Von der erfolgreichen Kandidatin/dem erfolgreichen Kandidaten wird erwartet, ein innovatives, weltweit an der Spitze führendes Forschungsprogramm in Materialchemie und Methodenentwicklung aufzubauen. Der Umfang der Forschungsaktivitäten soll von der Erforschung grundlegender Materialien und Einzelzellen bis hin zu Tests und Prototyping auf Batterieebene reichen. Erfahrung, Bereitschaft und Engagement für den erfolgreichen Technologietransfer und enge Zusammenarbeit mit Industriepartnern sind für die Mission des Labors von grösster Bedeutung. Unabdingbar für diese Position sind grosse, nachgewiesene Führungserfahrung und Führungsqualitäten in der Leitung von grossen Forschungsgruppen und/oder anderen Forschungseinheiten.

→ Erfolgreiche Bewerberinnen und Bewerber verfügen über einen PhD oder einen anderen gleichwertigen Fachausweis in Chemie, Materialwissenschaften oder in einem anderen angegliederten Feld. Eine hohe Motivation und ein starkes Engagement in der Ausbildung von Studierenden wird vorausgesetzt. Der Unterricht findet auf Undergraduate-Stufe auf Deutsch oder Englisch und auf Graduate-Stufe auf Englisch statt.

→ **Bitte bewerben Sie sich online: www.facultyaffairs.ethz.ch**

→ Bewerbungen mit Lebenslauf und Publikationsliste, einer Beschreibung der beabsichtigten Forschungs- und Lehrtätigkeit sowie der drei bedeutendsten Leistungen sind **bis zum 15. September 2021 in Englisch einzureichen. Das Anschreiben ist an den Präsidenten der ETH Zürich, Prof. Dr. Joël Mesot, zu richten.** Die ETH Zürich setzt sich für Vielfalt und Chancengleichheit, die Erhöhung des Frauenanteils innerhalb der Professorenschaft, die Bedürfnisse von Dual-Career-Paaren sowie die Vereinbarkeit von Beruf und Familie ein.



Ansichten zweier Preisträger

Aller Anfang ist schwer: Die neue Rubrik „Ansichten eines Preisträgers“ erschien erstmals im Juli/August-Heft der Nachrichten. Und prompt ging etwas schief: Die Antworten Peter H. Seebergers waren dem Fragebogen Herbert Waldmanns zugeordnet...

Damit aber ein für alle mal klar ist, wer was und wie gesagt hat: Hier die beiden Preisträger im direkten Duell!

Beide Preisträger erhielten (pandemiebedingt etwas verspätet) auf dem virtuellen GDCh-Wissenschaftsforum im August ihre Auszeichnungen: Peter H. Seeberger die Emil-Fischer-Medaille 2020. Mit dieser nach dem Nobelpreisträger benannten Ehrung zeichnet die GDCh herausragende Leistungen in der organischen Chemie aus. Herbert Waldmann wurde beim Wifo mit der Liebig-Denkmedaille 2020 geehrt. Diese vergibt die GDCh seit 1950 an bedeutende universitäre und industrielle Wissenschaftler. Beide Preise sind mit 7500 Euro dotiert.



Peter H. Seebergers größtes Privileg als Wissenschaftler ist es,...

als Max-Planck-Direktor an Themen und mit Leuten zu arbeiten, die ich mir aussuche.

Die größte Überraschung meiner Forscherkarriere war,...

als tatsächlich das erste automatisiert hergestellte Oligosaccharid aus der HPLC-Säule kam.

Ich habe Chemie studiert, weil...

ich neue, vorher nicht gekannte Moleküle schaffen wollte, um reale Probleme zu lösen.

Verraten Sie uns das Geheimnis des größten Erfolgs Ihrer Forscherkarriere?

Volle Konzentration auf ein Problem für fast zwei Jahrzehnte zusammen mit sehr talentierten jungen Kolleginnen und Kollegen, dazu großes Durchhaltevermögen.

Eine Begabung, die ich gerne hätte, ist...

Chinesisch sprechen und lesen zu können.

Der ideale Morgen sieht für mich so aus:

Ich wache wieder auf.

Der beste Ratschlag, den ich bekommen habe, lautet: „Work, finish, publish“ von Har Gobind Khorana (er zitierte damit Michael Faraday).

