

# Bunsen-Magazin

Zeitschrift der Deutschen Bunsen-Gesellschaft  
für physikalische Chemie



@Forschungszentrum CIEMAT/Spanien, Bild: DLR Markus Steuer.

**Zurück ins Jahr 2050**  
Themenschwerpunkt

**DBG-Mitgliederversammlung 2021**  
Einladung

**Editorial**  
Zurück ins Jahr  
2050

**Funding**  
Horizone Europe: a  
gateway to the future

**Science fiction**  
Unsere Zukunft  
in 30 Jahren

## Haben wir bereits Ihre E-Mail-Adresse?

Wir möchten klimafreundlich arbeiten und Sie gerne auf dem neuesten Stand halten und Ihnen aktuelle Informationen und Neuigkeiten zur **physikalischen Chemie und aus der DBG** liefern.

Dafür brauchen wir Ihre E-Mail-Adresse!

Und so funktioniert's:

Schreiben Sie uns eine Mail an [geschaeftsstelle@bunsen.de](mailto:geschaeftsstelle@bunsen.de) oder gehen Sie auf [www.bunsen.de](http://www.bunsen.de) unter [Login](#) und geben Sie Ihre Mitgliedsnummer und Passwort an. Unter [Meine Mitgliedsdaten](#) tragen Sie Ihre E-Mail-Adresse ein.

## Kennen Sie den DBG-Stellenmarkt?

Nutzen Sie für Ihre Stellenausschreibung [bunsen.de](http://bunsen.de) oder das Bunsen-Magazin

Ihre Vorteile sind:

- Gezielte Ansprache von Fachkräften aus der Physikalischen Chemie
- Kostenfreier Online-Stellenmarkt für Promotionen, Postdocs und Nachwuchsgruppenleitungen

Preise und Formate finden Sie auf [www.bunsen.de/stellenmarkt](http://www.bunsen.de/stellenmarkt)

Sprechen Sie uns gerne an – Sie erreichen uns unter [geschaeftsstelle@bunsen.de](mailto:geschaeftsstelle@bunsen.de) oder **069 7917-363**

### IMPRESSUM

#### Bunsen-Magazin

Heft 1 Jahrgang 23

Herausgeber:  
Vorstand der Deutschen  
Bunsen-Gesellschaft  
Florian Budde  
Jürgen Janek  
Ulrich Ott

Schriftleitung:  
Katharina Al-Shamery  
Institute of Chemistry,  
School of Mathematics and Natural Sciences  
Carl von Ossietzky University Oldenburg  
P.O. Box 2503  
D-26111 Oldenburg, Germany  
Phone (fax): +49-441-798-3853 (-3089)  
Email: [katharina.al.shamery@uol.de](mailto:katharina.al.shamery@uol.de)

Geschäftsführerin der Deutschen  
Bunsen-Gesellschaft  
Elisabeth Kapatsina  
Varrentrappstr. 40-42  
D-60486 Frankfurt  
Tel.: 069 / 79 17 363  
Fax: 069 / 79 17 1363  
E-Mail: [geschaeftsstelle@bunsen.de](mailto:geschaeftsstelle@bunsen.de)

Technische Herstellung:  
die printzen GmbH  
Gewerbepark 21  
D-92289 Ursensollen  
Tel.: +49 9628 / 924 89-0  
Fax: +49 9628 / 924 89-10  
E-Mail: [info@dieprintzen.de](mailto:info@dieprintzen.de)



Zum Titelbild:  
Solarturm auf Plataforma Solar de Almería  
(Eigentümer: Forschungszentrum CIEMAT/  
Spanien). Siehe Artikel von Martina Neises-  
von Puttkamer Seite 26.  
Bild von DLR/Markus Steuer.

Das Bunsen-Magazin  
wurde auf recyceltem  
Papier gedruckt.

Thisbe K. Lindhorst

## Zurück ins Jahr 2050

Das Bunsen-Magazin beginnt das Jahr 2021 mit dem Motto „Zurück ins Jahr 2050“. Das ist ein herausfordernder Leitgedanke, der uns viel abverlangt: Wissen und Vision sicherlich, Fantasie und vielleicht eine Prise Humor, um nicht zu sagen Galgenhumor, und den Mut, die heutige Verfasstheit aus persönlicher Erfahrung und Vorstellungskraft wie ein Wollknäuel auf einem Zeitstrahl von 30 Jahren auszurollen. Ob es nun vorwärts oder zurück geht, es ist ganz schön lang. Die klassischen Denkappelle wie die Aufforderung zum „weiter denken“ oder zum „zu Ende denken“ greifen kaum angesichts der Dimensionen der Aufgabe.



Wo aber die Strecke lang, der Weg ungewiss und das Ziel kontrovers ist, da sollte uns das Nachdenken umso mehr eine Pflicht sein. Wenn es aber nicht das selbstzentrierte Denken der Egoisten sein soll, das uns leitet, auch nicht die Arroganz der Autokraten, die Fiktion von Narzisten oder der Fatalismus der Schicksalsergebnen, was ordnet stattdessen die Aufgabe, was gibt Orientierung bei der Frage, wie wir in der Zukunft noch gut zusammenleben, – nein, lassen Sie uns optimistisch sein –, besser leben und zusammenleben können als heute.

Welche Wahrheit, welcher Fortschritt führt auf den richtigen Weg zu gesamtgesellschaftlichem Wohlergehen? Wissenschaftliche Erkenntnis kann hier wegweisend sein, aber ihre „Risiken und Nebenwirkungen“ müssen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mitdenken. Auf einem Zeitstrahl „Zurück ins Jahr 2050“ ist das eine große und gefährliche Aufgabe, gerade angesichts des hohen Tempos mit dem sich unser gegenwärtiger Kosmos verändert.

Aus dem Jahr 1986 stammt der nordamerikanische Thriller „Die Fliege“, in dem ein Wissenschaftler einen Apparat zur Teleportation erfindet, – ein bis heute ungelöstes Problem. Zurück in 1986 gelingt dem fiktionalen Protagonisten Brundle die Teleportation, allerdings teleportiert er sich aus Versehen zusammen mit einer zufällig gleichzeitig anwesenden Stubenfliege. Das Resultat ist eine genetische Verschmelzung des Wissenschaftlers mit der Stubenfliege, die – man hört es ohne Verwunderung – nicht gut endet. Heraus kommt die „Brundlefly“, ein humanoides Fliegenmonster ohne Zukunft.

Prof. Dr. Thisbe K. Lindhorst  
Professorin für Biologische und Organische Chemie  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
tklind@oc.uni-kiel.de  
GDCh-Präsidentin 2016-2017

Allerdings braucht der Wissenschaftler einige Tage bis er merkt, dass bei seinem Experiment etwas schiefgegangen ist. Als es ihm aufgeht, ist es zu spät.

Ebenso erging es schon vielen anderen. Alfred Nobel wollte bekanntlich mit dem Dynamit einfach nur einen sicheren Sprengstoff in die Welt bringen ohne den kriegerischen Missbrauch des Dynamits zu antizipieren. Den von ihm gestifteten, heute berühmtesten Wissenschaftspreis lobte er ausdrücklich für Erfindungen zum Nutzen der Menschheit aus.

So legte Alfred Nobel auch die Initialzündung für die Ehrung der beiden strahlenden Forscherinnen Emmanuelle Charpentier und Jennifer Doudna, die 2020 den Chemienobelpreises für „the development of a method for genome editing“ erhielten. Klingt vielleicht ein bisschen harmlos, ist es aber nicht, wenn wir den darauffolgenden Satz auf der Seite der Schwedischen Akademie der Wissenschaften mitlesen [<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2020/press-release/>]: „Genetic scissors: a tool of rewriting the code of life“.

Wie handhabt man ein Werkzeug, mit dem das Programm des Lebens selbst verändert werden kann? Wir müssen die Verantwortung, die uns die neue Methode aufgibt, mitdenken! Eine „Brundlefly“ gilt es auszuschließen.

Charpentier und Doudna haben das sogenannte CRISPR/Cas-System zu einer methodischen Reife entwickelt, die die gezielte Manipulation von Genen mit einer Präzision ermöglicht, die noch vor 20 Jahren als utopisch galt. Die Methode erscheint jetzt sogar so präzise, dass ihr Einsatz am Menschen (fast) als verantwortbar angesehen wird. Tatsächlich hat der chinesische Biophysiker He Jiankui bereits das Erbgut menschlicher Embryonen mittels der CRISPR-Methode verändert, angeblich, um sie immun gegen das HI-Virus zu machen. Hu ist zwar zu einer Gefängnisstrafe verurteilt worden, jedoch nicht weil er gegen eine grundsätzliche ethische Verabredung oder ein Gesetz verstoßen hätte, das die Anwendung der CRISPR-Methode am Menschen verbietet. Ihm wurden egoistische Motive und Täuschung der betroffenen Menschen vorgeworfen.

Auch in der COVID-19-Pandemie ist das CRISPR/Cas-System bereits im Einsatz. Bisher erhält ein CRISPR-basierter COVID-19-Test erste Zulassungen [Nature News (2020). doi: <https://doi.org/10.1038/d41586-020-01402-9>], aber auch der Einsatz der Technologie gegen eine Virus-Infektion durch die gezielte Editierung von Genen liegt nahe, basiert die Methode doch auf einem bakteriellen Abwehrsystem gegen Bakterienviren.

<b>Editorial</b> .....	<b>Thisbe Lindhorst</b> Zurück ins Jahr 2050	<b>1</b>
<b>Funding</b> .....	<b>Julien Guerrier</b> Horizon Europe: a gateway to the future	<b>4</b>
<b>Zurück ins Jahr 2050</b> .....	<b>Horst-Günter Rubahn</b> 2050 – eine Annäherung	<b>9</b>
	<b>Elmar W. Weiler</b> Universitas? – Universität im Jahr 2050	<b>12</b>
	<b>Leonie Mück</b> How I will learn to love organic chemistry through quantum computers	<b>15</b>
	<b>Herwig Buchholz, Tobias Weitzel, Ciarán McGinley</b> Scenario Thinking – Four Possible Futures of Sustainability	<b>20</b>
	<b>Robert Schlögl</b> Zurück ins Jahr 2050	<b>24</b>
	<b>Martina Neises-von Puttkamer</b> Sonnenvisionen	<b>26</b>
	<b>Werner Brinker</b> Von der Unmöglichkeit einer klimaneutralen Energieversorgung in Deutschland	<b>29</b>
	<b>Maraike Ahlf</b> Chemie als Schlüssel	<b>32</b>
	<b>Alexandra Pehlken</b> Rohstoffe – Ein Zeitzeugenbericht von 2010 bis 2050	<b>35</b>
	<b>Matthias Driess</b> Der Berliner Exzellenzcluster UniSysCat im Spiegel von 2050	<b>38</b>
	<b>Guillaume Leseigneur, Uwe J. Meierhenrich</b> The Search for Chiral Molecules by Rosetta and ExoMars	<b>40</b>
	<b>Erich Runge, Clara Elisabeth Runge</b> Warte mal ab, was Dich Deine Kinder noch so fragen...	<b>43</b>
	<b>Indraneel Sen</b> Uram Smiled	<b>45</b>
<b>Zeitschrift für Physikalische Chemie</b> ...	Inhalt Heft 11-12 (2020)	<b>47</b>
<b>Preise</b> .....	<b>Markus Reiher</b> Nernst-Haber-Bodenstein-Prize for Priv.-Doz. Dr. Stefan Knecht	<b>48</b>
	<b>Martin Winter</b> Ewald-Wicke-Preisträger Dr. Georg Bieker	<b>49</b>
	<b>Klaus Boldt</b> Agnes-Pockels-Promotionspreis für Dr. Katharina Meyer	<b>50</b>
	<b>Jürgen Janek</b> Walther-Nernst-Denkmünze für Prof. Dr. Katharina Kohse-Höinghaus	<b>51</b>
	<b>Martin Quack</b> Bunsen-Denkmünze an Prof. Dr. Dr. h.c. Joachim Sauer	<b>52</b>
<b>Nachrichten</b> .....	Personalia, DBG-Veranstaltungen und weitere Veranstaltungen Ausschreibungen, Verschiedenes	<b>54</b> <b>55</b>
<b>GDCh</b> .....	Einsatz für Chancengleichheit würdigen	<b>56</b>
<b>DBG-Mitgliederversammlung</b> .....	Einladung	<b>U3</b>

Die englische Wissenschaftsjournalistin Jennifer Straiton schrieb dazu kürzlich in einem Beitrag mit dem Titel „CRISPR vs COVID-19: how can gene editing help beat a virus?“ (BioTechniques, Vol. 69, No. 5, p 327; Published Online: 2 Nov 2020 <https://doi.org/10.2144/btn-2020-0145>), der geeignet ist damit einmal ins Jahr 2050 und wieder zurück zu reisen. Straiton entwirft die Vision, die Weiterentwicklung der CRISPR-Technologie möge uns von der Pandemie befreien und uns zurück zu „normal“ bringen: „Attention is thoroughly focused on what developments can do to rid the world of the ongoing pandemic and get things ‘back to normal‘“. Sie hat kaum Zweifel, dass die Anwendung der neuen Technik sich zum Wohle der Menschheit auswirken wird: „the advances in CRISPR technology developed today will likely be beneficial for decades to come.“ Schließlich resümiert Straiton über die neue Technologie so: „The challenge facing researchers now is how best to utilize its natural ability and optimize it for human benefit.“

Human benefit, menschlicher Nutzen, nichts leichter als das! Darauf zielt der Nobelpreis in seiner ursprünglichen Intention ab. Ein Kernproblem aber ist, dass wissenschaftlicher Fortschritt nicht mit gesellschaftlichem Fortschritt und Nutzen gleichzusetzen ist und sich beides auch nicht gleichmäßig entwickelt. Darauf weist der Biophysiker Leonhard Möckl in einem lesenswerten Essay in DER WELT hin [Leonhard Möckl: Forschen verpflichtet. In DIE WELT, Donnerstag, 22. Oktober 2020. S. 2.]. Ein Schlüsselproblem liege, so Möckl, „in dem ungeklärten Verhältnis von wissenschaftlichem und menschlichem bzw. gesamtgesellschaftlichem Fortschritt“.

Wobei das erste viel einfacher als das zweite zu fassen und zu definieren sei. Der Gedanke, wissenschaftlicher Fortschritt ließe sich direkt in Menschheitswohl übersetzen, ist leider naiv. Mit Recht weist Möckl darauf hin, dass die Konsequenzen einer Fehleinschätzung beim Einsatz der CRISPR-Technologie die Folgen der Fehleinschätzung Alfred Nobels den Nutzen des Dynamits betreffend weit übertreffen dürften.

Leider führt wissenschaftlicher Fortschritt allein nicht zum Menschheitswohl. Darüber müssen sich Forscher und Forscherinnen im Klaren sein. Und sie dürfen sich nicht heraushalten, wenn es um die Folgen ihrer nach allen Regeln der Kunst entwickelten und validierten Erfindungen geht. Auch wenn die Anwendung einer Methode nicht mehr wegen technischer Unzulänglichkeiten in Frage steht, so müssen ihre möglichen Folgen doch ebenso sorgfältig vorausgedacht und abgewogen werden wie ihre Funktionstüchtigkeit. Wenn die ethischen Randbedingungen den methodischen hinterherhinken, ist äußerste Vorsicht geboten. Die Wissenschaft kann nicht einfach ein Ei legen, und sei es noch so perfekt, und es in Richtung 2050 rollen. Sie kann es nicht den Anderen überlassen, was daraus wird. Die Anderen sind wir selbst. Uns obliegt gemeinsam die Verantwortung darüber, was wir ausbrüten.



Julien Guerrier

# Horizon Europe: a gateway to the future

Research and innovation are critical to boost the resilience of Europe's societies and economies. They are fundamental in order to build our competitive leadership in the global race for technology. We need a strong injection of research and innovation investments to support Europe's recovery and its digital and green transformation. The challenges are great and many - accelerating Europe's transformation through the European Green Deal, including the commitment to climate neutrality by 2050, making Europe fit for the digital age and creating an economy that works for people – but research and innovation are key to tackling them all. The COVID-19 pandemic has demonstrated how important it is to cooperate in science and innovation in order to quickly respond to society's most pressing needs. The European Commission acted at the very beginning of the outbreak, investing in urgently needed research and innovation and coordinating European and global research efforts. We mobilised funding from the EU research and innovation programme, Horizon 2020, to advance our knowledge on the virus, to develop tests, treatments and vaccines, and to improve clinical management of patients as well as public health response. By the end of the year, we will have invested over €1 billion as part of the Coronavirus Global Response initiative. Through the ERAvsCorona action plan, we have been coordinating research and innovation efforts with national administrations. We intend to continue with additional research and support actions, including support for the infrastructures and data resources that enable decisive research.

