



Foto © Petra Homeier



Foto © UR/Editorial Office

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

es ist uns eine große Freude, dass Sie trotz der anhaltenden Herausforderungen der Corona-Pandemie die Ausgabe 42/43 von »Blick in die Wissenschaft« in Ihren Händen halten können.

Unser Campus-Leben war in den letzten eineinhalb Jahren stark eingeschränkt und weite Teile der universitären Zusammenarbeit sind für drei Semester in den digitalen Raum umgezogen. So mussten Online-Formate und Homeoffice an die Stelle von Präsenzlehre und unmittelbaren Gesprächen treten. Forschungsprojekte, Tagungen und internationale Kooperationen konnten häufig nicht wie geplant umgesetzt werden und viele Studierende konnten den Campus der Universität Regensburg und das universitäre Leben vor Ort noch nicht persönlich kennenlernen.

Umso größer ist unsere Freude, im Wintersemester 2021/22 – trotz der nach wie vor gebotenen Vorsicht und den notwendigen Infektionsschutzmaßnahmen – nun wieder in einen weitreichenden Präsenzbetrieb und insbesondere zur Präsenzlehre auf unserem Campus zurückkehren zu können. Ich bin zuversichtlich, dass wir auch das Wintersemester 2021/22 und die vor uns liegende Über-

gangsphase erfolgreich gestalten werden und die positiven Errungenschaften der digitalen Möglichkeiten mit in die Zukunft nehmen.

Die Universität Regensburg hat in den vergangenen eineinhalb Jahren die Herausforderungen der Pandemie erfolgreich bewältigt und viel zur Eindämmung der Pandemie in der Stadt und in der Region beigetragen. Dies ist uns dank des enormen und großartigen Einsatzes vieler Menschen in den unterschiedlichsten Feldern und Tätigkeiten und dank des großen gegenseitigen Vertrauens und Respekts in unserer universitären Gemeinschaft gelungen. Wir haben in den Corona-Semestern unsere digitalen Kompetenzen erweitert, wir haben digital flexibel und bestmöglich auf die Planungsunsicherheiten der Pandemie reagiert und trotz eingeschränkter Mobilität den wissenschaftlichen und persönlichen Austausch in virtuellen Formaten weitergeführt. Um die Chancen der Digitalisierung weiter zu nutzen, hat die Universität Regensburg erheblich in die Infrastruktur für digitale Lehre und deren Unterstützung investiert. So sind nun zum Beispiel alle Hörsäle und Seminarräume mit Videokonferenztechnik ausgestattet.

Auch wenn Präsenzunterricht an der Universität Regensburg der Regelfall ist und bleibt, nehmen wir die digitalen Innovationen mit in die kontinuierliche Verbesserung der universitären Lehre und in den Ausbau des wissenschaftlichen Austausches.

Den Studierenden und Lehrenden sowie allen Mitarbeiter*innen der Universität Regensburg in den unterschiedlichsten Tätigkeitsbereichen gebührt großer Dank für ihr außerordentliches Engagement, ihre hohe Motivation und vor allem auch für ihre Innovationsbereitschaft und ihre Planungsoffenheit in diesen Zeiten. Unser Dank richtet sich im gleichen Maße an den Redaktionsbeirat, das Redaktionsbüro und alle Autor*innen der Ihnen nun vorliegenden Ausgabe von »Blick in die Wissenschaft«: Ungeachtet der anhaltenden Herausforderungen der Corona-Pandemie ist es dank ihres Einsatzes gelungen, in bewährter Weise einen Einblick in das breite Spektrum der Forschung unserer Universität zu ermöglichen.

So berichtet diese Ausgabe über moderne Wissenschaft an der Schnittstelle zwischen Chemie, Pharmazie, Medizin und Umwelt. Sie liefert griffige Beispiele dafür, wie Grundlagenforschung zu The-

men wie »Grenzflächen und Nanomaterialien« wichtige Impulse für neue Entwicklungen und konkrete Anwendungen geben kann, beispielsweise für den Schutz unserer Umwelt, für eine zielgenaue und nebenwirkungsarme Darreichung von Medikamenten oder für innovative und schnelle diagnostische Testverfahren. Unweigerlich schlägt man beim Lesen der beiden letztgenannten Beiträge die Brücke zu innovativen Behandlungsmöglichkeiten und Nachweisverfahren von SARS-CoV-2. Dazu passend: »Test positiv – Trotzdem gesund?« – ein Beitrag aus der Mathematik, der aufzeigt, wie wichtig es für Ärzt*innen und Patient*innen ist, statistische Informationen verständlich abzubilden. Eine verständliche Darstellung sowie mathematische Modelle, die helfen, beispielsweise das Wachstum von Tumoren zu verstehen und darauf aufbauend Behandlungsoptionen zu verbessern, rücken die oft als abstrakt und theoretisch wahrgenommene Mathematik in einen sehr konkreten Anwendungsbezug.