Wenn ich für einen Tag jemand anders sein könnte, wäre ich...

Archäologe.

Meine besten Ideen kommen mir beim...

Autofahren (darf man das überhaupt noch sagen?).

In einer freien Stunde...

schlafe ich.

In den Nachrichten aus der Chemie lese ich immer als erstes...

die chemiehistorischen Artikel.

Wenn ich einen Tag mit dem Namensgeber meines Preises verbringen könnte, würde ich...

mich mit ihm über Zuckerchemie unterhalten – was sonst?

Peter H. Seeberger, Jahrgang 1966, leitet die Abteilung Biomolekulare Systeme am Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung. Neben der automatischen Synthese komplexer Zucker entwickelt er kontinuierliche Synthesemethoden zur Totalsynthese von Wirkstoffen. Zudem beschäftigt er sich mit Signalübertragung, Materialeigenschaften von Zuckern und Immunologie.



Herbert Waldmanns größtes Privileg als Wissenschaftler ist es, ...

frei zu sein, mich mit den Fragen, Herausforderungen und Aufgaben zu beschäftigen, die mich am meisten interessieren.

Die größte Überraschung meiner Forscherkarriere war, ... dass sich Chemiker:innen und Biolog:innen in Bezug auf Risikofreudigkeit und auch wissenschaftlicher Konservativität gegenseitig in nichts nachstehen, aber sehr unterschiedliche persönliche und wissenschaftliche Kulturen pflegen. Bei den Einen trage ich bevorzugt meinen „Chemie-Anzug“ (normaler Anzug, Hemd, auch gerne Krawatte) und bei den Anderen meinen „Biologie-Anzug“ (Jeans, T-Shirt, Leinenjacke).

Ich habe Chemie studiert, weil...

ich das Glück hatte, im Gymnasium einen begeisterten Chemielehrer zu haben, der mein bereits bestehendes Interesse gestärkt und die Faszination für das Fach in mir geweckt hat. Ich hätte auch Biologe werden können (derselbe Lehrer hat mich auch in Biologie unterrichtet), habe aber dann nie auch nur eine Vorlesungsstunde zu einem biologischen Fach gehört.

Verraten Sie uns das Geheimnis des größten Erfolgs Ihrer Forscherkarriere?

Mit der intellektuellen Leichtfüßigkeit des Rheinländers ausgestattet war ich als junger Hochschullehrer mutig genug, mich in eine Wissenschaft – die Biologie – zu wagen, von der ich damals kaum Verständnis hatte, und dabei große Fragen zu stellen. Ich bin mir dann immer auch als organischer Chemiker treu geblieben und habe mich nicht vom Urteil Anderer abhängig gemacht. Mit dieser Grundhaltung habe ich ein Team aus Chemiker:innen, Biolog:innen, Pharmazeut:innen und Cheminformatiker:innen gebaut, das in Chemie, Biologie und Wirkstoffforschung neue Prinzipien formulieren und neue Erkenntnisse gewinnen konnte. Wichtig war, dass ich

gelernt habe, wie man für alle Beteiligten (sowohl akademische wie industrielle Partner) gewinnbringend und vertrauensvoll kooperiert, was in der Biologie üblich ist, in der Chemie aber sehr viel weniger.

Eine Begabung, die ich gerne hätte, ist...

mathematische Zusammenhänge intuitiv zu erfassen, etwa die „Form von Datensätzen“ bildlich sehen zu können.

Der ideale Morgen sieht für mich so aus:

Gut geschlafen, guter Sport, gutes Frühstück mit meiner Frau, gute Idee, gute Arbeit.

Der beste Ratschlag, den ich bekommen habe, lautet:

dass man als Wissenschaftler:in eigene Ideen haben muss, großen Fragen nachgehen und davor keine Angst haben sollte. Hart arbeiten kann Jede:r.

Wenn ich für einen Tag jemand anders sein könnte, wäre ich...

Weiß ich nicht. Ich habe dieses Bedürfnis nie gehabt. Ich bin mir des Glücks bewusst, dass ich genau den Weg gehen konnte, den ich gehen wollte.