## The Structure

The EU intervention through the European Framework Programmes comes in when more needs to be done at EU scale than the national or regional scales alone. This to deliver better, faster or more efficiently on common objectives. Building on past achievements, the next programme Horizon Europe will come with a set of evolutions compared to Horizon 2020. Horizon 2020 is a European success story and an asset for the Union; Horizon Europe will build on this success under the guiding principle of 'evolution not revolution'. Horizon Europe will also build on foresight with a forward-looking appreciation of challenges and opportunities for Europe in a rapidly changing world. Learning the lessons from Horizon 2020, the Horizon Europe design and implementation modalities will rationalise the EU funding landscape for R&I, and maximise its impact, its relevance to

---

Julien Guerrier  
 Director of the Policy and Programming Centre of the European Commission's  
 Directorate-General for Research and Innovation  
 Brussels, Belgium  
 DOI: 10.26125/v4ne-ag83

## Box 1

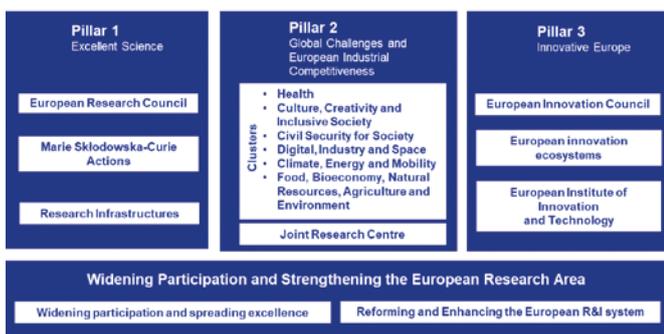
### Acting fast together and at large scale in the coronavirus crisis

- The research and innovation programme is at the forefront of supporting research and innovation efforts, including preparedness for pandemics: €4.1 billion were invested from 2007 to 2019 on infectious diseases, including initiatives to address antimicrobial resistance, as well as preparedness and emergency response to outbreaks ([Ebola](#), [Zika](#))
- In 2020, with Horizon 2020 flexible funding instruments adapted to dealing with emergencies, about €500 million were mobilised within six months for research and innovation support. The selected [projects](#) involve hundreds of research teams across the world and address epidemiology, preparedness and response to outbreaks, the development of diagnostics, treatments and vaccines, as well as the infrastructures and resources that enable this research.
- To strengthen global coordination, the EU, together with several partners, kicked off the [Global Response pledging event](#) in May 2020, which has now raised €9.8 billion in pledges from donors worldwide to kick-start the global cooperation. This includes a pledge of €1.4 billion from the Commission of which €1 billion comes from [Horizon 2020](#). The EU has contributed to finance the BioNTech vaccine.
- In April, the Commission and national ministries also agreed on the first [ERAvsCorona action plan](#). It lays out 10 priority short-term coordinated actions based on close coordination, cooperation, data sharing and joint funding efforts. It is already [delivering results](#), including a [European COVID-19 Data Platform](#), or the EU-wide clinical trial network, which will coordinate planning and implementation of large-scale clinical trials across the EU based on harmonised protocols.
- These actions will not only deliver short-term solutions to fight the crisis, but may lay the grounds for stronger EU cooperation on preparedness in view of future pandemics.

The €1 billion from Horizon 2020 for the Coronavirus Global Response event can be broken down in (as of July 2020):



society and its potential for breakthrough innovation. Horizon Europe is designed to promote systemic transformations at the intersection of disciplines, sectors and policies. It will privilege purpose and value over instruments and clients, mobilising all actors needed to achieve its goals (industry, academia, research centres, public authorities, foundations, civil society, end-users etc.). There will be a strong degree of continuity: three pillars, excellence at the core, changing as little as possible in rules and procedures for participation. Open science, open innovation and open to the world will be in the DNA of Horizon Europe. The first pillar (‘Excellent Science’) will provide bottom-up support to frontier science. The second pillar (‘Global Challenges and European Industrial Competitiveness’) will provide support to collaborative research and innovation for addressing the grand challenges of our time, as embodied in the UN’s sustainable development goals. This pillar will be implemented through usual calls for proposals, through a streamlined set of partnerships and through missions. The third pillar (‘Innovative Europe’) will foster market-creating innovation. The pillars will be underpinned by actions to strengthen the European Research Area, in particular to share excellence across Europe and for policy measures to reform the R&I system.



**What’s new**

In particular, Horizon Europe will cut across silos, sectors and disciplines to deliver scientific, technological, economic and societal impact. To reinforce the delivery on EU priorities and address global challenges while strengthening EU competitiveness, priorities for joined investments will be strategically planned and co-created with stakeholders and citizens. This includes EU Missions of common interest, and strategic European Partnerships with Member States and industry. In parallel the European Innovation Council

will identify through pan-European competition Europe’s most innovative start-ups and SMEs to help them bring new solutions to the market. A reinforced approach to monitoring impact will also allow singling out the programme’s EU added value over time, e.g. the impact of the Programme investments on climate action.

**Box 2**

**Key evolutions of Horizon Europe (2021-2027) compared to Horizon 2020 (2014–2020)**

In addition to what was working successfully under Horizon 2020, the approach for maximising the added value of Horizon Europe revolves around a set of key evolutions:

- **Strategic planning** is a new way of setting research and innovation priorities, in line with EU priorities and commitments, and in co-creation with Commission services, Member States, stakeholders and civil society. It will be a multiannual strategy, while preserving flexibility to respond rapidly to unexpected crisis or policy needs.
- **Clusters:** The global challenges are too complex for an individual EU country, scholar, discipline, or technology to deliver solutions. Interdisciplinarity, breaking silos and working in clusters, which bring together different disciplines and policy areas – from frontiers research to close to market applications – are key to deliver increased value for society.
- **Co-designed EU missions** will set directions to achieve ambitious objectives with societal relevance through cooperation across sectors and disciplines in the following areas: cancer, adaptation to climate change; healthy oceans, seas coastal and inland waters; climate-neutral and smart cities; soil health and food. They are being co-designed with citizens and stakeholders.
- **The European Innovation Council**, which combines an advanced science-and-tech research programme with an accelerator programme for start-ups and SMEs will provide EU-wide competition to support visionary innovators, researchers and entrepreneurs in realising their ventures and bringing new solutions to the market.
- **European Partnerships** will be refocused towards providing clear EU added value through strategic cooperation between public and private actors along strategic agendas in critical areas such as clean energy, transport, health, food and circularity.
- **Reinforced synergies** between EU programmes will support the development of a more coherent European research and innovation system working together with national and regional levels, incl. for the deployment and scale-up of proven technologies.

- **Open Science** will become the modus operandi of Horizon Europe and reinforce the open diffusion of knowledge generated. It will go beyond the open access policy of Horizon 2020 and require open access to publications, data, and to research data management plans.
- **Reinforced monitoring system around Key Impact Pathways**, which will help capture the added value of the programme better and the difference it is making over time for society, for the economy and for scientific progress.

In particular, Missions will play a big role. EU Missions are a response to some of the most pressing societal challenges our world faces. They are an integral part of the Horizon Europe framework programme, which begins in 2021.

Missions will consist of a portfolio of actions across sectors and disciplines, combining different funding instruments and policy actions. Each Mission is a tool to provide concrete, transformational and systemic responses to a pressing challenge by defining a clear goal, objectives and timeline. They provide added value to existing initiatives, bring together R&I actions with financial support for their deployment and support policy and the legislative environment.

Five mission boards have been created to help specify, design and implement missions for Horizon Europe. They formulated their advice engaging with Member States, stakeholders and citizens. Citizens' engagement will be continuous in the various processes for the design, monitoring and assessment of the missions.

In the European Commission, the missions are led by teams which bring together all interested Directorates-General. Member States have been kept closely informed of progress including groups of national experts for each mission area, linked to the Strategic Configuration of the Shadow Programme Committee for Horizon Europe.

In September 2020, each Mission Board presented their proposals to the European Commission for possible EU missions. Missions will be programmed within the Pillar II 'Global Challenges and European Industrial Competitiveness' of Horizon Europe. They may also benefit from actions carried out within other parts of the Programme as well as complementary actions carried out under other Union funding programmes such as the European Green Deal, the EU industrial strategy, digitisation or the recovery plan among others. A significant budget will be provided for each mission.

In Horizon Europe, we will have also a new wave of partnerships. The new partnerships will ensure long-term strategic cooperation between public and private actors covering critical areas such as energy, transport, biodiversity, health, food and circularity.

**A collaborative programme**

The question of scale is at the core of Horizon Europe since its conception. It focuses on supporting collaboration and excellence-based competition across different countries - overcoming geographic, sectoral or disciplinary boundaries. By pooling resources, it generates a critical mass of resources and talent, avoiding duplication of efforts across countries and delivering efficiency gains. When research activities are of such a scale and complexity that no single Member State can provide the necessary financial or personnel resources alone, it helps sharing and leveraging sufficiently large investments, including for pan-European research infrastructures. For example, only EU-level action can overcome the thin distribution of millions of patients affected by multiple **rare diseases** and the lack of standardisation and data. Or allow the EU to reinforce the future industrial positioning of its value chains in the key technologies world game, e.g. by joining long-term research efforts for future batteries (**Battery 2030+**). Overall, according to its **impact assessment**, Horizon Europe has the potential to deliver up to €11 in Gross Domestic Product (GDP) gains for every euro invested, and create up to 320.000 new highly skilled jobs by 2040.

**Box 3**

**R&I boosts the EU's productivity, jobs and global competitiveness**



**2/3**  
of EU productivity growth over the last decades has been driven by R&I investments



**€11**  
Estimated leverage effect of each euro invested in R&I at EU level



**€400-600 billion**  
by 2030 is the estimated GDP gain from Horizon 2020

The creation of wide cooperation networks, of trans-European research infrastructures, the training and mobility of skilled people and the excellence-based competition for grants raise the quality and visibility of projects that get funded. This creates an attractive breeding ground of top researchers and innovators with excellent ideas. It also reinforces access to markets and knowledge transfer, including through the development of common standards and interoperable solutions, but also by promoting open access policies for scientific results and data.

This consolidation of research and innovation capacities lays the foundations of current and future strategic autonomy and resilience of the EU – allowing to be prepared to react better and faster to emerging technological opportunities, but also to global socio-economic shocks, such as the Covid 19 crisis. More than ever the ability to deploy existing capacities to respond quickly and effectively today depends on the visionary investments made yesterday.

## Box 4

**A massive cooperation network producing quality results**

- A massive Horizon 2020 network of more than 1.5 million collaborations between organisations worldwide ([Monitoring Flash #3](#), 2020).
- Producing quality results with EU-funded peer-reviewed scientific publications cited more than twice the world average (Field-Weighted Citation Index of 2.3), and 3 times more represented in the world's top 1% of cited research compared to publication output of EU Member States (Scopus).

**Next Steps**

We are co-designing the programme together with researchers, businesses, decision makers and the people. Our strategic planning process has included a series of unprecedented co-creation and co-design activities involving the European Parliament, our stakeholders as well as citizens. The second edition of the European Research & Innovation Days in September 2020 has given the floor to 500 speakers and 30000 participants across Europe to discuss the main dimensions of EU research and innovation policy, and its contribution to the recovery and future of Europe and its citizens.

In parallel to the new programme, we will relaunch the European Research Area. Through it, we will join forces with all EU countries to prioritise investment and reforms in research and innovation, improve access to excellence for researchers across Europe and ensure results find their way to the market. In addition, the new Recovery and Resilience Facility will aim to ensure that we fully exploit the potential of research and innovation in our economic recovery as well as in making our economies and societies more resilient. We cannot achieve the large-scale transformations of our socio-economic systems without giving a central role to research and innovation.

Throughout the past year, we have all seen the crucial role that research and innovation play in our lives, and what we can achieve if we focus our efforts. Despite the disappointing cuts proposed for the Horizon Europe budget, I am looking forward to seeing the essential contribution of research and innovation in tackling Europe's fundamental challenges and making us better prepared for the future. I strongly believe that we are doing the right thing.

**Julien Guerrier,**

**Director of the Policy and Programming Centre of the European Commission's Directorate-General for Research and Innovation**



Julien Guerrier has been working for more than 25 years at the European Commission, mainly on industrial and research policy, international trade negotiations and corporate management issues.

He is currently in charge of the Directorate developing the overall policy for the EU funding programme for research and innovation, Horizon Europe.

As a representative of the Commission, he also headed the EU-Japan Centre for Industrial Cooperation in Tokyo (2008-2011) and the European Agency for Small and Medium-sized Enterprises (2017-2020), which manages the COSME Programme for the competitiveness of SMEs, parts of HORIZON such as the pilot European Innovation Council, LIFE and the European Maritime and Fisheries Fund.

Before joining the Commission, he was at the French Ministry of Public Works and participated in an exchange of officials with the Japanese administration, where he worked for one year.

Julien Guerrier graduated from Ecole Polytechnique and Ecole des Ponts et Chaussées in France and holds an MBA.

## Stimmen aus der Wissenschaft

## "Back to the Year 2050"

Looking forward to our Fantastic Voyage in the next decades, we will likely fly to the international chemistry conference in 2050 in an airplane powered by synthetic fuel made from carbon dioxide and hydrogen produced with electricity from the latest generation solar collectors. This has been made possible by amazing catalysts for CO<sub>2</sub> conversion and optoelectronic materials shadowing Nature's photosynthesis efficiency; breakthroughs reminiscent of the Haber Bosch process for ammonia and fertilizers at the dawn of the 20<sup>th</sup> century. Soft electronic material integrated with my skin will check my health during the flight and control and automatically adapt my circadian rhythm. In my lecture the latest results on a self-propelled molecular nanorobot, that is capable to deliver a drug with high precision in the living cell, based on the recent fantastic advances in molecular recognition in complex systems, will be presented. I very much look forward to the session on artificial life, were several young colleagues will discuss the first synthetic molecular systems that are qualified as alive by all standards. One of the greatest scientific mysteries finally solved?



**Ben L. Feringa**  
Nobel-Preis für Chemie 2016

## Stimmen aus der Wissenschaft

Es gibt natürlich eine Vielzahl von Aufgaben bei der Erforschung bereits existierender und neuer Materialien und deren Reaktivität. Die Physikalische Chemie zeichnet sich m.E. aber auch mehr als andere Fächer durch das Bestreben aus, bestehende Grenzen zu überschreiten und damit neue Tore aufzustoßen. Mit dem verfügbaren experimentellen und theoretischen Rüstzeug (wofür ich in nächster Zeit keine grundlegenden neuen Entwicklungen erwarte) werden fundamentale Probleme in den Nachbardisziplinen Biologie und Physik in Angriff genommen werden. Dazu zählen natürlich die Frage „Was ist Leben“ wie auch die Untersuchung neuartiger Quanteneffekte und insbesondere auch von Phänomenen der Selbstorganisation in offenen molekularen Systemen. Ich bin sicher, dass dies eine aufregende Zeit werden wird.



**Gerhard Ertl**  
Nobelpreisträger 2007  
Ehrenmitglied der DBG 2006  
Inhaber der Bunsen-Denk Münze 1992

## Stimmen aus der Wissenschaft

## Ten lines for the past of the future

Being asked to provide ‚ten lines‘ leading us back to 2050, we summarize ten important questions and problems related in a broad sense to Physical Chemistry and Chemical Physics, which are expected or hoped for to possibly find answers and solutions by 2050. This is a small selection and there are many more, referring as examples to the 7 and 42 open questions just for the frontiers of spectroscopy (M. Quack, Faraday. Discussion 150(2011)533-565) and perhaps the most important development may come from a surprising, totally unexpected discovery related to a question nobody thinks of today.

1. What will be the best technologies for environmentally benign (greenhouse gas free or CO<sub>2</sub> - neutral) chemical and electrochemical energy storage and conversion, primary energy sources being for sure CO<sub>2</sub> - neutral (solar-, wind-, hydro-, carbon capture- etc.) by 2050, as we hope.
2. Development of a quantum technology for quantum computing and information with molecular or solid state materials.
3. Quantitative experimental determination of the parity violating energy difference between the ground states of enantiomers of chiral molecules – confirmation or rejection of currently existing predictions for this quantity (sub feV typically depending on the molecule).
4. Total synthesis of a new form of life, either fundamentally new or, for example, of an enantiomeric ‚mirror image‘ form of a simple existing living species (bacterium etc.), relating it to the question of the origin of biomolecular homochirality.
5. Proof of life on another planet or moon in the solar system (by ‚real space travel‘ and observation) or on an exoplanet, for instance by convincing spectroscopic evidence using chiroptical spectroscopy proving homochirality in molecular systems there.
6. The electron mass (and charge) is an empirical parameter determining the structure of all ‚chemical matter‘: Can we find a theory to calculate it ‚ab initio‘ from some underlying first principles and is it then a constant in time or time- dependent?
7. ‚Dark matter‘ is considered proven by gravitational effects to make up much of the matter of the universe: Can we determine its material nature (by spectroscopic or other techniques)?
8. Development of a quantitative theory for the violation of time reversal symmetry in molecular processes and its experimental confirmation or rejection.
9. Proof of the violation of CPT symmetry by experiments using atomic and molecular spectroscopy or other techniques and theory for the effect, if any.
10. Can we clarify and understand the biochemical, molecular basis of the quantum dynamical primary processes governing our thoughts, decisions and memories?