Ein Highlight dieser Ausgabe ist das Interview von Prof. Klaus Richter mit Prof.

Hans Joachim Schellnhuber bei dessen Besuch zum Dies Academicus 2019 anlässlich des 50jährigen Jubiläums des Lehrbetriebs der Fakultät für Physik. Prof. Schellnhuber hat in den 70-er Jahren in Regensburg Physik studiert und gilt als einer der weltweit renommiertesten Klimaexperten. Er gründete 1992 das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, das er als Direktor bis 2018 leitete. Als Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) und langjähriges Mitglied des Weltklimarats (IPCC) prägte er die internationale politische Diskussion mit Blick auf eine nachhaltige Lösung des Klimaproblems und forderte zeitnahe politische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Maßnahmen zur Erreichung des Zwei-Grad-Ziels, unter anderem durch die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energiequellen. In seinem Interview kritisiert er die Rolle der Wissenschaft, die besonders in Deutschland ihrer gesellschaftlichen Aufgabe nicht gerecht geworden sei: »Wer mehr weiß, der trägt auch mehr Verantwortung«. Das gilt, wie er sagt »für einen Piloten, der

ein Flugzeug steuert, während die Passagiere sich bequem zurücklehnen können ebenso, wie für einen Virologen, der weiß, dass ein gefährlicher Organismus um die Welt reisen und eine Pandemie auslösen kann.« Das Interview führte Prof. Richter zwei Monate vor dem Bekanntwerden der ersten Corona-Fälle.

Abgerundet wird diese Ausgabe durch eine Darstellung der »Abstammung als rechtliches Zuordnungskonzept« sowie Beiträge aus den Medienwissenschaften, die das Internet als »Akustischen Raum« beschreiben und auf dem Hintergrund der Corona-bedingten Internet-Transformation »Aufklärung im Zeitalter der Digitalisierung« anmahnen.

Genießen Sie die Lektüre dieser Ausgabe und bleiben Sie gesund.

Prof. Dr. Udo Hebel
Präsident der Universität Regensburg

Prof. Dr. Ralf Wagner
Vorsitzender Redaktionsbeirat

Blick in die Wissenschaft
Forschungsmagazin
der Universität Regensburg

ISSN 0942-928-X
Heft 42/43
30. Jahrgang

Herausgeber

Prof. Dr. Udo Hebel
Präsident der Universität Regensburg

Redaktionsleitung

Prof. Dr. rer. nat. Ralf Wagner

Redaktionsbeirat

Prof. Dr. jur. Christoph Althammer
Prof. Dr. rer. nat. Ferdinand Evers
Prof. Dr. rer. nat. Stefan Friedl
Prof. Dr. rer. nat. Mark W. Greenlee
Prof. Dr. theol. Andreas Merkt
Prof. Dr. phil. Omar W. Nasim
Prof. Dr. rer. nat. Klaus Richter
Prof. Dr. rer. pol. Daniel Rösch
Prof. Dr. med. Ernst Tamm
Prof. Dr. paed. Oliver Tepner
Prof. Dr. phil. Christiane Heibach

Universität Regensburg
93040 Regensburg
Telefon (09 41) 9 43-23 00
Telefax (09 41) 9 43-33 10

Verlag

Universitätsverlag Regensburg GmbH
Leibnizstraße 13, 93055 Regensburg
Telefon (09 41) 7 87 85-0
Telefax (09 41) 7 87 85-16
info@univerlag-regensburg.de
www.univerlag-regensburg.de
Geschäftsführer: Dr. Albrecht Weiland