Meine besten Ideen kommen mir...

zu den unterschiedlichsten Zeiten und an den unterschiedlichsten Orten. Es muss nicht einmal ruhig oder entspannt sein, manchmal ist Druck förderlich. Oft muss ich mit einem Problem nur lange genug schwanger gehen und etwas vollkommen Anderes lesen oder hören, mich also von dem Problem mehr oder weniger lösen, um eine Querverbindung herzustellen, die in ein neues Projekt mündet.

In einer freien Stunde...

mache ich nichts, gar nichts (unsere Tochter glaubt mir bis heute nicht, dass das geht, ist aber so).

In den Nachrichten aus der Chemie lese ich als erstes...

Synthese im Blickpunkt und die Personalnachrichten.

Wenn ich einen Tag mit dem Namensgeber meines Preises verbringen könnte, würde ich...

mit ihm durch das Gießen und das München des 19ten Jahrhunderts flanieren und mit ihm diskutieren, wie es möglich war, eine wissenschaftliche Breite und Tiefe zu erlangen, die von der Begründung der Agrochemie über die Ernährungswissenschaften zur organischen Chemie reichen.

Herbert Waldmann, Jahrgang 1957, ist Direktor der Abteilung Chemische Biologie am Max-Planck-Institut für molekulare Physiologie und Professor für chemische Biologie an der Universität Dortmund. Mit seiner Arbeitsgruppe entwickelt er Strategien zur Synthese naturstoffinspirierter Substanzbibliotheken, um diese zur Untersuchung biologischer Phänomene zu nutzen.

AUSGEBLÄTTERT

Hart auf hart



An der Idee, Ratten durch Borstenwürmer zu ersetzen, scheiterten die Dreharbeiten zu „Nosferatu resurfaces“. Damit ging das Genre des Unterwasser-Vampirfilms vorerst unter. Illustration: Roland Wengenmayr

Ein eisenharter Kiefer wäre nützlich für die Situationen, in denen man sich ernsthaft durchbeißen muss – etwa die Endphase des Bundestagswahlkampfes oder die vierte Welle der Coronapandemie. Borsten aus Chitin sind auch nicht schlecht, die halten unliebsame Artgenossen und Fressfeinde auf Distanz.

Die Vielborster (Polychaeta) haben beides, und das schon seit etwa 500 Millionen Jahren. Dies ist insofern bemerkenswert, als es sich um Wirbellose aus dem Stamm der Ringelwürmer handelt. Sie entwickelten ihre Hardware, lange bevor den Vorfahren der Wirbeltiere Knochen und ganz allgemein ein Skelett nützlich erschien.

Von dem ganzen Calciumphosphat und den hierarchischen Strukturen, die unsere Knochen härten, ahnten die Vielborster vor 500 Millionen Jahren noch nichts. Sie entwickelten eine andere Rezeptur: Ihre Kiefer bestehen aus Proteinen, also einem eher weichen Material – man denke an ein hart gekochtes Ei, dessen Textur sich im wesentlichen aus denaturiertem Protein ergibt.

Ihre erstaunliche Härte erreichen die Vielborster, wie die Arbeitsgruppe von Christian Hellmich an der

TU Wien jetzt bei mehreren Arten feststellte, mit Eisen, Kupfer, Zink und Nickel.¹⁾ Natürlich nicht in kristalliner Form, das wäre eine Sensation, aber in Gestalt von Metalloproteinen. Wobei die Materialeigenschaften sich tatsächlich dem Beitrag der Metallatome zuordnen lassen.

Verschiedene Vielborsterarten verwenden verschiedene Metalle für diesen Zweck. *Platynereis dumerilii*, eine oft als Modellsystem untersuchte Art aus dem Mittelmeer, nutzt vor allem Eisen und Zink, und die Härte steigt mit zunehmendem Zinkanteil. Bei *Glycera* hingegen sorgen Kupferionen für zusätzliche Härte.

Die Metallatome sind offenbar an den starken, aber dynamischen Bindungen zwischen benachbarten Proteinmolekülen beteiligt. Sie halten diese fest zusammen. Aber wenn es hart auf hart kommt, können sie auch aneinander entlang gleiten. Die so erzeugten elastoplastischen Materialeigenschaften im Nanometermaßstab ähneln verblüffend denen von massiven Metallen. Das haben die Wiener mit Nanoindentierung nachgewiesen, einem Verfahren, das die Härte von dünnen Schichten misst, indem es sie einzudrücken versucht.