**Martin Quack**  
1. Vorsitzender der DBG von 2011–2012  
Inhaber der Wilhelm-Jost-Gedächtnis-Vorlesung 2004  
Preisträger des Nernst-Haber-Bodenstein-Preises 1982

Horst-Günter Rubahn

## 2050 – eine Annäherung

Das SI<sup>1</sup> machte sich zum dritten Mal bemerkbar, diesmal unüberhör- und unüberfühlbar. Ben fluchte leise. Nur noch einen Kilometer, ein nicht aufschiebbarer Termin, und er hatte seine sportlichen Fähigkeiten schon wieder überschätzt. Was damit enden würde, dass er sich wieder einmal vollständig würde verkabeln müssen, um von den Kollegen wahrgenommen zu werden. In einer Zeit exponentiell wachsender Anzahl Wissenschaftler war die Stimme des Einzelnen nicht immer wirklich hörbar.

Er hob den Kopf und stierte den schnurgeraden Weg entlang, der einen niedrigen Hügel emporführte und in einem nicht sonderlich beeindruckenden, mehrgeschossigen Gebäude endete, defacto dem Hauptgebäude der FÖN, der Hochschule im Norden Deutschlands<sup>2</sup>. Der Bauwahn der zehner und zwanziger Jahre war mit der Wirtschaftskrise und der Durchsetzung einer globalisierten und digitalisierten Universität schon vor etlicher Zeit zum Erliegen gekommen – zumindest in dieser Gegend der Welt.

Für Ben machte es keinen großen Unterschied, ob er in einem futuristischen Protzgebäude oder in einem innovativen Schuppen arbeitete: das Universitätsranking basierte auf anderen Faktoren, und die meisten seiner internationalen Mitarbeiter sahen ihn in einer nach Lust und Laune hergestellten künstlichen Umgebung.

Vor seinem linken Auge blitzte ein Infoschirm auf, projiziert von seiner Multifunktionskontaktlinse. Ein dringender Anruf aus der Hochschule, diesmal unübersehbar. Ärgerlich. Er konnte sein Stolpern gerade noch abfangen. Ein Sturz war in seinem Alter nicht unbedingt ratsam, nicht einmal mit seinem PK100 Krankentarif.

Der Anruf hing natürlich mit seinem Termin zusammen. "Kommst Du noch? Wir haben leider eine Pattsituation." Joshua, halb so alt, doppelt so zielstrebig wie er.

Ben holte einmal tief Atem. "Patt?" keuchte er. "Soft gegen Hard science?"

"Von verhärteten Fronten zu reden, wäre der Euphemismus des Jahres." Joshua seufzte. "Die Diskussion läuft noch, aber wir kommen nicht wirklich weiter. Ich glaube, die Argumente sind ausgetauscht. Jetzt zählen nur noch Köpfe."

Und da stand es tatsächlich 50:50 zwischen Naturwissenschaftlern und Ingenieuren auf der einen und Geistes- und Gesellschaftswissenschaftlern auf der anderen Seite. Ach ja, und die ganzen anderen, von Jura bis Gesundheitswissenschaften, die sich geschickt so verteilt hatten, dass keine wirkliche Mehrheit entstehen konnte. Also kam es auf den Ältestenrat an, den man in einem Anfall von Nachdenklichkeit in den Dreißigern eingeführt hatte. Und damit hing es an ihm, als Vorsitzender des Ältestenrats.

"Kann ich online abstimmen?"

Joshua lachte. "Keine Chance. Das würde sofort angefochten werden. Nein, Du musst schon persönlich hier erscheinen. Schaffst Du das?"

Ben blickte vom staubigen Weg auf und sah, dass das Hochschulgebäude nun schon recht nah war. "Fünf Minuten", sagte er. "Vielleicht zehn."

"Maximal zehn", gab Joshua zurück. Es klickte nicht einmal, das Bild war einfach weg.

Also gut. Eigentlich war seine Haltung ja klar in der Angelegenheit. Offiziell ging es mal wieder um eine Entscheidung zwischen disruptiver Grundlagenforschung und translativer Forschung, also einer fokussierten Umsetzung schon vorhandener Forschungsergebnisse in unmittelbar brauchbare Ergebnisse für eine Gesellschaft im Umbruch. Inoffiziell ging es um viel Geld. Vielleicht auch um eine Umorientierung von einem Wachstumskurs in einen Stabilisierungskurs. Keine schlechte Idee, nachdem man die ersten 50 Jahre des 21. Jahrhunderts so gerade mal überlebt hatte. Aber natürlich existenzbedrohend für all diejenigen Forscher, die meinten, dass es noch etwas wirklich Neues zu entdecken gab. Und mit Sicherheit eine Entscheidung, bei der man Experten mit Erfahrung benötigte.

Ben hielt kurz an, stemmte die Arme in die Seiten, um Luft zu holen. Er meinte spüren zu können, wie sich die smarten Materialien in seiner 3D-gedruckten<sup>3</sup> bionischen Hüfte den neuen Umständen anpassten und seinen Stand stabilisierten. Das SI war jetzt in den orangeroten Bereich übergegangen und versuchte, Spitzen aus der Überreaktion diverser Organe herauszudämpfen. Den aktiven KI-Modus hatte Ben schon vor langem deaktiviert, aber so ganz ohne cloudbasierte künstliche Intelligenz ging es natürlich nicht – und ohne dass das, was er hier trieb, registriert wurde, auch nicht. Da musste er auf die Narrenfreiheit setzen, die er wohl als Ältestenratsvorsitzender zu einem gewissen Grad hatte.

Prof. Dr. Horst-Günter Rubahn  
SDU, Sonderborg, Dänemark  
rubahn@mci.sdu.dk

Aber wie klar war denn nun seine Haltung, wenn es darum ging, in welche Richtung man in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts Ressourcen investieren sollte? Die Welt brauchte Lösungen, und nicht nur für die nach wie vor drängenden Folgen des Klimawandels, die man je nach Grundeinstellung vermeiden, verringern oder an die man sich anpassen musste. Ein Blick nach links den Hügel runter auf die Flensburger Förde zeigte sehr schön, dass etwas getan werden musste. Deiche noch höher bauen, den Anstieg des Wasserspiegels irgendwie verringern oder doch besser nachgeben und ins Umland ziehen?

Hier in Deutschland hatte man viele Möglichkeiten. Global gesehen eher weniger. Der globale Wasserstand war schon drastisch gestiegen, Küstenlinien hatten sich bereits verändert, äquatornahe Inseln waren verschwunden, es gab mehr und mehr Wüstengebieten, die Tundra war aufgetaut, Erosion war weltweit auf dem Vormarsch und und... Und der Themenkomplex Klima, Temperatur und Wetter war nur ein Aspekt. Die Welt war nach wie vor hungrig, nach Energie, aber auch nach Nahrung und Wasser. Die Umwelt wollte geschont werden, die Menschen brauchten sicheren und verfügbaren Raum zum Leben.

Apropos Menschen und Gesellschaft: da tauchte schon der nächste Problemkomplex auf, der unentwirrbar mit den anderen Problemen verknüpft war. Gesundheit (nicht nur physische), Krisenbewältigung, Wohlstand, Sicherheit, Regierungssysteme irgendwo zwischen gesellschaftlicher Mitverantwortung und kluger Führung. Das Bildungsniveau musste steigen, global gesehen. Die Möglichkeiten waren ja da, dank weltweiter Digitalisierung, aber man musste sie nutzen. All das wollte hohe Priorität haben, da konnte er die Kollegen aus den nicht naturwissenschaftlich-technischen Fachrichtungen schon verstehen. Also alles Geld in diese Richtung, Translation statt Disruption?

Aber Ben war nun mal Naturwissenschaftler, physikalischer Chemiker, um genau zu sein, und er fand es zuvörderst wichtig, den Dingen auf den Grund zu gehen. Mit den Ursachen zu beginnen und nicht zuerst an den Folgen anzusetzen. Und zu erwarten, dass es noch Neues zu entdecken gab, grundlegend Neues. Ohne diese Einstellung, ohne freie Forschung wäre die menschliche Gesellschaft und ihre Technologie nie so weit gekommen, wie sie jetzt gekommen war. Keine Kenntnis über das Universum in seinen kleinsten und in seinen größten Bausteinen, von CERN bis HUBBLE. Kein Wissen um extrasolare Planeten, kein Marsbesuch, keine Information über Wasser auf dem Saturnmond Enceladus, keine Nanoraumschiffe auf dem Weg zu unseren Nachbarsternen. Und selbstverständlich eine Chemie auf Alchemie-Niveau und nicht auf 'function on demand'-Niveau. Aber natürlich auch keine weltweite Temperaturerhöhung um mehr als 3 Grad, kein umfassendes Artensterben, keine nanoplastifizierte Welt. Wie immer man das gegeneinander aufrechnen wollte.

Man war auf allen Gebieten weit gekommen, nicht nur durch die Quantenrevolutionen<sup>4</sup>, künstliche Intelligenz (KI) und, z.B., die Beherrschung der Fusionsenergie. Auch die Medizin hatte diverse Quantensprünge hinter sich, von personalisierten Behandlungen über phantastische Abbildungsmöglichkeiten, die routinemäßige Einblicke bis hinunter auf das molekulare Niveau ermöglichten, bis zu einem neuen, holistischen Verständnis des

Gesamtorganismus Mensch. Neue Medizinprodukte wurden in Rekordzeit entwickelt durch Einsatz von digitaler Materialwissenschaft, KI und einer unglaublich hohen Dichte verfügbarer struktureller und dynamischer Daten. Trotzdem waren Nanobots nach wie vor Phantasie<sup>5</sup> und hundertprozentige Prognosen Fehlanzeige. Dazu war der menschliche Körper nach wie vor zu komplex – und leider die individuelle Untersuchung und Prognose auf dem entsprechenden Niveau zu teuer.

Ben setzte sich wieder in Bewegung und machte sich an den letzten Anstieg. Die Glasfront des Hochschulgebäudes war jetzt in direkter Sichtlinie vor ihm. "Hundert ist das neue sechzig", hatte ihm sein Hausarzt mitgeteilt. Ärzte! Aber trotzdem steckte der Spruch jetzt in seinem Kopf und bildete eine Art Grundlinie für seine Lebensplanung. Und bis zu der Grundlinie waren es immerhin noch fast neun Jahre. Also kein Grund zur Panik.

Das SI war da etwas anderer Ansicht. Aus dem Orange war ein Rot geworden. Der Alarm war drängender geworden. Der Info-Schirm blitzte wieder auf, diesmal vom SI gesteuert – oder von wem auch immer irgendwo in der Cloud. Eine Reihe von recht deutlichen Hinweisen erschien.

Ben ging trotzdem weiter. Es war einfach zu wichtig, dass er pünktlich bei der Sitzung ankam, und er hatte weniger als zwei Minuten übrig. War das überhaupt zu schaffen?

Ben hatte ein langes Wissenschaftlerleben hinter sich. Das sollte ihm die Entscheidung, um die es gleich ging, leichter machen. Aber wusste er genug? Konnte er von sich sagen, dass nichts mehr grundlegend zu erforschen war, und dass man sich jetzt auf die Anwendungen konzentrieren musste, um den Menschen das Leben zu verbessern – oder überhaupt erst ein Leben zu ermöglichen? Die großen Fragen waren doch nach wie vor offen, sagte irgendetwas in seinem Kopf: die Natur des Universums, die Natur des Lebens, die Natur des Bewusstseins. Viele Hypothesen, aber keine klaren Beweise. Ständig neue kosmologische und hochenergiephysikalische Modelle, aber kein Leben war je aus toter Materie erschaffen worden. Die KIs konnten auf nahezu unendlich viele Daten zugreifen, aber ein Bewusstsein hatten sie nicht. Da gab es doch noch etwas zu tun. Da war der Mensch gefragt. Entscheidungen waren gefragt, die auf Erfahrung basierten plus etwas, das man immer noch nicht ganz verstanden hatte. Und was sagte ihm die Erfahrung?

Ben hatte jetzt das Gebäude erreicht. Noch eine Minute – aber würde man wirklich so lange auf ihn gewartet haben? Kein weiterer Anruf von Joshua. Dafür ein leuchtend roter Schirm des SI. Und ein Wort. Er spürte, dass seine Beine sich nicht mehr bewusst bewegen ließen. Langsam sank er an der Wand des Gebäudes nieder in eine sitzende und entspannte Haltung. Jetzt, wo er sich nicht mehr auf die Bewegung konzentrieren musste, spürte er auch seinen Herzschlag wieder, der allmählich ruhiger wurde. Da war er wohl wirklich im roten Bereich gewesen und hatte mit seinem Leben gespielt. Also erst einmal beruhigen und alles mit weniger Hektik angehen lassen. Die naheliegenden Probleme lösen und dann weitersehen.

RUHEPHASE. Eine sehr pragmatische Lösung.

## Infoboxen

1:

### SI, Smart Implant

Eine natürliche und damit bionische Weiterentwicklung der diversen eSport- und eMedizin- Sensoriken, die sich Anfang des 21. Jahrhunderts ausbreiteten. Autark (durch körpereigene Bewegungs- und chemische Energie betrieben), langlebig, biologisch abbaubar implantiert, kommunikationsfähig, frei programmierbar und vor allen Dingen billig. Absatzprognose: mehrere Milliarden Einheiten.

2:

### DIE FÖN: UTOPIE vs. DYSTOPIE

Utopie: Im Norden existiert eine grenzüberschreitende Universität, die *Fördehochschule des Nordens*, FÖN, die von Lübeck in Deutschland bis Kolding in Dänemark reicht, von der Ostsee bis zur Nordsee. Eine elektrifizierte Infrastruktur verbindet die Campusse physisch, eine Cloudlösung auf der Datenebene. Auf der dänischen Seite ist die FÖN Partner der SDU (Syddansk Universität), auf der deutschen Seite Partner der HAW und der Universität Hamburg. Dystopie: Die grenzüberschreitende Zusammenarbeit war und bleibt kompliziert – Pandemie, Terrorgefahr aber auch klimabedingte Herausforderungen machen die Zusammenarbeit nicht einfacher. Im Endergebnis existiert nach wie vor eine kleinzahlige Hochschullandschaft in Schleswig-Holstein und eine Universität mit kleineren Campussen, verteilt auf Süddänemark.

3:

### Alles druckbar

Rapid prototyping und 3D-Druck verbreiteten sich schnell in den Zehnern des 21. Jahrhunderts. Diese Entwicklung beschleunigte sich in den folgenden Dekaden, befeuert durch neue Materialien und den wachsenden Bedarf an Produktionsflexibilität und lokal verfügbaren Herstellungsmöglichkeiten – von energiegestützter Erneuerung von Gebäuden über Fabrikation auf Mond und Mars bis zu personalisierter Medizin.

4:

### Quantenrevolutionen

Die erste Quantenrevolution im 20. Jahrhundert demonstrierte, dass die klassische Physik ein Grenzfall der Quantenphysik im Falle großer Teilchenzahlen ist, und dass einzelne Teilchen nicht korrekt mit klassischer Physik beschrieben werden können. Die zweite Quantenrevolution zu Beginn des 21. Jahrhunderts führte dazu, dass quantenphysikalische Phänomene Einzug in disruptive hochtechnologische Anwendungen halten konnten. Nach Mitte des 21. Jahrhunderts führte eine dritte Quantenrevolution dazu, dass quantenbasierte Phänomene im Alltag an Bedeutung gewannen, inklusive der Medizin (z.B. Neurowissenschaften) und neuer Typen von Materialien.

5:

### Nanowissenschaft

In den 30ern und 40ern des 21. Jahrhunderts war alles Grundlegende in den Nanowissenschaften außerhalb quantenphysikalischer Phänomene in ausreichendem Detail erforscht worden. Bildgebung und Manipulation auf der Nanoskala war soweit Routine geworden, dass die eigentliche Wissenschaft zur Technologie geworden war und dort Bedeutung gefunden hatte. Sozusagen Mechatronik in der Größenordnung von Nanometern. Grundlagenwissenschaft und grundlagenbildende Wissenschaft konzentriert sich nun auf den Subnanometer-, Subfemtosekunden- und generell quantenphysikalischen Bereich.