Abonnementservice

Andrea Winkelmayr
bestellung@schnell-und-steiner.de

Anzeigenleitung

Larissa Nevecny
MME-Marquardt
info@mme-marquardt.de

Herstellung

Universitätsverlag Regensburg GmbH
info@univerlag-regensburg.de

Einzelpreis € 7,00

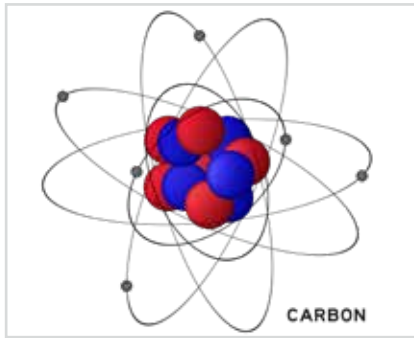
Jahresabonnement

bei zwei Ausgaben pro Jahr
€ 10,00 / ermäßigt € 9,00

Für Schüler, Studierende und Akademiker/innen im Vorbereitungsdienst (inkl. 7 % MwSt.) zzgl. Versandkostenpauschale € 1,64 je Ausgabe. Bestellung beim Verlag. Für **Mitglieder des Vereins der Ehemaligen Studierenden der Universität Regensburg e.V.**, des **Vereins der Freunde der Universität Regensburg e.V.** und des **Vereins ehemaliger Zahnmedizinstudenten Regensburg e.V.** ist der Bezug des Forschungsmagazins im Mitgliedsbeitrag enthalten.



Inhalt



Nano – von Zwergen und Grenzflächen

4

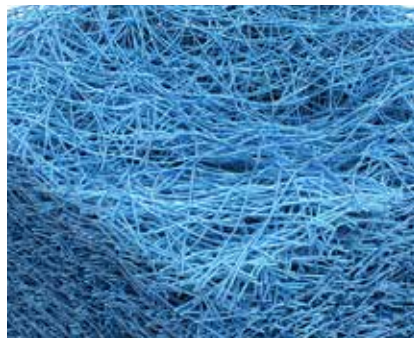
Oliver Tepner



Die flüssige Messie-Welt

7

Werner Kunz



»Chemisches Zielen« in der Nanotherapie

14

Achim Göpferich



Nanomaterialien und Biosensoren

22

Antje Bäumner



Im Dialog mit Prof. Dr. Joachim Schellnhuber

29

Klaus Richter



Die Abstammung als rechtliches Zuordnungskonzept

33

Claudia Mayer



E-Normalität

39

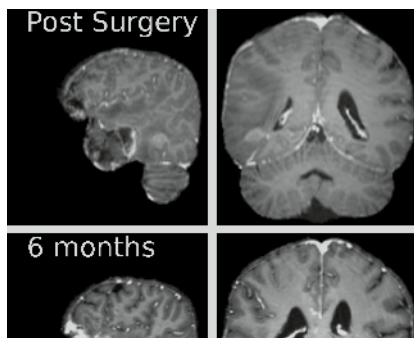
Bernhard Dotzler



Im Rausch(en) der Informationen

45

Solveig Ottmann



Test positiv – Trotzdem gesund?

52

Karin Binder



Die Schöne und das Biest

56

Harald Garcke



Nano – von Zwergen und Grenzflächen

Prof. Dr. Oliver Tepner

Der folgende Beitrag stellt eine Einführung in die Themen Nano und Grenzflächen dar, welche gemeinsam den Themenschwerpunkt dieses Heftes bilden.

Was sind Nanoteilchen?

Der Begriff Nano ist auf das griechische Wort νάνος (nános) zurückzuführen und bedeutet Zwerg. Mit der Vorsilbe »nano« lassen sich also winzige Größen beschreiben. Beispielsweise ist ein »Nanometer« ein Milliardstel Teil eines Meters (10^{-9} m). Um eine Vorstellung zu bekommen, wie – eigentlich unvorstellbar – klein dies ist, kann ein Blick zurück in den Chemieunterricht der Schulzeit helfen. Da es sowohl für Schülerinnen und Schüler aber auch Erwachsene oftmals schwierig ist, sich die kleinsten Teilchen, aus denen unsere Welt besteht, vorzustellen, wird mit Analogien, Vergleichen und Modellen gearbeitet. Hätte in unserem Fall ein Nanoteilchen die Größe einer Grapefruit, so würde die Grapefruit in etwa die Größe der Erde haben, wenn die Größenverhältnisse beibehalten würden.