Für die Materialwissenschaft ist das deshalb interessant, weil die Eisenkiefer der Vielborster in kaltem Meerwasser entstehen, während wir zur Herstellung ähnlicher Materialien extrem hohe Temperaturen benötigen und entsprechend viel Energie verbrauchen.

Von den vielborstigen Urtieren gibt es übrigens mehr als 10 000 Arten – genug, um den Streit um ihre systematische Einordnung bis in alle Ewigkeit zu garantieren. Sie finden sich in allen Ozeanen und in jeder Tiefe, von den Uferzonen bis zum Grund des Marianengrabens. Manche haben aus den Borsten Schwimmpaddel entwickelt, und manche wurden zu Raubtieren mit hoch entwickelten Augen und furchteinflößenden Zähnen. Vielleicht können wir von ihnen außer dem Durchbeißen mit extrahartem Kiefer noch einiges mehr lernen.

Michael Groß
www.michaelgross.co.uk

1) L. Zelaya-Lainez, G. Balduzzi, O. Lahayne et al., JOM 2021, doi: 10.1007/s11837-021-04702-1

Xx
Wer bin ich?

0815
0,5

3:2

585, 587, ...

Wie ich heiße? Die einen sagen so, die anderen so...

Als 0815-Element bin ich total normal und kann mit Verschwörungsmythen nichts anfangen. Aber sollte es mir nicht zu denken geben, dass die Massenzahl meines einzigen natürlichen Isotops einer beliebten Mystery-Zahl der Popkultur entspricht?

0,5 – das ist die Härte!

Wenn es „brütend“ heiß ist, bleibe ich ganz cool...

3:2 – das ist kein Fußballergebnis sondern die Ionenbilanz eines meiner wichtigsten physiologischen Prozesse.

Vieles an mir ist völlig alltäglich: zum Beispiel mein häufigstes Mineral. Dessen Name liefert Struktur (zwar nicht für den Alltag, aber doch für diejenigen, die gerne Struktur suchen und verfeinern).

583, 585, 587,: Jaaaah, ich sehe sie!



Welches Element ist gesucht? Senden Sie die Lösung bis zum 24. September an nachrichten@gdch.de; unter den richtigen Einsendungen lösen wir eine siegreiche aus (es gibt auch was zu gewinnen!). Die Auflösung steht im Oktoberheft.

Auflösung aus Heft 7/8

Okay, wir haben gelogen: Die Auflösung des Elementerätsels aus dem sommerlichen Doppelheft kommt doch schon im Heft 9 (und nicht im Heft 10 wie angekündigt). Auf vielfachen Wunsch erhöhen wir nämlich die Elementerätsel-Frequenz: Ab sofort kommt in jedes Heft ein Rätsel.

Im Juli-August-Heft war Hg gesucht: ein ergiebiges Element. Im Oktober 2019 war es in den *Nachrichten* ein Lieblingselement. Dort war ein Foto von W. Eugene Smith abgedruckt. Der US-Amerikaner hatte Anfang der 1970er Jahre die Opfer der Quecksilbervergiftungen aus der Minamata-Buch in Japan fotografiert; wer die Bilder einmal gesehen

hat, vergisst sie nicht (zu sehen unter anderem hier: t1p.de/nci3). Der andere Fotograf – der erste überhaupt – war Louis Daguerre (1887 – 1851, hier enthielt das Rätsel einen Tippfehler). Er entwickelte seine Bilder mit Quecksilberdämpfen. Nahe Obermoschel in der Pfalz fand man seltene Kupfer- und Silbersilberlegierungen als Minerale. (Dort wurden zwar auch Halogenide gefunden, aber Legierungen sind doch spannender). Mehrdosenimpfstoffe, etwa gegen Grippe, dürfen gemäß FDA pro Dosis 25 µg Quecksilber als Thiomersal enthalten, und zwar zur Konservierung – in den hier gängigen Covid-19-Impfstoffen steckt es allerdings nicht.