**Prof. Dr. Horst-Günter Rubahn**

Horst-Günter Rubahn wurde 1959 in Flensburg geboren. Während die Science Fiction ihn mental bewegte, bewegte die deutsche Marine ihn physisch mit vier Jahren von Flensburg nach Hamburg, dann nach Mönchengladbach und Wilhelmshaven. Nach dem Physikstudium und der Promotion an der Georg August Universität Göttingen arbeitete er an der Stanford Universität in Kalifornien, der Universität Kaiserslautern, der Universität Toulouse und am Max Planck Institut für Strömungsforschung in Göttingen. Nach seiner Habilitation in Göttingen nahm er 1999 eine Stelle als associate professor an der Odense Universität in Dänemark an. 2004 wurde er Professor für Nanotechnologie an der Süddänischen Universität mit der Aufgabe, an einem neuen Campus in Sonderburg an der deutsch/dänischen Grenze innerhalb des Mads Clausen Instituts das Nanotechnologie-Zentrum NanoSYD mit zugehörigem Reinraum aufzubauen. Seit 2012 ist Professor Rubahn Leiter des Mads Clausen Instituts. Wenn er aus dem Fenster seines Büros am dänischen Allsund schaut, kann er auf die Stätte seiner Geburt auf der deutschen Seite blicken. Für seine grenzüberschreitenden Aktivitäten und die Unterstützung beim Aufbau der Nanotechnologie in den baltischen Ländern bekam er 2015 die Ehrendoktorwürde der größten technischen Hochschule der baltischen Staaten, der Kaunas Technischen Universität.

Elmar W. Weiler

## Universitas? – Universität im Jahr 2050

Da Prognosen über derart lange Zeiträume in aller Regel falsch liegen, möchte ich auch keine abgeben. Eher schon geht es mir darum, ein Ziel zu formulieren, das wir meines Erachtens ins Auge fassen sollten, und einen ‚Idealzustand‘ zukünftiger Universität zu skizzieren, der vermutlich unerreichbar sein wird, dem näher zu kommen aber wünschenswert wäre.

Universitäten sind Kinder der Stadtgesellschaften des Hochmittelalters. Die ersten entstanden spontan, sie wurden geboren und nicht gegründet, um den wachsenden Ansprüchen dieser sich ausdifferenzierenden städtischen Gesellschaften und ihrer Wirtschaft besser zu dienen als die Dom- und Klosterschulen der Zeit. [1] Ohne die ‚Wiederkehr des Aristoteles‘ gäbe es heute keine Universität. Dessen auf Griechisch verfasste Schriften waren im lateinischen Abendland weitgehend in Vergessenheit geraten, nachdem sie von der Kirche auf den Index gesetzt worden waren und nicht gelehrt werden durften. Sie fanden allerdings von Griechenland über Persien in die arabische Welt und gelangten von dort mit den Ummayyaden auf die Iberische Halbinsel, wo sie von den Übersetzerschulen der Kalifen auch ins Lateinische übertragen wurden. Erst dadurch gerieten sie überhaupt wieder in den Blick der Gelehrten Europas, wie übrigens die Schriften zahlreicher antiker Autoren. Die ersten ‚Universitäten‘ befassten sich mit diesen Schriften der Antike, insbesondere mit denen des Aristoteles. Diese ‚Universitäten‘ waren institutionell nicht zu verorten, erste schriftliche Dokumente gingen den Ursprüngen womöglich um hundert und mehr Jahre nach – da waren die *universitates magistrorum et scholarium* aber längst ins Fadenkreuz von Kirche und Fürstentum geraten, die die neue Bildungsinstitution unter Kontrolle zu bringen trachteten. Der bis heute andauernde – und nur in Teilen jemals erfolgreiche – Kampf um Autonomie setzte ein, gut dokumentiert schon im Falle der Pariser Sorbonne, neben Bologna eine der beiden vermutlich ältesten Universitäten. Heute werden die meisten Universitäten staatlich finanziert und selbst die privaten Universitäten sind (national)staatlichen Regularien unterworfen, der Autonomierahmen wird hochschulgesetzlich definiert und ist oft eng gesteckt. Dirigistische Eingriffe von außen, wie gut gemeint und wie mild sie auch immer sein mögen, sind an der Tagesordnung.

Eine *universitas* war im Hochmittelalter eine Gemeinschaft Gleichgesinnter, die sich durch Regeln und Rituale einen Ordnungsrahmen schuf, so wie die Händlergilden, die *universitates mercatorum*.

*Universitas magistrorum et scholarium* – das würde ich heute übersetzen mit: Gemeinschaft der mit- und voneinander Ler-

nenden. Und wenn wir Kulissen und Dekorationen mal beiseiteschieben: Im Kern ist und bleibt das auch der Anspruch der heutigen Universitäten, er sollte es zumindest sein. Und damit kein falscher Eindruck entsteht: Es geht hier nicht darum, Universität auf Lehre zu reduzieren. Das genaue Gegenteil ist der Fall, denn Forschung ist ja nichts anderes als Lernen herauszubekommen, was wir über die Welt sagen können, um ein Diktum von Niels Bohr in Erinnerung zu rufen. Forschend mit- und voneinander lernen, das ist Universität!

Während ich schreibe, grassiert die Coronapandemie. Studierende und Lehrende in Deutschland und vielen anderen Ländern erleben das zweite virtuelle (digitale) Semester in Folge. Langsam aber sicher keimt unübersehbar das unguete Gefühl, dass das, was man da notgedrungen betreiben muss, mit Universität nicht mehr unbedingt viel zu tun hat, es jedenfalls keinesfalls ein Dauerzustand bleiben kann. Die *universitas* lebt von der Begegnung der Menschen, und es ist etwas fundamental anderes, im Hörsaal, im Seminar, im Kursraum, in der Bibliothek, im Labor, auf dem Campus mit- und voneinander lernen zu können als auf einem gekachelten Bildschirm bestenfalls aneinander vorbei zu starren, falls man überhaupt Gesichter sieht.

Andererseits kann die pandemische Zwangslage, in der wir uns befinden, durchaus helfen, Gewohntes zu hinterfragen und Neues sinnvoll zu nutzen. Sie kann aber vor allem dazu führen, sich des Kerns von Universität neu zu versichern, gewahr zu werden, was auf dem Spiel stünde, wenn dieser Kern verloren ginge. Mit hin: die Zeit ist günstig, den Blick nach vorne zu richten.

Dieser Blick nach vorn, auf das Jahr 2050, kann nur ein persönlicher sein, gespeist aus 50 Jahren Erfahrung an Universitäten aus den unterschiedlichsten Blickwinkeln und in unterschiedlichsten Funktionen. In den 50 Jahren, die ich überblicke, haben sich externe Einflüsse auf die Universitäten verstärkt. Auf lediglich quantitativen Parametern aufsetzende leistungsorientierte Mittelzuweisungen, eine grassierende ‚Evaluitis‘ und gehypte Großwettbewerbe, denen die Universitäten unterworfen wurden und werden, haben entsprechend angepasstes Verhalten hervorgerufen, Normierungs- und Konkurrenzeffekte bewirkt und den (ursprünglich selbst gegebenen) Bildungsauftrag der Universität oft genug dem kurzfristigen Zweckdenken (Arbeitsmärkte) geopfert. Dies alles mag man beklagen, andererseits wirken Hochschulen als durchoptimierte Ausbildungsmaschinen in einer zweckoptimierten Gesellschaft nicht unbedingt als Fremdkörper. Es gilt, das Eine zu tun, nämlich beste Ausbildungsmöglichkeiten für viele junge Menschen zu liefern, ohne das andere zu lassen: die forschende Reise ins Unbekannte miteinander fortzusetzen. Denn wo sonst gibt es eine andere weltweite Institution, die auch zukünftig den Auftrag wahrnehmen könnte, unabhängig von Nation, Ethnie, Sprache, Kultur,

Prof. Dr. Elmar W. Weiler  
Ruhr-Uni-Bochum  
Elmar.Weiler@ruhr-uni-bochum.de

Religion nur einem Ziel verpflichtet zu sein: Wissen durch Forschung zu mehren, das Wissen, auf dem Zivilisation, wie wir sie heute kennen, nun einmal beruht. Dieses Fundament zu legen, war eine wesentliche Leistung von Universität von Anbeginn an.

Diese eher disparaten Herausforderungen zu meistern dürfte besser gelingen, wenn der Kerngedanke der *universitas* als Gemeinschaft mit- und voneinander Lernender (wieder) stärker mit Leben gefüllt würde.

Ein Weg dahin könnte so aussehen: (1) Vermehrt Gemeinschaftsformate forschenden mit- und voneinander Lernens zu entwickeln und vorhandene Formate verstärkt zu nutzen; (2) die bloße Stoffvermittlung teilweise aus Hörsaal und Seminarraum auszulagern und sie stärker der (angeleiteten) Verantwortung den Lernenden anzuvertrauen („flipped classrooms“ [2]); (3) die Kultur des disziplinenübergreifenden Forschens und Lernens weiterzuentwickeln unbeschadet der Notwendigkeit, die Disziplinen sorgsam zu pflegen; und (4) schließlich den ‚Campus als Lebensort‘ aufzuwerten, ein Desiderat, das in Deutschland gerade für die zahlreichen Universitätsgründungen der Nachkriegszeit aus den Augen verloren wurde oder Kosten/Nutzen-Erwägungen zum Opfer gefallen ist.

Wie könnte sie also aussehen, die Universität im Jahr 2050? Meine Vorstellung fasse ich in Thesenform; gerade an Thesen lassen sich Diskussionen gut festmachen.

Die *Grundeinheit* der Institution Universität bleibt – unabhängig davon, ob man sie nun Fakultät oder Abteilung oder Fachbereich nennt – eine disziplinär geschnittene Einheit. Diese Einheiten sollten eher kleiner und eher flachhierarchisch sein.

Die *Forschung* findet in viel stärkerem Maße als bisher in disziplinenübergreifenden Wissenschaftszentren statt, die bedeutende Themen integrativ multidisziplinär bearbeiten, in denen Wissenschaftler\*innen möglichst zahlreicher Disziplinen zusammenarbeiten und in denen ein hohes Maß an weltweiter Kooperation institutionalisiert ist. Diese Wissenschaftszentren verfügen über zentrale Infrastruktureinrichtungen, über Nachwuchskollegs für Doktorierende und Postdoktorierende, über unabhängige Nachwuchsforscher\*innengruppen, Personalentwicklungsprogramme, Gastdozentenforen und über eigenständige, mindestens bilinguale, Masterstudienprogramme. Wo immer möglich, unterhalten sie auch Transferbereiche.

Alle Studierenden, unabhängig vom gewählten Fach, kommen in einem nullten (vorbereitenden) Semester in einer *Kollegstufe* zusammen, in der fundamentale Studientechniken eingeübt und ausgleichende Grundlagenkurse angeboten werden. Auch internationale Studierende nehmen an dieser Kollegstufe teil. Gruppen werden so gemischt, dass Studienanfänger unterschiedlicher Fachrichtungen zusammenkommen.

Reines Lehrbuchwissen in den grundständigen *Studienveranstaltungen* (meist Vorlesungen) wird in aufbereiteter, digitaler Form interaktiv und tutorienbegleitet bereitgestellt und ist jederzeit von den Studierenden abrufbar. Das darüberhinausgehende Studium findet in Präsenz und, wo immer möglich, kleineren Gruppen statt, ist forschungs- und problemorientiert

und den Studierenden kommt eine ebenso aktive Rolle wie den Dozierenden zu. In den Buchwissenschaften bieten sich z.B. Formate wie das aus Japan stammende freie Seminar ‚jishu zemi‘ an. In den Experimentalwissenschaften sollten bestimmte Praktika noch stärker explorativ ausgerichtet werden. Wegweisend könnte sein, Studierende und Dozierende an gemeinsam gewählten Themen arbeiten zu lassen, wie man es vom musischen und überhaupt künstlerischen Sektor kennt. Jede Universität sollte darüber hinaus ein Portfolio frei konfigurierbarer Veranstaltungen („Optionalbereiche“) anbieten, aus denen Studierende selbst auswählen können, um individuell zusätzliche Qualifikationen zu erwerben. Auch disziplinäre Masterstudiengänge sollten Veranstaltungen affiner Wissenschaftszentren integrieren.

Jede Universität unterhält in ihrem hoheitlichen Bereich ein alle ihre Disziplinen beteiligendes *Zukunftswerk* (Future Plant). Darunter verstehe ich eine unternehmensförmige Einrichtung (die also alle Sparten eines Unternehmens der Wirtschaft aufweist), in der Studierende, aber auch andere Mitglieder der Universität auf freiwilliger Basis zusammenfinden, um Produkte oder Prozesse gemeinsam zu entwickeln. Wenn man will, ist das ‚Transfer nach innen‘. Eine solche Einrichtung könnte ein Innovationslabor für eine zukünftige Gesellschaft sein. Hier geht es nicht ums Geldverdienen, sondern darum, die Gestaltungskraft der *universitas* zu wecken, ihre kreative Energie z.B. auf Werte zu lenken, von denen unsere Gesellschaft sich zu weit entfernt hat. Und man bedenke das Potential, das aus dem Zusammenwirken vieler solcher Zukunftswerke entstehen kann!

Jede Universität besitzt *Orte jenseits von Forschung und Lehre*, die allen Mitgliedern offenstehen und den Campus auch zu einem Lebensort machen. Hier sind wohl ausgeformte Musische Zentren (Orchester, Chor, Theater, Bildende Kunst usw.) und leistungsfähige Hochschulsporteinrichtungen ausreichender Kapazität zu nennen, in denen Universitätsmitglieder einen Ausgleich zum universitären Alltag und Gemeinschaft über Fach- und Statusgrenzen hinweg finden können. Solche Einrichtungen bieten zudem zahlreiche immanente Bildungsanlässe. Wesentlich ist, sie als unverzichtbaren, integralen Teil der *universitas* zu begreifen und nicht als Luxusbereiche, die immer dann sogleich zur Disposition stehen, wenn es an anderer Stelle ‚eng‘ wird.

Viele, wenngleich nicht alle dieser Elemente existieren schon an Universitäten, und nicht jedes Element ist an jedem Standort sinnvoll. Hier lässt sich aber viel voneinander lernen, statt die Standorte in Konkurrenz zu setzen. Mit Mut zur Umgestaltung (ja, sicherlich auch mit den erforderlichen Finanzmitteln) könnten Universitäten im Jahr 2050 ihre Aufgaben wieder stärker als zurzeit als gemeinschaftliche Aufgaben aller ihrer Mitglieder verstehen und wahrnehmen. Hierdurch würden Universitäten ihrer Bedeutung als tragendes Fundament einer zivilisierten Gesellschaft auch besser Nachdruck verleihen können.

[1] Franco Cardini, M.T. Fumagalli-Beonio-Brocchieri: *Universitäten im Mittelalter. Die europäischen Stätten des Wissens*. Südwest Verlag, München 1991

[2] Jürgen Handke, Alexander Sperl (Hrsg.): *Das Inverted Classroom Model*. Oldenbourg, München 2012

**Prof. Dr. Elmar W. Weiler**

Elmar W. Weiler, Jahrgang 1949, studierte Biologie und Chemie und habilitierte sich 1982 für das Fach Botanik. Von 1985 – 1988 war er Professor für Pflanzenphysiologie an der Universität Osnabrück, seit 1988 an der Ruhr-Universität Bochum. Von 2006 – 2015 Rektor der Ruhr-Universität Bochum. Zurzeit Seniorprofessor. Vorsitzender des Hochschulrats der Universität Osnabrück seit 2019. Mitglied des Senats der DFG von 2000 – 2006. „Rektor des Jahres 2009“ des Deutschen Hochschulverbands. 1995 Gottfried-Wilhelm-Leibniz-Preis der DFG, 1997 Carus-Medaille der Leopoldina, Mitglied der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina seit 2002. Mitglied der NRW Akademie der Wissenschaften und Künste, korrespondierendes Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, außerordentliches Mitglied der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften. Ehrendoktorwürde der Université François Rabelais de Tours 2010.