In konkreten Zahlenwerten bedeutet dies, dass Nanoteilchen – entsprechend einer EU-Empfehlung – einen Durchmesser zwischen 1 und 100 Nanometer (ggf. auch bis 1000 nm) haben [1]. Dies sind 10^{-9} m bis 10^{-7} m. Zum Vergleich: Ein einzelnes Atom ist mit ca. 10^{-10} m nur etwa 1 Zehntel bis 1 Tausendstel so groß. Nanoteilchen (= »Nanopartikel«) sind also etwas größer als einzelne Atome, aber immer noch sehr sehr klein.

Während die Begriffe Nano bzw. Nanotechnologie erst seit relativ kurzer Zeit in der öffentlichen Wahrnehmung präsent sind, werden Nanopartikel seit langem vom Menschen genutzt und treten auf unserer Erde seit Millionen von Jahren auf. So werden sie z. B. durch Vulkanausbrüche auf natürlichem Wege freigesetzt. Der Begriff Nanomaterial kann sich sowohl auf einzelne Partikel mit dem oben genannten Durchmesser als auch auf Materialien, welche aus Nanopartikeln aufgebaut sind oder diese enthalten, beziehen. Forschungen zu Teilchen im Nano-Maßstab befassen sich

nicht primär mit einzelnen Atomen oder Molekülen, sondern mit einer überschaubaren Anzahl von Atomen oder Molekülen, welche sich zu größeren »Teilchen« und Strukturen im Nano-Maßstab zusammensetzen. Daraus ergeben sich völlig neue und spezielle Eigenschaften, die sowohl in aktueller Forschung als auch im Alltag zu interessanten Anwendungen führen. So lassen sich z. B. ihre physikochemischen Eigenschaften wie Schmelzpunkt, Löslichkeit, elektrische und thermische Leitfähigkeit, katalytische Aktivität, Benetzbarkeit, Lichtabsorption und -streuung sowie magnetische Eigenschaften gezielt verändern, sodass sich Verbesserungen gegenüber ihren »normal« großen, massiven Gegenstücken ergeben [2]. Obwohl Nanoteilchen bzw. Nanomaterialien aus den gleichen Atomen und Molekülen bestehen wie ihre »normalen« größeren Pendanten, verhalten sie sich anders als diese,



Kohlenstoffatom (0,1 nm)

Nanoteilchen (1 nm)

Grapefruit (11,3 cm)

Erde (12742 km)



welche z. B. mit dem bloßen Auge oder einem üblichen Lichtmikroskop betrachtet werden können. Grundsätzlich werden in der Nano-Welt Oberflächeneigenschaften der Nano-Materialien bedeutsamer als ihre Volumeneigenschaften. Das liegt daran, dass Atome und Moleküle an der Oberfläche der Teilchen in der Regel viel energetischer und damit auch reaktiver sind, als im Inneren der Teilchen und je kleiner die Teilchen, desto größer das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen. Dies führt auch dazu, dass sehr viele chemische Reaktionen auf kleinstem Raum stattfinden können.

Im Folgenden werden ausgewählte Nanomaterialien und Anwendungsfelder vorgestellt, die uns im (historischen) Alltag begegnen, ehe ein Einblick in Forschungsfelder der Fakultät für Chemie und Pharmazie der Universität Regensburg zu Nano-Materialien gegeben wird. Die Forschungen können u. a. für hochaktuelle Themen wie Umweltschutz, Virenanalyse und Virenbekämpfung genutzt werden und bilden den Themenschwerpunkt dieses Heftes.

Wo finden sich Nano-Partikel?

Bereits die alten Ägypter nutzten vor 4000 Jahren Nanokristalle, um ihre Haare schwarz zu färben. Allerdings wussten sie noch nichts von der akuten Toxizität der verwendeten Bleiverbindung (PbS) [3]. Beindruckende Farbeffekte aufgrund von Metall-Nanopartikeln finden sich auch im 9. Jahrhundert bei glasierten Keramiken, die unter bestimmten Reflexionsbedingungen des Lichts grün und blau schillernde Farben erzeugen. Mit Hilfe eines speziellen Mikroskops konnte gezeigt werden, dass für den Effekt eine Doppelschicht aus Silber-Nanopartikeln in einem bestimmten Abstand zueinander verantwortlich ist. Der Abstand zwischen den beiden Schichten liegt konstant bei etwa 430 nm, sodass sich sogenannte Interferenzeffekte im sichtbaren Wellenlängenspektrum ergeben. Das von der zweiten Schicht gestreute Licht führt zu einer Phasenverschiebung aufgrund der Streuung des Lichts an der ersten Schicht. Diese wellenlängenabhängige Phasenverschiebung des einfallenden Lichts führt bei der Streuung zu einer anderen Wellenlänge [4]. Auch für die Einfärbung von Kirchglasten werden seit vielen hundert Jahren metallische Nanopartikel wie sehr fein verteilte («kolloidale») Gold- und Silberpartikel verwendet. Die

rubinrote Farbe des für Japan bekannten Satsuma-Glases beruht hingegen auf Kupfer-Nanoteilchen.