IMPRESSUM

Herausgeber: © Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V., Postfach 900440, D-60444 Frankfurt am Main; Tel. 069 7917-0, E-Mail: gdch@gdch.de
Verleger: Wiley-VCH GmbH, Boschstraße 12, 69469 Weinheim; Tel. 06201 606-174, Fax 06201 606-91205; E-Mail: nachrichten-icd@wiley-vch.de
Druck: westermann DRUCK | pva, Georg-Westermann-Allee 66, 38104 Braunschweig
Kuratorium: Peter R. Schreiner (Vorsitzender), Hans-Dieter Arndt, Eberhard Ehlers, Wolfgang Kautek, Wolfram Koch, Burkhard König, Vera Köster, Manuela Kummeter, Marco Oetken, Susanne Rehn-Taube, Sven Schneider, Denise Schütz, Katharina Uebele, Ursula Westphal
Redaktion: Christian Remenyi (Chefredakteur), Stefanie Schehlmann (Assistenz), Maren Bulmahn, Eliza Leusmann, Frauke Zbikowski, Jürgen Bugler (Grafik)
Varrentrappstraße 40 – 42, 60486 Frankfurt am Main.
Tel. 069 7917-462, E-Mail: nachrichten@gdch.de
Produktanzeigen: Wiley-VCH, Vanessa Winde, Boschstraße 12, 69469 Weinheim, Tel. 06201 606-721
Fax 06201 606-793, E-Mail: vwinde@wiley.com

Stellenanzeigen: GDCh-Karriereservice, Angela Pereira Jaé, Alina Gajda, Postfach 90 04 40, 60444 Frankfurt am Main
Tel. 069 7917-665 oder -668, Fax 069 7917-322
E-Mail: stellenmarkt@gdch.de

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung, sind vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Zustimmung des Herausgebers in irgendeiner Form reproduziert oder in eine von Maschinen verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen und ähnlichen Angaben berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Namen ohne weiteres von jedermann benutzt werden dürfen. Es handelt sich meistens um gesetzlich geschützte, eingetragene Warenzeichen, auch wenn sie nicht gekennzeichnet sind. Der Inhalt der Nachrichten aus der Chemie ist sorgfältig erarbeitet. Redaktion und Herausgeber übernehmen keine Verantwortung für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für Druckfehler. Alle Beiträge erscheinen exklusiv und in redaktioneller Bearbeitung.



WILEY-VCH

Interessierte Autoren setzen sich rechtzeitig mit der Redaktion in Verbindung und beachten die Autorenrichtlinien. Die Zeitschrift ist als „Nachr. Chem.“ zu zitieren.

Die Nachrichten aus der Chemie wollen in ihren Texten alle Geschlechter ansprechen sowie abbilden und nutzen dafür eine gendersensible Sprache. Wenn einzelne Sprachformen generisch verwendet werden, schließen diese uneingeschränkt alle anderen Sprachformen ein. Die in den Nachrichten publizierten Ansichten müssen nicht mit denen des GDCh-Vorstands übereinstimmen.

Verantwortlich

für den redaktionellen Teil: Dr. Christian Remenyi; für den GDCh-Teil: Prof. Dr. Wolfram Koch; für Stellenanzeigen: Dr. Hans-Georg Weing; alle: Varrentrappstr. 40 – 42, D-60486 Frankfurt am Main; für die GÖCH-Nachrichten: DI Miranda Dalagianis, Nibelungengasse 11, A-1010 Wien; für Produktanzeigen: Katja-Carola Habermüller, Boschstraße 12, 69469 Weinheim
Erklärung nach § 5 des Hessischen Pressegesetzes:
Gesellschaft Deutscher Chemiker e. V., Frankfurt am Main.
ISSN 1439-9598 D 4158

Inhouse-Kurse

Nutzen Sie unser Know-how
für Ihre maßgeschneiderten Kurse



- ✓ **Individuell**
Kursinhalte nach Ihren Vorstellungen
- ✓ **Effizient**
Gezielte Behandlung Ihrer Frage- und Problemstellungen
- ✓ **Kostensparend**
Keine Reise- und Übernachtungskosten
- ✓ **Zeitsparend**
Keine An- und Abreise der Teilnehmenden
- ✓ **Übungen an gewohnten Geräten**
und Besprechung gerätespezifischer Frage- und Problemstellungen (bei Kursen mit Experimenten)

Entscheiden Sie: Vor Ort oder digital

Wir setzen Ihre individuellen Kursthemen gemeinsam mit Ihnen um.

Kontakt: fb@gdch.de, T: +49 69 7917-331