**Stimmen aus der Wissenschaft****„Zurück ins Jahr 2050“**

In Anbetracht der immer weiter fortschreitenden Digitalisierung und ihrer Ausdehnung in alle Bereiche des privaten und öffentlichen Lebens sind den Vorstellungen, was im Jahr 2050 alles technisch möglich sein wird, wohl kaum Grenzen gesetzt. Das Jahr 2020 hat uns durch die Corona-Pandemie schon gezeigt, wie schnell digitale Lösungen gefunden werden können und wie anpassungsfähig verschiedenste Bereiche sind, so auch die Wissenschaft. Vorlesungen, Seminare, Meetings, Konferenzen – all diese Dinge können auch online stattfinden, wenn es die Internetbandbreite denn erlaubt. Was dabei jedoch zunehmend in Gefahr läuft, vernachlässigt zu werden und in Vergessenheit zu geraten, ist das Zwischenmenschliche. Die Interaktion zwischen Lehrenden und Studierenden, zwischen Kooperationspartnern, den eigenen Kollegen, Konferenzteilnehmern, all das ist natürlich digital nicht in gleichem Maße möglich wie in Person. Daher ist für mich für das Jahr 2050 wichtig, dass wir trotz zunehmender Digitalisierung Wege finden, wie wir uns das Zwischenmenschliche erhalten können.

**Katharina Meyer**

Agnes-Pockels-Promotionspreis 2020

**Stimmen aus der Wissenschaft****Jetzt erst recht ...**

Fachgesellschaften blicken in die Zukunft und knüpfen dabei an ihre Traditionen an. Bei der Gründung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft (DBG) bedurfte es für neue Themenfelder und Aufgaben einer wissenschaftlichen Gemeinschaft, die Probleme und Errungenschaften sichtbar macht und diskutiert, wichtige Anliegen bündelt und kommuniziert, und in der man sich gegenseitig stärken und gemeinsame Ziele für das Fach und die Ausbildung des Nachwuchses verfolgen kann. Gerade jetzt, heute, können wir mit neuen Formen der Interaktion und Kommunikation – insbesondere auch digital – zusätzliche Möglichkeiten erschließen, um uns gemeinsam mit anderen für die uns wichtigen Ziele einzusetzen. Nach außen, und nicht nur nach innen zu kommunizieren ist eine der für mich wichtigsten Aufgaben der DBG für die Zukunft – mit Adressaten in Schule und Studium, im Beruf und in der Gesellschaft.

**Katharina Kohse-Höinghaus**

Walther-Nernst-Denkmünze 2020

Inhaberin der Wilhelm-Jost-Gedächtnisvorlesung 2012

1. Vorsitzende der DBG von 2007 bis 2008

**Stimmen aus der Wissenschaft**

Die Bunsen-Gesellschaft hat die sehr wichtige Aufgabe junge Leute für unsere Wissenschaft zu begeistern und frühzeitig darauf hinzuwirken, dass es eine Zukunft ohne Wissenschaft nicht geben wird, und gleichzeitig Zukunftsperspektiven für junge Leute zu eröffnen. Dabei ist es überaus wichtig, dass die ethischen Grundsätze der Wissenschaft, die durch eine Reihe von Entwicklungen in der Publikationstätigkeit und in der Beurteilung von wissenschaftlichem Erfolg m.E. immer stärker aufgeweicht werden, insbesondere Ehrlichkeit und Reproduzierbarkeit, eingehalten werden. Zu den wissenschaftlichen Themen, die in der Zukunft aus meiner Sicht immer wichtiger werden, gehört die Physikalische Chemie der biophysikalischen, oft katalytisch, auch selbstorganisiert ablaufender Lebensvorgänge, d.h. die Aufklärung der atomaren Struktur von Flüssigkeiten und Lösungen, sowie ihrer Oberflächen und die Untersuchung hoch-zeitaufgelöster Prozesse in all Ihren Ausprägungen und unter realistischen Bedingungen.



Foto: Mitch Jacobi

**Hans-Joachim Freund**

Inhaber der Bunsen-Denkmünze 2015

Preisträger der Robert-Bunsen-Vorlesung 2012

Leonie Mück

# How I will learn to love organic chemistry through quantum computers

When the experiment failed the sixth time, my patience started to fade. I was an undergraduate chemistry student and had been assigned a small research project performing an early step in a natural compound synthesis. It should have been a bog-standard substitution reaction. But something unexpected about the structure of this particular molecule made it impossible. We assumed steric effects were at play, but who could really tell? After weeks of work experimenting with temperature, reaction time, reactants, solvents, a tiny bit of the desired product appeared. How I wished I could simply zoom in with a giant magnifying glass to see what was happening during that reaction!

As I learned later, such a giant magnifying glass exists – computers. Electrons, the particles that determine chemical reactivity and behaviour, are quantum mechanical so the task for the computer is to approximately solve the Schroedinger equation. Armed with clever approximations, an understanding of the underlying physics and a powerful computer, we can simulate what goes on in our flask. And not only that. We can predict chemical phenomena like the geometry of a molecule, the transition states during a reaction, spectra or crystal structures.

In the last couple of decades, computational chemistry has made giant leaps fuelled by an explosion in computing power and new methods. Alas, progress is grinding to a halt. A phenomenon known as Moore's law stipulated that computing power increases by a factor of two or so every year – an exponential increase. But this curve is flattening. On top of that, we seem to have exhausted the arsenal of mathematical tricks that could improve our approximations. As it stands today, computers are an imperfect magnifying glass of chemistry: They can either give a crisp view of a very small part of a reaction – for example, how one solvent molecule behaves. Or they can zoom out to show the full picture, simulating all solvent molecules and all reactants – but everything is a bit blurry and out of focus.

Enter quantum computers. These new-fangled apparatuses are promising a step change in computational chemistry. Being quantum systems themselves, they can represent electrons in molecules with much greater ease than your regular bit-based machine. On classical computers, calculating the exact

solution to the Schroedinger equation scales exponentially with system size. On a quantum computer this scaling is linear. The challenge is to build a quantum computer that is powerful enough to handle the complexity of chemistry. Recent developments are heralding rapid progress: In 2019, the world witnessed how a quantum computer comprised of only 53 qubits, the quantum version of the classical bits, built by Google outperformed the world's fastest classical computer, Summit at Oak Ridge National Lab, at a specific task. [1]

While this task, random sampling from a circuit, wasn't particularly interesting for chemistry, it gave me glimmers of hope that, by 2050, we will have built sufficiently sizeable quantum computers, so that no-one will ever have to leave as much blood, sweat and tears at the organic chemistry bench as I did when I was an undergrad: We would use quantum computers as the ultimate magnifying glass to see everything that happens in our flasks with clarity.

The inner workings of quantum computers are fundamentally different from your regular laptop. In your laptop, the Central Processing Unit, CPU, is your workhorse executing all the programmes that you, the user, tells it to run. Nowadays, the building block of a CPU is the transistor, a semiconductor device that can be in an "on" or "off" state corresponding to the bit we are so familiar with. These are then used to construct NOT-AND (or "NAND") gates which form the basis of everything that happens in your CPU. This is all quite straightforward.

Quantum computers, on the other hand, are based on qubits. Qubits are constructed from two-level quantum systems corresponding to the bits of a regular computer. Using advanced experimental techniques, scientists can produce linear combinations of these states. The coefficients of this linear combinations describe the probability of finding the qubit in either a 0 or a 1 state upon measurement. Now imagine you have a system of many qubits, let's say  $n$ . Each qubit has a coefficient corresponding to the probability of finding it in the 0 state and a coefficient that describes the probability of finding it in a 1 state. This means there are  $2^n$  possibilities for different combinations of zeros and ones that you need to consider! Fundamentally, this is what gives quantum computers their power. You can consider  $2^n$  possibilities at once.

Hold on, you may say. What about this measurement that you just mentioned in passing? From your quantum mechanics course, you may still remember Schroedinger's poor cat that was dead and alive at the same time before you opened the box

---

Dr. Leonie Mück  
Chief Product Officer  
St Andrew's House  
59 St Andrew's Street, Cambridge CB2 3BZ  
leonie.mueck@riverlane.com  
DOI: 10.26125/y8v0-7a17

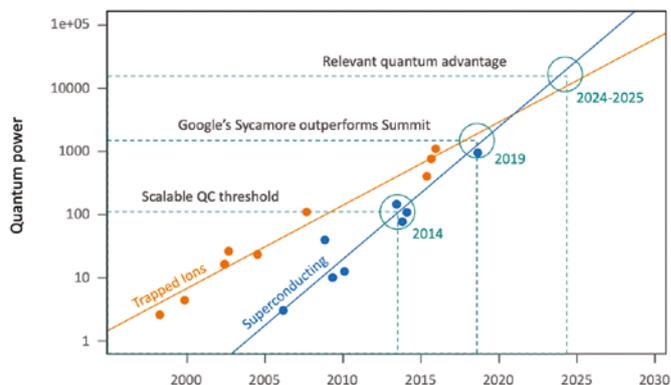
and “measured”. That measurement determined the definitive fate of the feline. You are quite right that the same happens in quantum computers – we are in a state of sheer endless possibilities before we measure. But as soon as we open the box, figuratively speaking, the state collapses into just one of the many possibilities. This is the fundamental reason that harnessing the power of quantum computers is a hard nut. We must figure out how to combine information from the different combinations before we measure to extract some global information about them.

Very clever mathematicians and physicists have succeeded in designing algorithms that give quantum computers a decisive leg up. More precisely, there are around 400 algorithms that display a so-called “quantum speed-up”. [2] The most famous is Shor’s algorithm with which you can perform prime number factorisation exponentially faster than on a classical computer. Algorithms that solve quantum chemical equations are in the same class of exponential quantum speed-ups. Other algorithms, for example Grover’s algorithm which inverts a function, yield a square-root quantum speed-up. [3]

Various different physical implementations of qubits are in the race to become the transistor of quantum computers. In atomic qubits, the internal states of atoms and ions are used as two-level systems. Superconducting qubits, on the other hand, are mesoscopic systems in which the two-level quantum system is formed by a Bose-Einstein condensate of Cooper pairs, which are pairs of electrons that are bound together in superconductors. Superconducting and atomic qubits are considered the most advanced at present, but spin systems in silicon and diamond as well as photons are quickly catching up.

No matter the specific implementation, qubits are fickle objects. The slightest contact with the classical world destroys their quantum natures, a process dubbed decoherence. Complicated control systems, consisting of lasers, waveform generators and fast programmable elements which can react quickly to changes, are necessary to keep the qubits alive and manipulate them. If we ever want to construct big and powerful quantum computers, one of the most important tasks of this control system is working against the decoherence, extending the lifetime of the qubits so that we can run long calculations on them. In a process called error correction, the same information gets encoded in the qubits multiple times, creating redundancies such that thousands of physical qubits represent one logical qubit. Through a clever layout, we can check whether one of the qubits has decohered – and if it has, we can perform the necessary operation to correct the error. All of this has to happen incredibly fast, in microseconds for atomic qubits and in nanoseconds for superconducting qubits.

Your heart must be sinking right now. If we need thousands of qubits to enable error correction and have 53 error-prone qubits today, using a quantum computer as a true magnifying glass for chemistry sounds like a pipe dream! Constructing a fully error-corrected quantum computer is certainly a herculean task. However, much like Moore’s law in classical computation, we have seen a yearly doubling of quantum computing power, as measured by how many qubits we can build combined with



**Fig. 1:** The development of quantum power, a measure for how many gates can be run on a quantum computer, over time. If this trend continues, quantum computers will be sufficiently powerful in 2024-2025 to perform computations of academic or commercial relevance (“Relevant quantum advantage”), for example computing small molecules with a complicated electronic structure with high accuracy.

how noisy they are (see figure 1), in the past decade. And there is another piece of good news: We won’t necessarily need a fully error corrected quantum computer to do useful things, we can probably use the “noisy intermediate scale quantum” or NISQ devices that will be constructed in the next couple of years.

Take chemistry as an example. On a quantum computer, there are two main algorithms with which we can compute chemical properties. Just like conventional quantum chemistry methods, both of them can be used to solve the Schroedinger equation to calculate the energy of a system. Quantum phase estimation was invented first. In this algorithm, we directly encode the physical description of the system, the Hamiltonian, into the quantum computer and perform a series of manipulations to extract information about the energy before we measure. Since the series of necessary manipulations is rather long, we will probably need an error-corrected quantum computer to run it.

But there is another algorithm on whose shoulders the hopes and dreams of the NISQ era lie: The Variational Quantum Eigensolver. In this algorithm we take an educated guess about how the solution to the Schroedinger equation would look, referred to as an “ansatz”, and map it to a quantum computer. After performing only a few quick manipulations, we immediately measure the energy. To get an accurate estimate of the energy, we must prepare and measure multiple times. This solution gets passed onto a classical computer which performs an optimisation step and then feeds the results back into our “ansatz”. The process repeats itself until we find no difference between the ansatz that we mapped to the quantum computer and the solution that we get after measurement. If you know a bit about how we use classical computers to approximate the Schroedinger equation, this iterative process of finding the lowest energy will look familiar to you. Indeed, the processes are very similar – in the Variational Quantum Eigensolver you just outsource the hardest bit of this algorithm to the quantum computer. [4, 5]

In the Variational Quantum Eigensolver, we have substituted the long series of manipulations from Quantum Phase Estimation for a shorter series plus measurement performed many times, and – voilà – we can use a device with a relatively short qubit lifetime to perform a chemistry calculation. In theory,

the Variational Quantum Eigensolver and Quantum Phase Estimation are both claimed to deliver an exponential speed-up compared to conventional quantum chemistry. However, predicting the exact time that the Variational Quantum Eigensolver will need to run in practice for a realistic system is a bit tricky. We need to consider many different elements: What are our errors in the system? How many times do we have to prepare and measure to get a certain accuracy? How far off the actual solution do we start and how will our classical optimiser perform? Various results on how to combine the merits of the two algorithms have been published so that we can make the series of manipulations as long as permitted by qubit lifetimes. This will mitigate some of the drawbacks of the Variational Quantum Eigensolver that may make quantum chemical calculations impractically long. [6]

Whichever algorithm we use on quantum computers, it is up against almost 100 years of method development in conventional quantum chemistry. In practice, hardly any of the methods that a computational chemist would use in their day-to-day life solves the Schroedinger equation exactly. Over the decades, approximations have been developed that bring the unfavourable scaling down so we can calculate chemical systems of interest. The biggest success story in quantum chemical method development is probably density functional theory, or DFT, which happens to hit the sweet spot between computational scaling and accuracy. In density functional theory we don't solve the Schroedinger equation directly. Instead, we express our equations in terms of the electron density and fit certain parameters using empirical parameters from a benchmarking set of chemicals.

With my failing organic reaction, I would have most likely turned to DFT since it provides sufficiently decent geometries for organic molecules to get some insight on steric effects and participating solvent molecules. In the magnifying glass analogy, DFT is a method with a medium-wide view and just about acceptable focus. While getting transition states and geometries qualitatively right, it struggles to achieve sufficient accuracy to decide which one of several competing reaction mechanisms is more likely to occur, particularly if these competing mechanisms are close in energy. DFT also usually fails at describing the bond making and bond breaking mechanism during a reaction. For that purpose, coupled cluster theory, would have been my method of choice. Coupled cluster theory is more accurate and more systematic than DFT and would have given me more control over the errors that I make. But coupled cluster theory is also less computationally efficient and it would have been nigh impossible to calculate more than a small part of the system. Coupled cluster theory is usually used to obtain quantitatively accurate results for geometries or reaction energies in small molecules, up to 30 atoms or so.

Initially, in the NISQ era, small quantum computers will be built on which we will only be able to calculate relatively small molecules. These small quantum computers are hence poised to compete with highly accurate methods such as coupled cluster theory. The first hurdle to clear is the accurate description of small molecules and reactions for which even coupled cluster theory fails. We are fairly confident that a couple of hundred

qubits with decent lifetimes could beat a conventional quantum chemistry computation in terms of obtaining chemical insight using the Variational Quantum Eigensolver as an algorithm. There are still some open questions regarding which noise level would be acceptable, what the actual runtime of such a calculation would be and how it would behave on different qubit types. But then consider what happens if the quantum version of Moore's law holds: Within 3 years, we will have increased our computing power 16-fold – we will be able to zoom out and compute the behaviour of large systems at no loss in accuracy! It won't take long until we have enough qubits to properly perform error correction and run long calculations on the quantum computer.

The increase in quantum hardware resources will not happen in a vacuum. Through better software and algorithms, we can understand how we can use the available hardware more efficiently. We can optimise the layout and geometry of the qubits for specific applications [7], design error mitigation techniques that increase the qubits' lifetimes [8] and optimally map an application to the complicated control system that sits on top of the qubits. [9]

And, so, I am fairly confident that by 2050 an organic chemistry student will be able to use a quantum computer to get more than just blurry insights into why their reaction isn't working. In fact, I think that the advent of quantum computers could make computational chemistry so central to gaining chemical understanding that it will be the first topic chemistry students learn about when they enter university. Of course, chemical rules and knowledge will be by no means obsolete. We still must know how to ask the right questions and devise sensible hypotheses – but testing them will be much less laborious and painful.