Seit den 1940er Jahren werden Siliciumdioxid-Nanopartikel (praktisch feinste Sandkörnerchen) als Ersatz für Ruß zur Verstärkung von Gummi eingesetzt. Auch im aktuellen Automobilbau werden Nanopartikel und Nano-strukturierte Materialien in großem Umfang verwendet: als Füllstoffe in der Autokarosserie, um die Steifigkeit zu erhöhen, als Füllstoffe in Reifen, um die Haftung auf der Straße zu verbessern, und als transparente Schichten für beheizte, beschlag- und eisfreie Fensterscheiben. Insbesondere scheint die Weiterentwicklung von Lithium-Ionen-Batterien für E-Autos von den Möglichkeiten der Nanotechnologie abzuhängen. Sehr fein verteiltes Elektrodenmaterial bzw. eine bewusste Trennung von leitenden Bestandteilen einer Batterie («Elektroden und Elektrolyten») durch eine Schutzschicht im Nanomaßstab lassen Forschende wie Produzenten hoffen, die Ladezeit von E-Autos auf die eines üblichen Tankvorgangs zu reduzieren und ihre Reichweite auf 1000 km pro Akkulation zu erhöhen [5]. Das in Wandfarbe häufig eingesetzte Weißpigment »Titanoxid« wird im Nanomaßstab kommerziell in Solarzellen mit der Fähigkeit zur Farbstoffsensibilisierung verwendet [2].

Auch im Bereich des Gesundheitsschutzes haben Silber-Nanopartikel längst ihren Weg in unseren Alltag gefunden, indem diese z. B. auf Oberflächen oder Textilfasern gegen Viren und Bakterien und damit z. B. gegen Gerüche wirken sollen. Aktuelle Forschungen in der Medizin befassen sich mit der Eignung von sogenannten Nano-Schalen für den Einschluss von Viren wie SARS-CoV-2. Hier verfolgen Forscherinnen und Forscher auf den Gebieten Chemie, Molekulares Nano-Engineering und Virologie das Ziel, das Innere der Nano-Schalen mit Molekülen auszukleiden, um einzelne Viren spezifisch zu binden und damit unschädlich zu machen. An diesen hochaktuellen Forschungen ist u. a. Ralf Wagner, Professor für Molekulare Mikrobiologie (Virologie) am Institut für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene der Universität Regensburg beteiligt. Neben den vom Menschen hergestellten oder genutzten Nanopartikeln finden sich im Menschen selbst auch Organe, die u. a. aus Nanostrukturen bestehen. Dazu zählen z. B. unsere Knochen, Antikörper, Enzyme und unsere DNA.

Ist Nanotechnologie gefährlich?

Eine generelle Herausforderung für den Einsatz von Nanopartikeln bleibt das noch unzureichende Wissen, um Vorhersagen über die Umweltverträglichkeit und Toxizität zu treffen. Neben erwünschten Eigenschaften sind auch Wechselwirkungen möglich, welche für Pflanzen, Tiere und Menschen schädlich sein können. Hierzu zählt die unkontrollierte Freisetzung von Nanopartikeln in die Umwelt bzw. Luft. Dabei sind nicht nur künstlich hergestellte Nanomaterialien problematisch, sondern es werden viele, ebenfalls gesundheitsschädliche Nanopartikel auf natürlichem Wege durch Vulkanausbrüche, Wüstenstürme oder Waldbrände freigesetzt, welche die Luftqualität vermindern und u. a. zu Asthma führen können. Aufgrund ihrer geringen Größe können Nanopartikel problemlos in den Blutkreislauf und in innere Organe und Zellen gelangen. Ein wissenschaftlich fundierter und aktueller Überblick über neue, innovative und anwendungssichere Nano-Materialien findet sich unter [6]. Hier werden – vom BMBF gefördert – auch umwelt- und sicherheitsrelevante Abschätzungen zu Nanomaterialien überblicksartig veröffentlicht.