From today's perspective, the opportunities that quantum computers will afford are almost dizzying. Quantum computational methods will shake up the rigid process of small-molecule drug discovery, making it possible to accurately calculate enzyme inhibitor interactions for the most difficult metalloenzymes at scale. In materials science, we will be able to compute strongly correlated systems and surface reactions to design better solar cells or battery cathode materials. For catalysis and chemical processes, the kinetics and mechanisms of competing reactions can be disentangled, saving resources and mitigating pollution.

Ten years ago, when I personally first heard of quantum computing, the field was academic and the challenges enormous. But the trajectory and achievements since then make me confident that with grit, clever engineering and a fair bit of investment, quantum computers will have changed the world by 2050.

## References

- [1] Arute et al. *Nature* **574**, 505–510 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1666-5>
- [2] The Quantum Algorithm Zoo <https://quantumalgorithmzoo.org/>

- [3] Montanaro, A. *npj Quantum Inf* **2**, 15023 (2016). <https://doi.org/10.1038/npjqi.2015.23>
- [4] Bauer, B et al. *Chem Rev* (2020), 0.1021/acs.chemrev.9b00829
- [5] Cao Y et al. *Chem Rev* **119** (2019), 19, 10856–10915, <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00803>
- [6] Wang D et al. *Phys. Rev. Lett.* **122** (2019), 140504
- [7] Murali P arXiv:1901.11054
- [8] McArdle S et al. *Phys Rev Lett* **122** (2019), 180501
- [9] Cruise J et al., Practical Quantum Computing: The value of local computation arXiv:2009.08513

### Leonie Mück



When I left school in 2004, I knew that I wanted to study a science, but I wasn't sure which one. The choice fell on chemistry since I felt that I could branch out in different directions from there. Through various serendipitous and not so serendipitous events, I specialised in computational chemistry. For my PhD, I chose to go into the very depths of this subject and develop highly accurate quantum chemical methods. Under the tutelage of Juergen Gauss at the Johannes Gutenberg-University of Mainz, I learned how to understand and derive quantum chemical equations and translate them into computer programmes. This proved hard for me: I hadn't done any programming before. My supervisor's patience as well as the support of my peers were instrumental in keeping me going.

The environment at Mainz was also stimulating in other respects: Juergen Gauss suggested that I join the Gutenberg Academy, a multi-disciplinary group of selected PhD students who met once a month to discuss topics spanning from anthropology to particle physics. I became interested in the meta-aspects of science: How does the scientific process work? Why do we value certain scientific results more highly than others? With support of my graduate school, Materials Science in Mainz, my fellow PhD students and I founded the Journal of Unsolved Questions, JUnQ for short, a multidisciplinary outlet for negative and null results. Working on JUnQ was pure joy. When I learned through

my co-supervisor that one could be a scientific editor for a living, I was thrilled.

At the end of my PhD, in 2012, I applied to be an editor at the journal *Nature Communications* and got the job. Based in London, I was now responsible for handling all manuscripts in condensed matter physics and theoretical physics that were submitted. This required learning the basics of a variety of subjects in a very short amount of time, always keeping the big picture in mind. But human nature was the biggest challenge: Academics are not known for being the most mellow of people, in particular when it comes to publishing their work, and I learned how to keep a cool head in tricky, emotional situations.

I later switched to the journal *Nature* becoming a senior editor and later team leader. In terms of subjects, I was responsible for fundamental physics including quantum computing. While I loved my job at *Nature*, there was one thing missing: When working to launch JUnQ, I had caught the bug for building something from scratch. And so, I joined the Public Library of Science to build a Physical Sciences and Engineering division for one of their journals *PLOS ONE*.

While I was taking a maternity break to take care of my baby daughter, an old acquaintance, Steve Brierley, called me up to chat about his new quantum computing start-up Riverlane. I met him for a coffee, baby in tow. As it turned out, he wanted to recruit me to help him build his company and set the right milestones. I took the fact that my daughter pood all over me during that meeting as a sign of good luck and have not looked back. Life at Riverlane is exhilarating. I'm surrounded by some of the smartest people in the world and get to shape a completely new field together with them.

## Stimmen aus der Wissenschaft

### Computational Catalysis 2050

Im Jahre 2050 wird Data Science als dritte Säule des Erkenntnisgewinns in den Naturwissenschaften unverzichtbar sein, neben Computation/Simulation und Experimentation.

In der Quantenchemie werden wir wissen, ob die theoriebasierte Suche nach besseren quantenmechanischen Näherungsverfahren, die durch clevere Algorithmen die Hardware optimal nutzen, obsolet geworden und durch Machine Learning Methoden überflügelt worden ist.

Wenn ich jetzt als Doktorand oder Postdoc anfinde, würde ich mich für Quantenchemie auf (realen) Quantencomputern interessieren. Damit könnte die Quantenchemie vielleicht die harte Wand tunneln, die der Lösung von sogenannten Multireferenzproblemen entgegensteht. Diese Methoden werden benötigt, um Systeme mit nahezu entarteten elektronischen Zuständen zu beschreiben, also z.B. Biradikale oder Übergangsmetallverbindungen. Die Physiker nennen das strongly correlated systems, wozu magnetische Kopplungen in Übergangsmetalloxiden gehören.

Übergangsmetallverbindungen dominieren in der Katalyse, und wenn das Gebiet Computational Catalysis die Limitierungen der nicht prediktiven Dichtefunktionaltheorie überwinden will, sind chemisch genaue ( $\pm 4$  kJ/mol) Multireferenzmethoden für Systeme mit zwei Übergangsmetallatomen und einer entsprechenden Zahl von Liganden unverzichtbar. Gegenwärtige Multireferenzmethoden sind weder auf Systeme dieser Größe anwendbar, noch geht die Genauigkeit für die behandelbaren Systeme über 0,2 eV hinaus. Werden sich 2050 die auf Quantencomputer gesetzten Hoffnungen erfüllt haben, oder wurde auch bei Multireferenzproblemen ein Durchbruch mit Machine Learning erzielt?

In der Katalysatorforschung hat sich das Paradigma der aktiven Zentren (aktive Phasen) in den letzten 50 Jahren als wissenschaftlich äußerst produktiv erwiesen. Im Jahre 2050 wird Computational Catalysis (ebenso wie das Experiment) dieses Paradigma hinter sich gelassen haben und Katalysator und katalytische Reaktion als eine sich dynamisch ändernde Einheit betrachten.



**Joachim Sauer**

Bunsen-Denkmünze 2020  
1. Vorsitzender der DBG von 2015–2016

## Stimmen aus der Wissenschaft

### Quantencomputer und co. – Welche Lösungen hält die Grundlagenforschung für 2050 bereit?

Betrachtet man den Trend des Moore'schen Gesetzes, werden bis 2050 die Grenzen der konventionellen Transistortechnik und damit der Entwicklung leistungsstärkerer Computer erreicht. [1] Abhilfe sollen hier Quantencomputer schaffen – eine Lösung, die Ihren Ursprung in der physikalischen Grundlagenforschung hat und bereits heute getestet wird. [2] Die Entwicklung neuer Materialien und Methoden hierfür erfordert große interdisziplinäre Zusammenarbeit, v.a. in den Bereichen Physik, Chemie und Ingenieurwissenschaften. [3] Es wird spannend sein zu verfolgen, wie die Entwicklungen voranschreiten und die (Quanten-)Computer in 30 Jahren aussehen, welche Anwendungen sie finden werden und welchen Einfluss sie auf unser Leben und unsere Forschung haben werden. [4] Doch noch viel spannender ist vielleicht die Frage, welche Grundlagenforschungen von heute die (technologischen) „Quantensprünge“ von morgen mit sich bringen werden...



**Emiel Dobbelaar**

Bundessprecher des JungChemikerForums der Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V.

- [1] G. E. Moore, *Proceedings of the International Electron Devices Meeting (IEDM '75)*, 1975, **21**, 11–13.
- [2] F. Arute et al, *Nature*, 2019, 505-510.
- [3] E. Grumbling, M. Horowitz, *Quantum Computing: Progress and Prospects*, National Academies Press, Washington, DC, 2018, p. 9.
- [4] X. Yuan, *Science*, 2020, **6507**, 1054–1055.

Herwig Buchholz, Tobias Weitzel, Ciarán McGinley

# Scenario Thinking – Four Possible Futures of Sustainability

Sustainability has become a critical element of the business context. Political and societal agencies are increasing their demands across ESG (Environment, Social, Governance) factors, heightening stakeholder consciousness, including that of current and potential future employees. The overall investment landscape is evidently changing towards favoring companies that are positively contributing to global sustainable development. The 17 Sustainable Development Goals (SDGs) of the United Nations provide a blueprint for peace and prosperity for people and the planet – now and into the future. However, translating and tailoring those global challenges into concrete company targets has to be done in each company-specific context.

As a society we know that sustainability is a must. And yet, with so much turbulence and so much uncertainty, it is impossible to predict how the future of sustainability will unfold. There is no historical data upon which we can rely to extrapolate trends. The COVID-19 pandemic simply underlines this observable reality.

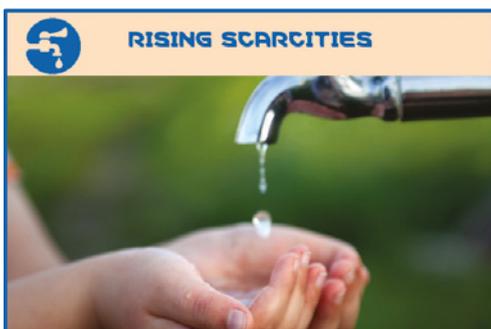
These were considerations that Merck, a global science and technology company, took strongly into account when developing its comprehensive approach to sustainability in 2020. A new sustainability strategy finally was announced in November, setting ambitious goals for the company and it has also become an integral part of Merck's overall Group strategy. In the process of strategy development, Merck attached great importance to looking at the future through the lens of plausibility and not predictability. And so, it was decided to make use of scenario planning to strengthen how it copes with uncertainty. The approach was pioneered in the corporate world in the early 1970's and then refined and practiced at the Oxford University, Saïd Business School, aims to reframe long-term strategies by developing sets of plausible, challenging and relevant scenarios.

Scenario planning is, by design, an iterative collaborative approach. Its underlying strength comes from, in the case of the

Merck Sustainability Scenarios, more than 100 individuals across Merck and some 20 external experts who came together during the first 4 months of 2020. In doing so, they shared their collective understanding of the world of sustainability and how it might impact Merck's world of business. What are the environmental and contextual factors that may contribute to future change? Which values will dominate? How will society react to climate change? What relationship will innovation have with sustainability? Which futures are accelerating because of the pandemic?

Plausible answers to these questions were condensed by the Merck teams, with the

help of NormannPartners AB, into a rich set of four scenarios for the future of sustainability in 2040. Four, very different worlds. Each plausible, internally consistent and coherent, but challenging – uncomfortably so.



Prof. Dr. Herwig Buchholz<sup>1\*</sup>, Tobias Weitzel<sup>1</sup>, Ciarán McGinley<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Merck KGaA, Darmstadt, Germany

<sup>2</sup> NormannPartners AB, Stockholm, Sweden

\* Author to whom address correspondence:

herwig.buchholz@merckgroup.com

DOI: 10.26125/q51w-r441

## FUTURE OF SUSTAINABILITY IN 2040 – THE SCENARIOS SET

**Rising Scarcities** is a world dominated by scarcity. Access to key resources such as water and food, drives existential conflicts. Protectionism prevails at all levels. Nation States and the global order are in decline and governance models are reconfigured around physical access to essential and scarce resources, which mere paper money can't buy.

Global trade is in sharp decline with Sovereign debt crises in every major region. Barter deals have re-emerged as the main basis for what trade remains. Black markets, corruption, migration and inequalities are increasingly widespread with minorities, of all types, being heavily persecuted. And yet, evidence of the resilience and adaptability of humankind is everywhere. For billions, this is not an apocalypse, it is a new beginning.

In countless communities, making do with what is locally available has become a way of life. There is a shift away from processes that require 24/7 energy and synthetic materials are replacing their more valuable natural counterparts. Innovation is resource light and adapted to specific local conditions and the availability of scarce resources. What trading does exist is often based on exchange, or promise of return, to enforce re-use of materials. Reverse engineering is everywhere, and local production is booming. Healthcare, however, is a function of local needs and emerging health problems.

**Sustainability means survival.**

**Cold War II** is a multi-polar world with little co-operation which has given up on climate change collaboration. The rule-based and financial institutions, created by the West, weaken. China maintains strong social cohesion and a centralized State model more able to cope with turbulence. Non-aligned enclaves such as the EU and India struggle to remain neutral.

A diminished global trade is dominated by US and Chinese regulatory frameworks, both with extra-territorial impact. Non-aligned Nations have a local/regional approach. A multiplicity of regional reserve currencies operate. Severe climate events and military tensions are frequent, contributing to protectionism and a strong role for the Nation State and its institutions. Governments are thereby emboldened to ruthlessly create sustainable, peaceful, communities with access to education and decent work.

Social and organisational innovations are as important as technological ones. The Internet of Things is exploited to carefully monitor both devices and humans to ensure ecosystem resilience, but also social cohesion. Location impacts access, favouring those inside the two blocs and penalizing those in climate-challenged hotspots and polluted areas. The subsequent reduction in travel & trade lowers spread of disease.

**Sustainability means delivering a quality of life to your own bloc.**

**Homo Deus** is a world where biotech and digital have merged. Science & Technology are seen both as a solution for humanity's problems and a means to enhance the human species. Historical regulations and ethical considerations clash with the desire to win the singularity race. The world is increasingly fragmented across ethical beliefs.

Global trade has expanded in the wake of this unshackled competition. Funded by military interests, some of the initial breakthrough innovations occurred behind closed doors far away from civilian oversight. The unfolding realm of possibilities fueled a global technological and economic race. Many governments decided to 'do first, think later', thereby dismissing underlying concerns such as ethics, privacy and risks. This empowered scientists and technologists to develop applications across every area of society and the environment, backed by traditional IP rights.

Humans, food and animals have been re-engineered to adapt to a new climate. Astonishing scientific progress and technological success has been achieved, at least for those with access such as the young, bio-compatible, educated and relatively wealthy. Society at large might want a re-focus, but the global Biotel elite are well prepared for a different future and are now moving on.

**Sustainability means an optimal tech solution for every problem, but not for every person.**

**Corporates Rule** is a world where society and its ineffective governments entrust business to deliver solutions needed for sustainable human life. The economic and innovative success of global corporations encourages a false confidence leading to a power grab from weakened Nation States.

Backed-up by significant capital investments, global trade is steered by major business ecosystems and an ESG-based global financial system. The principles of cradle-to-cradle circularity and sustainability are defined by each of these business ecosystems. Industry standards, innovation and market access are driven within these boundaries by diverging ESG platforms. These ESG platforms, with their sophisticated compliance and data sharing demands, impose hurdles that are usually too high to allow for business across multiple platforms.

Industrial processes and the global energy system are either CO<sub>2</sub> neutral, or negative. Renewables dominate. True sustainability across all product lines and processes is a must. Individual lifestyle is optimized to ESG standards, ignoring privacy concerns, and impacting individual behaviours. Local accountability and democracy are severely lacking. There is a positive environmental outlook for with climate, fauna and flora recovering.

**Sustainability is defined by a host of competing ESG platforms.**

These four sustainability scenarios work as a set. It is in the process of looking within and across the set that new insights are gained. Each individual scenario describes a plausible, relevant and challenging alternative future world, with its own winners and losers, opportunities and challenges. Each of these scenarios is in effect a wind-tunnel against which the Merck Sustainability Strategy can be tested, and for this reason they have been pushed as far as possible to the very edge of plausibility. By comparing how these future worlds

might plausibly unfold, Merck is able to use the scenario set to understand the extent to which current strategies are viable in the light of what might happen, what new options might be worth considering and how best to take appropriate decisions.

The current pandemic is a crisis of historic proportions. It is sometimes said that the future is already here, just not evenly distributed. The pandemic has revealed, and accelerated, signals of the four scenarios already unfolding. The competition for scarce medical resources points to Rising Scarcities. The use of AI in medical developments suggests Homo Deus. Does the increased tension between China and the US foreshadow Cold War II? Or is the accelerated introduction and spread of ESG decision making heralding the Corporates Rule scenario? We still don't know what the future will hold.

In times of crisis, society seeks out both resilience and creativity. Throughout its 350-year history, Merck has long recognized that a myopic focus on financial efficiency is the enemy of sustainability. Merck is therefore using this moment to take a fresh look at how it operates with regard to sustainability; how it faces the sustainability challenge; and how it can continue to make a positive contribution to society as a whole.