Nano und Grenzflächen – Überblick über den Themenschwerpunkt

Bei vielen Prozessen, an denen Nano-Partikel beteiligt sind, findet eine Interaktion mit oder an Grenzflächen statt. Als Grenzflächen werden die Flächen zwischen zwei nicht mischbaren Phasen, u. a. flüssig-flüssig (Wasser und Öl wie in Milch), fest-flüssig (Blutkörperchen im Blutplasma), sowie fest-fest (Gestein, das aus mehreren Mineralien besteht) bezeichnet. Grenzflächen im Nano-Maßstab können dann – sofern sie fluktuierend sind (sich also ständig verändern) – dazu genutzt werden, um chemische Reaktionen zu ermöglichen, welche unter »normalen« Bedingungen nicht ablaufen würden. Sogenannte Tensid-freie Mikroemulsionen kommen ohne Lösungsvermittler – wie sie in Waschmitteln enthalten sind – aus und konnten erstmals von Prof. Werner Kunz und Prof. Dominik Horinek vom Lehrstuhl für Physikalische und Theoretische Chemie der Universität Regensburg nachgewiesen werden, siehe der folgende Beitrag. Forschungen mit

Kollegen der Analytischen und Organischen Chemie der gleichen Fakultät (Prof. Frank-Michael Matysik und Prof. Burkhard König) wecken die Hoffnung auf umweltfreundliche und relativ einfache Reaktionsbedingungen und Analysemethoden. Übrigens: Seit dem 1. Juli 2021 fördert die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) den Sonderforschungsbereich/Transregio (TRR) »Kontrolle der chemischen Photokatalyse durch Molekülverbände«, an dem viele Kolleg:innen der Fakultät für Chemie und Pharmazie der Universität Regensburg beteiligt sind und der Nano- und Grenzflächeneffekte aufgreift, mit 9 Millionen Euro.

Eine passgenaue Interaktion von Nano-Partikeln mit hochkomplexen Grenzflächen in menschlichen bzw. tierischen Zellen kann dazu dienen, Medikamente genau an die Stellen im Körper (also in die Zellen) zu bringen, an denen sie wirksam werden sollen. Dabei wird sich an Strategien von Viren orientiert, welche in der Lage sind, die »Zielzellen« unter vielen anderen Zellen anhand mehrerer Rezeptoren oder Enzymen auf der Zelloberfläche (der Grenzfläche) zu erkennen und sich Zugang zum Zellinneren zu verschaffen. Die große Bedeutung der beschriebenen Forschung wird an der jüngst erfolgten Verleihung des Carl-Wilhelm-Scheele Preises 2021 der Deutschen Pharmazeutischen Gesellschaft (DPhG) für die beste Promotionsarbeit an den Erstautor des Beitrags in dieser Ausgabe »Die Programmierung von Grenzflächen für »Chemisches Zielen« in der Nanotherapie«, Dr. Daniel Fleischmann vom Lehrstuhl Prof. Achim Göpferich deutlich.

Die angeführte passgenaue Interaktion von Nano-Partikeln in biologischen Systemen kann auch in der Analytischen Chemie

genutzt werden, um sehr geringe Konzentrationen einer Substanz (eines »Analyten«) nachzuweisen bzw. dies vor Ort ohne großen technischen Aufwand vornehmen zu können. Dabei können auch Filtermatten aus Nanofasern eingesetzt werden, welche aufgrund ihrer im Vergleich zu Mikrofasermatten viel größeren Oberfläche prädestiniert sind, geringste Konzentrationen eines zu analysierenden Stoffes (eines »Analyten«, z. B. Bakterien, Moleküle) herauszufiltern. Viele verschiedene Ausgangsmaterialien ermöglichen dabei viele verschiedene Oberflächen/Grenzflächen, die für Reaktionen spezifisch verwendet werden können. Ein Zukunftsziel der Forschungen von Prof. Antje Bäumner, Lehrstuhl für Analytische Chemie, Chemo- und Biosensorik an der Universität Regensburg, ist die Miniaturisierung und Kombination von Biosensoren als sogenanntes »Lab-on-a-chip« (ein Minilabor auf einem Chip). Dieses kann nur Wirklichkeit werden, wenn biologische Moleküle und Nanomaterialien geschickt kombiniert werden, siehe der dritte Beitrag zum Themenschwerpunkt dieser Ausgabe.