### **Prof. Dr. Herwig Buchholz**

Global Head of Group Corporate Sustainability



In his current role Herwig is heading Corporate Sustainability for the Merck Group. This includes the Corporate Sustainability Strategy, Corporate Sustainability Reporting, and Sustainability and Science & Technology Relations.

Herwig joined Merck in 1996 and has held various positions with rising responsibility within several businesses of the Merck Group. Starting in Business Development Fine Chemicals, followed by heading R&D in Life Science Businesses, in the Pigments and Cosmetics Business, Herwig then successfully embarked in 2006 on the exciting journey of advancing OLED technology from its early developments to the current OLED Business. Today, Merck OLED is among the top innovators and suppliers to the OLED industry. Herwig is also experienced in taking innovations from the academic and start-up level to fully developed businesses.

Prior to his appointments in Merck Herwig worked from 1991 for the University of Southern California, Los Angeles, where he is a Fellow still today. Herwig holds a PhD in Chemistry from University of Hamburg, Germany, and studied chemistry in University of Oldenburg, Germany, University of Hamburg, Germany, University of Oslo, Norway, and University of Southern California, Los Angeles.

Furthermore, Herwig is voluntarily involved in several academic and nonprofit institutions in the US and Germany, and thus contributes also externally to Merck's reputation as a leading science and technology company. This includes also a Professorship at the University of Oldenburg, Germany, his service on the Board of the GDCh, the German Chemical Society, and on advisory boards of several academic and private institutions including Fraunhofer Society.

### **Tobias Weitzel**

Associate Director, Group Strategy & Transformation, Merck KGaA



Working for Merck since 2016, Tobias is currently managing strategic projects of group-wide relevance including for instance the development of an enterprise sustainability strategy. Additionally his work focuses on innovation management and the establishment of next generation businesses through the Merck Innovation Ecosystem. Across his projects he is constantly sourcing and piloting new methodologies and approaches such as the scenario planning approach, which can elevate final project outcomes.

Prior to working at Merck, Tobias gained experience in the consulting industry with strong focus on corporate finance, mostly in the financial services markets. Tobias holds a Master in International Management with focus on Innovation Management & Entrepreneurship from NOVA School of Business and Economics (Lisbon, Portugal) and a Bachelor in Business Administration with focus on Finance & Accounting from Goethe University in Frankfurt, Germany.

**Ciarán John McGinley**

Senior Associate, Normann-Partners



Ciarán has extensive experience in scenario thinking and strategic renewal dating back more than two decades. Prior to joining NormannPartners in 2016, for 35 years Ciarán had focused on Intellectual Property and worked under and directly with every President of the European Patent Office (EPO) where he held a wide range of senior Board positions as well as being in charge of major operational units.

During his time at the EPO, he created the Chief Economist function, initiated the OECD working relationship and worked on various assignments with the European Commission. He was responsible for the EPO's contribution to the first summit of the Heads of the world's five major IP offices (US, China, Japan, South Korea, Europe) in 2007.

More recently, Ciarán has supported both institutional and corporate clients in their strategic development and use of scenario planning in the areas of sustainability, procurement, aerospace, AI, water and land use, renewable energy, city travel, autonomous vehicles, education, food safety, IP, mining and construction. In doing so he has worked with clients such as the London Transport Authority, UK Government, Anglo-American, Luxembourg Government, Merck KGaA, LafargeHolcim, and Ametic (Spain).

Ciarán holds a (bi-lingual) Master of Business Administration from HEC-Paris and a Bachelor of Science (Hons) in Aeronautical Engineering from the University of Bristol. Ciarán has lived and worked in five European countries. His mother tongue is English with very good French, German and Dutch.

**Stimmen aus der Wissenschaft**

„Nie wurde mehr Wasser verbraucht als heute, obwohl immer weniger sauberes Wasser zur Verfügung steht.“ [1] Die weltweite Entwicklung der Wasserstände der letzten Jahre [2] macht eines deutlich: Die Probleme stehen bereits vor unserer Haustür. Wenn wir so weitermachen, könnten wir 2050 sogar in der dystopischen Welt von „Mad Max“ aufwachen. Dem steigenden Wasserverbrauch aufgrund des bis 2050 um 50-70% wachsenden Lebensmittelkonsums [3] müssen wir mit einer effizienteren Wassernutzung begegnen. Wir sind der Ansicht, dass dahingehend vielversprechende Konzepte wie das „Vertical Farming“ oder „In-vitro-Fleisch“ an Bedeutung gewinnen müssen. Wir selbst sind herausgefordert, solche Ansätze weiterzuentwickeln und neue zu entdecken, um unseren Beitrag für die Zukunft zu leisten. Es liegt an uns allen.



**Noah Al-Shamery (o.I.), Florian Heppner (o.r.),  
Timon Bald (u.I.), Dario Baum (u.r.)**

Studierende des 5. Semesters der Universität Bonn

- [1] V. Grimm, C. Glauner, H. Eickenbusch, Axel Zweck, Übersichtsstudie Wasserknappheit & Technologie, Düsseldorf, 2008.
- [2] William J. Ripple, Christopher Wolf, Thomas M. Newsome, Mauro Galetti, Mohammed Alamgir, Eileen Crist, Mahmoud I. Mahmoud, William F. Laurance und 15.364 Biowissenschaftler aus 184 Ländern: World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice. In: *BioScience*. Band **67**, Nr. **12**, 2017, S. 1026–1028.
- [3] J. Rockström, M. Falkenmark, T. Allan, C. Folke, L. Gordon, A. Jägerskog, M. Kummu, M. Lannerstad, M. Meybeck, D. Molden, S. Postel, H.H.G. Savenije, U. Svedin, A. Turton, O. Varis, The unfolding water drama in the Anthropocene: towards a resilience-based perspective on water for global sustainability, 2014.

Robert Schlögl

## Zurück ins Jahr 2050

Ja, wir haben es geschafft als Menschheit zu überleben. Ja, wir sind wieder halb so viele Einwohner wie 2050 als die Erde ökologisch umkippte und weite Teile der dicht besiedelten Küstenregionen durch Schwefelwasserstoff aus Blaualgen entvölkert wurden. Wir leben heute auf einem versteppten Planeten, der erste Anzeichen einer Wiederbegrünung zeigt. Wir haben sogar wieder einige Bäume. Wir verfügen über alle Energie, die wir benötigen, um unser Leben unter Schutzbehäusungen und mittels Intensivlandwirtschaft in Glashäusern zu führen. Wir haben Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe für unsere Mobilität und für unsere Industrie.

Wir leben von Technologien der mittleren 2020er Jahre und sind dankbar, dass damals sich die Wissenschaft vorranglich mit den relevanten Grundlagen und Verfahren beschäftigt hat. Wir haben aus der Not gelernt unsere kleingeistigen Egoismen zu überwinden, um der globalen Herausforderung „Überleben“ gerecht zu werden. Ohne Zorn blicken wir zurück auf die Zeit vor 2050, als unsere Vorfahren wider besseres Wissen es versäumten, rechtzeitig zu handeln.

Wir wissen heute, dass sie damals an den Technologien arbeiteten, um die verdammt fossilen Energieträger einzusparen. Sie kannten die Photovoltaik, die sie schon in den 2020er Jahren bis zur heutigen technologischen Reife entwickelten und sie hatten „Windparks“, eine historische Technologie, die später von den Stürmen auf dem Planeten völlig ausgelöscht wurde. Sie hatten die Elektrolyse, wie wir sie heute nutzen und sie hatten chemische Energiespeicher, wie wir heute. Die Technologien waren weniger ausgereift, aber sie wussten, dass mittels einer besser verstandenen und konsequent angewandten physikalischen Chemie diese Defizite zu beheben waren, wie wir es heute kennen. Und trotzdem taten sie nichts.

Unsere Vorfahren hatten Klimaforscher, die mittels komplexer Modelle immer wieder zeigen konnten, dass jenseits einer Treibhausgaskonzentration von 700 ppm CO<sub>2</sub> Äquivalente das damalige grüne Ökosystem des Planeten akut gefährdet wäre. Sie wussten es und schlossen Verträge gegen den Klimawandel. Sie gaben dem CO<sub>2</sub> einen lächerlich niedrigen Preis und schufen zahllose Ausnahmetatbestände. Und sie diskutierten leidenschaftlich über Zielvorgaben der Reduktion von Treibhausgasen.

---

Prof. Dr. Robert Schlögl  
Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft  
Department Inorganic Chemistry  
Faradayweg 4-6, D-14195 Berlin  
acsek@fhi-berlin.mpg.de

Aber etwas umzusetzen und konkret etwas zu machen, das vermochten sie nicht. Sie hatten unzählige Bücher, die Schrecken und Folgen des Klimawandels beschrieben. Wir haben heute noch eine ganze Bibliothek davon neben dem Naturkundemuseum, wo wir Nadelbäume, Kühe und blühende Wiesen in Videoinstallationen und virtuellen Räumen bestaunen können. Unter den archäologischen Artefakten des frühen 21. Jahrhunderts fanden wir Informationsträger, die sie „DVD“ nannten. Diese enthielten Videoerzählungen vom Klimawandel und seinen Folgen. Die Darstellungen waren naiv untertrieben gegenüber den Ereignissen um die Mitte des Jahrhunderts.

Unsere Urgroßeltern waren begabte und erfindungsreiche Forscher und Wissenschaftler. Sie optimierten die Photovoltaiksysteme zu dem, was wir heute kennen. Sie erfanden die vollautomatische Herstellung von Elektrolyseuren und Wasserentsalzungsanlagen. Sie bauten Versuchsanlagen für die Herstellung von den C1 Kraftstoffen, die wir heute verwenden. Sie entwickelten die Batteriesysteme, die wir heute benutzen. Sie entwickelten sogar Fahrzeuge, die mit seriellen Hybridantrieben ausgestattet waren und übertrugen dieses Antriebsprinzip auf schwere Motoren. Sie entwickelten batterie-elektrische Fahrzeuge, die autonom den lokalen Verkehr abwickeln konnten, etwas primitiver als wir uns heute fortbewegen. Sie entwickelten in einigen Gegenden sogar klobige und wenig funktionale Vorläufer unserer Flugtaxi. Noch heute bewundern wir die Überreste ihrer Leitungs- und Speicherstrukturen, die sie in Europa und Asien errichteten. Sie entwickelten auch alle uns heute selbstverständlichen Recyclingverfahren für die mineralischen Elemente des Periodensystems. Günstigerweise nutzten sie die Verfahren aber nicht, sondern überließen uns riesige Lager von Sekundärrohstoffen, die sie damals „Deponien“ nannten.

Aber leider hörten sie nicht auf, Kohle und Erdöl zu nutzen. Sie verbrannten alle fossilen Energieträger, die sie finden konnten. Und sie achteten nicht darauf, wie sich der Klimawandel in den frühen 20er Jahren des Jahrhunderts immer deutlicher zeigte. Das Einzige, was sie taten war, die Einsparziele für die Reduktion der Treibhausgase immer schneller nach oben zu schrauben. Sie appellierten an sich selbst weniger Energie zu nutzen und gesünder zu leben. Sie führten alle Arten von artgerechter Landwirtschaft ein, die sie „Bio“ nannten. So wollten sie Treibhausgase einsparen. Gleichzeitig errichteten sie hochkomplexe globale Wertschöpfungsketten, die nicht auf Nachhaltigkeit hin ausgelegt waren. Dies und Handelskriege fachten den Verbrauch von billigen fossilen Energieträgern zusätzlich zum Bevölkerungswachstum weiter an. Nicht einmal die symbolische Begrenzung des Tempos in der Mobilität vermochten sie zu regeln, bei dem es doch mehr um Bewusstseinsbildung denn um Energieeinsparung ging.

Aber warum taten sie nichts? Auf der vergangenen Tagung der terrestrischen Gesellschaft für Paläozoologie wurde in einer Serie von aufsehenerregenden Beiträgen die Theorie entwickelt, dass unsere Vorfahren ein monokausales Gesellschaftsideal verfolgt hätten. Angeblich war der individuelle Besitz von materiellen Ressourcen das zentrale Handlungsmotiv. Konzepte von minimalen Kosten und maximalen Erlösen beförderte durch immer komplexer werdende Wirtschaftsprozesse führten zu enormen Erfolgen dieser Optimierung. Ein undurchdringliches Dickicht von Regeln und Gesetzen paralyisierte die Handlungsfähigkeit der Gesellschaft, aber schuf die Grundlage zu Erhalt und Verteidigung der individuellen Reichtümer.

Heute wissen wir, dass etwa um die Mitte der 2030er Jahre der Klimawandel sich enorm beschleunigte. Die Versteppung der nördlichen Hemisphäre setzte rasant ein und Teile der Ozeane kippten um und wurden zu Emittenten des Schwefelwasserstoffs, der es uns heute noch unmöglich macht, Teile des Planeten ohne Schutzausrüstung zu betreten. Erst dieser Prozess des Verfalls der natürlichen Lebensbedingungen führte zu einem beispiellosen Umdenken. Die Menschheit von damals raffte

alle ihre Kraft zusammen und schuf in 10 Jahren eine Energieversorgung ohne fossile Ressourcen. Sie verbrauchte dafür einen großen Teil der globalen Wirtschaftskraft. Dies und die enormen Aufwendungen für unsere heutige Kultur des Lebens in geschützten Räumen brachten das Ende von individuellen Besitztümern. Heute denken und handeln wir wieder ganzheitlich und im Bewusstsein der Endlichkeit unserer Möglichkeiten im Vergleich zu den Wirkungen der Naturkräfte. Die Fehleinschätzung eines „Anthropozäns“, eines Erdzeitalters, das vom Menschen bestimmt wird, wurde uns grausam vor Augen geführt. Nur dank der Leistungen der Wissenschaft und Technik im frühen 21. Jahrhundert konnten wie diese globale Krise überwinden. Hätte es damals im 3. Jahrzehnt des Jahrhunderts auch nur ein wenig Einsicht in die Folgen des Experimentes „Klimawandel“ gegeben, so hätte man die vorhandenen Mittel rechtzeitig einsetzen und der Menschheit unendliches Leid ersparen können. Die Wissenschaftler von damals erkannten nicht wie wichtig Kommunikation und Partizipation der Gesellschaft im Erkennen von Konsequenzen der Forschung und im Akzeptieren der nötigen Handlungen hin zu einer nachhaltigen Gesellschaft sind.

### Prof. Dr. Robert Schlögl – Chemiker

Robert Schlögl, geboren 1954 in München, ist Direktor der Anorganischen Chemie am Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft sowie Gründungsdirektor am Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion in Mülheim an der Ruhr.



© MPICEC

Schwerpunkt seiner Forschung ist die heterogene Katalyse, insbesondere die Verknüpfung von wissenschaftlicher Durchdringung mit technischer Anwendbarkeit sowie Fragestellungen zur Entwicklung nanochemisch optimierter Materialien für Energiespeicherkonzepte. Im Juni 2020 ist er in den Nationalen Wasserstoffrat der Bundesregierung berufen worden. Robert Schlögl ist Partner in zahlreichen europäischen und internationalen Verbundprojekten. Er hat Honorarprofessuren bei TU Berlin, Humboldt-Universität, Universität Duisburg-Essen, Ruhr-Universität Bochum und ist Distinguished Affiliate Professor bei der TU München. Er ist Vizepräsident der Leopoldina und unter anderem Mitglied bei acatech und BBAW. Er ist Autor von mehr als 1200 Veröffentlichungen, mehr als 550 Präsentationen und Sprechereinladungen und ist Erfinder in mehr als 20 Patentfamilien.

### Stimmen aus der Wissenschaft

Im Kontext der Klimakrise wird häufig über das Verhältnis zwischen Wissenschaft – unserer Kenntnis darüber, was passiert – und Handeln – sowohl politische als auch individuelle Entscheidungen – gesprochen. Und die Debatte wird von folgendem Unverständnis dominiert: Wenn wir doch eigentlich alles Relevante über die Krise wissen, warum handeln wir dann nicht? Ich würde die Frage gerne umdrehen und folgende These aufstellen: Wir handeln nicht, genau weil wir alles wissen. Schön sieht man das am Unterschied zwischen Klima und Corona. Als am Anfang der Pandemie die Infektionszahlen stiegen, waren alle von der Situation überfordert. À la “Wir haben keine Ahnung, was abgeht, aber better safe than sorry”. Bei der Klimakatastrophe ist das etwas anderes. Die Katastrophen kommen prognostiziert und erwartet. Dieses Wissen suggeriert uns Kontrolle über die Situation. Aber die haben wir eigentlich schon längst verloren. Das ist mein Appell: Wenn Kalifornien brennt, ist uns die Situation längst entglitten. Hier greift das Prinzip “better safe than sorry”!