Der steigenden Relevanz des Themas Nano wird auch in der Schule Rechnung getragen. So lässt sich z. B. im Schülerversuch eine nano-strukturierte Kupferoberfläche erzeugen, welche den bekannten Lotos-Effekt zeigt (Wasser kann von einer Blattoberfläche mühelos abperlen und Schmutzpartikel mitwaschen). Umweltschutz und Grenz- bzw. Oberflächenphänomene können gleichermaßen vermittelt werden. Im Modellexperiment lassen sich auch negative Wirkungen von Zinkoxid- oder Silber-Nanopartikeln auf Hefepilze während der alkoholischen Gärung erfahren und der Einsatz von Nanomaterialien

in Alltagsprodukten kritisch reflektieren [7]. Es bleibt zu hoffen, dass kommende Schüler:innengenerationen selbstverständlich und kritisch-konstruktiv mit Nanomaterialien und -technologien umgehen, um diese für eine bessere Zukunft einsetzen zu können, so wie dies die folgenden drei Beiträge dieses Heftes aufzeigen.

Literatur

- [1] Potocnik, J. (2011). Commission recommendation of 18 October 2011 on the definition of nanomaterial. Official Journal of the European Union: Legislation 54/L275, 38–40.
- [2] Jeevanandam, J., Barhoum, A., Chan, Y. S., Dufresne, A., Danquah, M. K. (2018). Review on nanoparticles and nanostructured materials: history, sources, toxicity and regulations. *Beilstein journal of nanotechnology* 9, 1050–1074.
- [3] Walter, P., Welcomme, E., Hallégot, P., Zaluzec, N. J., Deeb, C., Castaing, J., Veyssi re, P., Br niaux, R., L v eque, J.-L., Tsoucaris, G. (2006). Early use of PbS nanotechnology for an ancient hair dyeing formula. *Nano letters* 6/10, 2215–2219.
- [4] Nakai, I., Numako, C., Hosono, H., Yamasaki, K. (1999). Origin of the Red Color of Satsuma Copper-Ruby Glass as Determined by EXAFS and Optical Absorption Spectroscopy. *Journal of the American Ceramic Society* 82/3, 689–695.
- [5] Batteries for electric cars (2021). <https://spatiald.com/SALD-batteries-for-electric-cars.html> (letzter Zugriff am 26.10.2021).
- [6] Wissensplattform nanopartikel.info – Daten zu neuen, innovativen und anwendungssicheren Materialien (2021). <https://nanopartikel.info/> (letzter Zugriff am 27.10.2021).
- [7] Wilke, T., Dege, J., Waitz, T. (2017). Experimente zu Eigenschaften von Nanomaterialien in Chemieunterricht und Schülerlabor. *Chemkon* 24/4, 209–212.



Foto © Auer

Prof. Dr. Oliver Tepner hat an der TU Dortmund die Fächer Chemie und Musik für das Lehramt an Gymnasien studiert und in Chemiedidaktik promoviert. Nach dem Referendariat war er Post-Doc in Forschergruppe & Graduiertenkolleg Naturwissenschaftlicher Unterricht (nww-essen) und Akademischer Rat auf Zeit an der Universität Duisburg-Essen. Zwischenzeitlich übernahm er eine W2-Vertretungsprofessur in Naturwissenschaftsdidaktik – Schwerpunkt Chemiedidaktik an der Leuphana Universität Lüneburg ehe er 2012 den Ruf auf die W2-Professur für Didaktik der Chemie an der Universität Regensburg angenommen hat. Einen Ruf auf die W3-Professur für Chemie und ihre

Didaktik an der Europa-Universität Flensburg lehnte er 2016 ab. Seine Forschungsinteressen umfassen die Messung und Förderung professioneller Kompetenzen von (angehenden) Chemielehrkr ften, u. a. in Bezug auf Erklärungen, Unterrichtswahrnehmung und -reflexion sowie Experimentierprozesse. Er ist aktuell mit Prof. Astrid Rank an der Universität Regensburg wissenschaftlicher Leiter des QLB-Projekts »Koooperative Lehrerbildung Gestalten (KOLEG 2)« und Mitglied in den Vorständen des Forschungskollegs des Regensburger Universit tszentrums für Lehrerbildung sowie der Gesellschaft Deutscher Chemiker – Fachgruppe Chemieunterricht.