Etienne Denk

Fridays For Future München

Martina Neises-von Puttkamer

## Sonnenvisionen

Tanija ließ die Autotür hinter sich zufallen und atmete die kühle Morgenluft ein. Ihr Blick wanderte über die Ebene, die zu ihrer linken Seite kahl und rotbraun vor ihr lag. In der Ferne zeichneten sich die Berge am Horizont ab, ebenfalls in einem rot-bräunlichen Farbton unter einem blauen, wolkenlosen Himmel. Die Ebene war karg, kaum ein Pflänzchen, was hier in dieser trockenen, heißen Region leben konnte. Die Sonne war noch nicht aufgegangen und ein kühler Wind wehte über das Land und ließ Tanija für einen kurzen Moment erschauern. Die Kühle war wohltuend und sie liebte diesen Augenblick am Morgen kurz vor Sonnenaufgang, wenn alles still dalag, als würde die Ebene tief einatmen, um mit dem ersten Sonnenstrahl, der über den Horizont brach, auszuatmen und das Leben wieder zu erwecken. In einigen Stunden würde die Sonne erbarmungslos auf sie herabscheinen, die Luft würde flirren und der Aufenthalt hier draußen für sie unerträglich werden. Auch nach über zwei Jahren fiel ihr das Arbeiten in der gleißenden Hitze noch schwer. Zum Glück musste sie nur selten tagsüber nach draußen, die meiste Zeit verbrachte sie in den klimatisierten Kontrollräumen der Solaranlagen, die zu ihrer rechten vor ihr lagen.

Tanijas Blick wanderte weiter. Hier begann der riesige Solarpark, der sich über mehrere Quadratkilometer erstreckte. Eine riesige Fläche, über die sich Solarfelder unterschiedlichster Technologien spannte, was nicht weiter verwunderlich war an einem Ort wie diesem, an dem die Sonne über 3000 Stunden im Jahr unbeirrt auf die Erde herabschien. Vor ihr lag ein Heliostatfeld, bestehend aus über Tausend Spiegeln, die das Sonnenlicht auf einen in der Mitte des Feldes gelegenen Turm warfen. Jeder Spiegel war wiederum aus kleineren Spiegeln aufgebaut und wurde automatisch der Sonne nachgeführt. Unter den Heliostaten bot sich ein Anblick, der sie, als sie das erste Mal hierhergekommen war, in tiefes Erstaunen versetzt hatte. Der Boden unter den Spiegelflächen erstrahlte in einem satten Grün. Eine Wiese mit unterschiedlichen Pflanzen, ein Ökosystem, welches im kompletten Kontrast zur kargen und leeren Wüstenebene stand, die nur ein paar Meter neben der Anlage vorherrschte. Die Solarspiegel spendeten tagsüber Schatten und ein ausgeklügeltes System der Wasseraufbereitung und -verteilung sorgte dafür, dass hier tatsächlich Pflanzen, ja sogar einige Gemüsesorten wachsen konnten. Tanija betrat die Anlage und ging einen kleinen Weg entlang durch das Heliostatfeld auf den Turm zu. Der Wind wiegte das Gras und die Pflanzen sanft hin und her, und es wunderte sie mal wieder, dass diese

grüne Oase so natürlich aussah, als wäre sie zufällig hier gewachsen. Dem Zufall war hier allerdings nichts überlassen. Das ganze Feld war von Leitungen und Sensoren durchzogen, die die Feuchtigkeit und den Nährstoffgehalt des Bodens genau maßen und entsprechend regelten. Zwischen den Heliostaten erblickte sie mehrere Reinigungsroboter, die fast lautlos durch das Feld fuhren und ihre morgendliche Runde bald beendet haben würden. Die Spiegelflächen waren blitzsauber und bereit für den Einsatz. Tanija beschleunigte ihre Schritte und näherte sich dem Turm, der mehrere hundert Meter hoch über dem Meer aus Spiegeln herausragte. Der runde, graue, durch und durch zweckmäßige und ihrer Meinung nach etwas langweilige Bau beinhaltete mehrere zentrale Anlagenkomponenten. Sie musste den Kopf in den Nacken legen, um ganz oben den schwarzen Receiver erahnen zu können, der noch schlief, doch bald aus seiner Nachtruhe erwachen würde. Die Anlage wurde noch aus den großen Speichern betrieben, die neben dem Turm standen. Zwei riesige Tanks, einer mit heißen und einer mit kalten keramischen Partikeln befüllt, deren Aufgabe es war die Sonnenenergie in Form von Wärme zu speichern und durch die Anlage zu transportieren. Der heiße Tank würde nun am frühen Morgen fast leer sein, aber, sobald die Anlage in den Solarbetrieb ging, wieder gefüllt werden. Vor der Tür am Fuße des Turmes hielt Tanija an. Nach dem kurzen Sicherheitscheck ihrer Iris öffnete sie sich mit einem leisen Knacken und Tanija trat ins Turminnere. Sobald sie eintrat, schaltete sich das Licht an. Tanija nahm ein dünnes, kaum fingernagelbreites Tablet aus ihrer Umhängetasche und eine leichte Berührung ließ es aufleuchten. „Guten Morgen, Tanija“, klang eine sanfte, helle Stimme aus dem Gerät, und auf dem Bildschirm erschien das Gesicht einer Frau. „Guten Morgen, Amanda“, antwortete Tanija. „Na, hast du die Nacht ordentlich einen drauf gemacht?“. „Ich verstehe deine Anmerkung nicht. Ich habe heute Nacht den ordnungsgemäßen Betrieb der Anlage überwacht.“ Tanija rollte die Augen. Jedes Jahr gab es ein Update, welches noch



Solarturm auf Plataforma Solar de Almería (Eigentümer: Forschungszentrum CIEMAT/Spainien). Bild: DLR/Markus Steuer.

Dr.-Ing. Martina Neises-von Puttkamer  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt  
Institut für Solarforschung  
Pfaffenwaldring 38 – 40, 70569 Stuttgart  
Martina.Neises@dlr.de

DOI: 10.26125/4g18-8a25

mehr großartige und absolut notwendige Features versprach, und doch hatten die Entwickler es bisher nicht geschafft, dem Anlagen-Assistenten Sinn für Humor einzuprogrammieren. Aber sie wollte sich nicht beschweren. Die ersten KIs, die als Interfaces zwischen Menschen und den Überwachungs- und Steuerungselementen der Anlage dienten, waren unkomfortabel und fehleranfällig. Amanda hingegen verstand ihre Anfragen meist fehlerfrei, hatte sofort alle Daten parat, die sie anforderte, und meldete sich zuverlässig, wenn es Probleme gab.

Tanja stieg in den Aufzug. „Ebene 3“, sagte sie, und kaum spürbar setzte sich der Aufzug in Bewegung. „Dann erzähl mir mal, wie es läuft.“ forderte Tanja ihre Anlagen-KI auf. „Alle Systeme laufen innerhalb ihrer spezifizierten Normparameter“, antwortete Amanda, und gleichzeitig erschienen eine Reihe von farbigen Graphen auf dem dünnen Tablet. Tanja strich routiniert über den Bildschirm und schaute sich den Verlauf der wichtigsten Betriebsparameter wie Temperaturen, Output und Performance der letzten 24 Stunden an. Die Tür öffnete sich, und ein grauer, schwach beleuchteter Raum mit auf den ersten Blick chaotisch verlaufenden Rohrleitungen in den unterschiedlichsten Farben lag vor ihr. „Zeig mir bitte den Druck in der Leitung VPX3“. Sofort erschien das entsprechende Diagramm auf dem Tablet. „Sieht alles gut aus“, murmelte Tanja mehr zu sich selbst als zu ihrer KI-Assistentin. Der Druck in der Dampfleitung war gestern Nachmittag plötzlich rapide abgefallen. Die Anlagen-KI hatte selbstverständlich alle notwendigen Maßnahmen gemäß des Sicherheitsprotokolls eingeleitet und Amanda hatte sowohl Tanja als auch die Zentrale sofort benachrichtigt. Die Reparatur-Drohnen waren kurz darauf ausgerückt, hatten das Leck schnell identifiziert und nachdem das ‚Go‘ aus der Zentrale gekommen war, das entsprechende Stück der Rohrleitung repariert. Tanja war nur am Abend nochmal vorbeigekommen, um einen finalen Blick darauf zu werfen. Anscheinend war alles in Ordnung, denn der Druckverlauf in der Leitung zeigte seit der Reparatur keine nennenswerten Auffälligkeiten. „Prima“, sagte Tanja und stieg wieder in den Aufzug ein. „Dann lass uns mal schauen, wie es oben aussieht.“ „Bitte spezifizieren“, schallte Amandas Stimme aus dem Tablet und Tanja hätte schwören können, dass sie ein bisschen höhnisch klang. „Receiverebene bitte“, sagte sie und rollte abermals mit den Augen. Manchmal kam es ihr so vor, als ob die KI sie absichtlich nicht verstand, nur um sie zu ärgern. Was natürlich Unsinn war und gleichzeitig auch schon Thema unzähliger Studien, die die Interaktion zwischen Mensch und KI untersuchten und die zeigten, dass es ganz normal war, dass Menschen dazu neigten in die KI menschliche Charakterzüge hineinzuinterpretieren. Das Interpretieren von Körpersprache und verbaler Sprache auf Gefühlsregungen war wohl eine allzu menschliche Eigenschaft, die sich nicht abstellen ließ, egal ob beim Gegenüber Gefühle vorhanden waren oder nicht. Die Tür öffnete sich wieder und Tanja stieg auf der obersten Turmebene aus. Der solare Receiver, ein großes zylinderförmiges graues Etwas, das wie ein schlafender Riese vor ihr lag, füllte den Raum. Noch war es leise, nur die Sensoren surrten. Doch bald würde die Anlage in den Solarbetrieb übergehen und dann würde es hier drin laut und heiß werden. Tagsüber heizte die konzentrierte Solarstrahlung der Heliostate die keramischen Partikel im Receiver auf über 1000 °C auf. Die Speicher, in denen die

heißen Partikel anschließend lagerten, ermöglichten es, dass die angeschlossenen Elektrolyseeinheiten auch nachts durchlaufen konnten. Normalerweise lief die Anlage konstant 24 Stunden lang ohne Unterbrechung und wurde nur einmal im Jahr zur Revision außer Betrieb genommen. Die heißen Partikel erzeugten einerseits Dampf zur Herstellung von Wasserstoff, andererseits wurde ein Teil mit Trucks zu einer metallverarbeitenden Anlage transportiert, in der sie Wärme für die Metallherstellung lieferten.

Tanja öffnete eine große, rechteckige Klappe neben dem Receiver, und kühle Luft schlug ihr entgegen. Von hier aus sah sie das Spiegelfeld am Fuße des Turmes. Die einzelnen Heliostaten sahen von oben winzig klein aus, als könnte man sie mit der Hand beliebig versetzen. „Na, dann wollen wir mal sehen, ob ihr auch alle einsatzbereit seid“, murmelte sie abermals mehr zu sich selbst. Ihr Blick lag weiterhin auf den Spiegeln, doch nach einer kurzen Berührung ihres Tablets erschienen in ihren Augenwinkeln kleine schwarze Punkte, die wie Libellen über das Spiegelfeld flogen. Nach einem anscheinend komplett chaotischen Muster schwebten die schwarzen Punkte über die einzelnen Heliostate, und nur einen kurzen Moment später erschien auf Tanjas Bildschirm eine Karte des Feldes, welche die einzelnen Spiegel in grünen und gelben Farbtönen zeichnete. Im gleichen Augenblick knackte es in ihrem Ohr, und eine Stimme meldete sich durch den kleinen, fast unsichtbaren Knopf in ihrer Ohrmuschel. „Na, ich habe schon gesehen, dass du angefangen hast.“ „Guten Morgen, Sahir“, sagte Tanja und grinste. „Was heißt hier Morgen, ich bin schon seit sieben Stunden hier. Bitte sag mir, dass alles super läuft, damit ich in den Feierabend verschwinden kann.“ „Was denn, hast du noch ein Date?“ entgegnete Tanja „Und dass alles super läuft, siehst du doch selbst.“ „Ja, ich erhalte gerade die Daten. Die Drohnen zur Überprüfung der Spiegel sind fertig. Heliostatfeld einsatzbereit. Receiver auch. Dampfleitung wieder heile. Elektrolyseure laufen. Alles bereit, um den Solarbetrieb anzuwerfen. Und ja, ich habe noch ein Date.“ „Du brichst mir das Herz, Sahir. Und ich dachte, du würdest auf mich warten.“ Tanja konnte den ironischen Unterton nicht aus ihrer Stimme fernhalten. „Ja, wollte ich auch. Aber dazu müsstest du herkommen zu mir in die Zentrale. Keine zehn Pferde kriegen mich dazu, zu dir ins Nirgendwo zu ziehen und in dieser Einöde zu leben“, antwortete die Stimme belustigt und gleichzeitig ein wenig entrüstet, als ob schon der Gedanke daran in der Wüste zu leben eine Zumutung wäre. „Na gut, dann wird das wohl doch nichts mit uns“, sagte Tanja und grinste ein wenig abwesend. Genauso verständnislos hatten ihre Freunde und Familie reagiert, als sie ihnen sagte, dass sie weggehen wollte. Warum in diese Abgeschiedenheit, in diese abgelegene Gegend, in der es immer heiß und trocken und menschenleer war? Warum nicht in die Zentrale, in die Großstadt, dort, wo das Leben pulsierte? Aber ihr Entschluss hatte festgestanden und sie hatte es nicht bereut. Ja, es war einsam, und daher ließen sie einen auch selten länger als zwei bis drei Jahre an so einem Ort, bis sie einen versetzten. Und nach einigen Jahren im Außeneinsatz an wechselnden Standorten gingen die meisten sowieso freiwillig zurück in die Stadt. Ein leises Klopfen ertönte in ihrem Ohr, und eine Meldung erschien auf ihrem Tablet. „Tut mir leid, Sahir. Sammy ruft an. Viel Spaß bei deinem Date.“ „Den werde ich haben. Dir viel Spaß in der Einöde.“ Seine Stimme erlosch.

Mit einer Berührung ihres Tablets erklang eine aufgeregte Frauenstimme in Tanijas Ohr. „Hallo, meine untreue Freundin! Freitagabend, wir beide auf der Tanzfläche, im beliebtesten Club der Stadt und keine Ausreden.“ „Hallo Sammy“, antwortete Tanija geduldig und mit einem leichten Kopfschütteln. „Ich hatte eine gute Nacht, danke der Nachfrage. Hier sieht alles gut aus. Ich werde jetzt gleich zur nächsten Anlage fahren und kontrollieren, wie es mit dem Ausbau des Photovoltaikfeldes voran geht. Gibt es bei dir was?“ „Du meinst außer, dass meine Mitstreiterin und Leidensgenossin mich nächste Woche verlässt und dass ich deswegen am Boden zerstört bin?“ ihre Stimme klang nun eindeutig vorwurfsvoll. Tanija wartete und nach einer Weile schien die Frau am anderen Ende verstanden zu haben, dass sie keine Antwort auf die erhobenen Vorwürfe bekommen würde. „Nein, alles wie immer“, entgegnete sie gelangweilt. „Ich werde dich auch vermissen, Sammy“, antwortete Tanija schließlich beschwichtigend. „Aber es war ein so verlockendes Angebot. Und außerdem weißt du doch, dass sie einen nach zwei Jahren versetzten.“ „Versuch erst gar nicht es auf andere abzuwälzen. Ich weiß genau, dass du es so wolltest.“ Die Stimme der Frau klang nun wieder sehr vorwurfsvoll. „Ja, aber erstens kannst du mich jederzeit erreichen und zweitens bekommst du sicher einen ganz ausgezeichneten und netten neuen Kollegen.“ Tanija versuchte zuversichtlich zu klingen. Aber in Wirklichkeit hatte sie natürlich keine Ahnung, wer ihr Nachfolger sein würde. Den Namen hatte sie schon erfahren, aber mehr auch nicht. Und mehr war auch nicht nötig, denn es brauchte keine lange und umfangreiche Übergabe mehr von Mensch zu Mensch. Die Einarbeitung des Anlagenkontrolleurs erfolgte nach einem festgelegten Protokoll durch die KI. Ihr Nachfolger würde dem Anlagen-Assistenten einen neuen Namen geben, eine neue Stimme, ein neues Aussehen. Aus ihrer Amanda würde dann ein David, eine Paula oder sonst wer werden. Personalisierter Anlagen-Assistent nannte es sich und sollte den Menschen helfen, sich schnell einzuleben und ein gutes Zusammenarbeiten zwischen Menschen und KI fördern. „Also Freitag, abgemacht?“ tönte die Stimme wieder in Tanijas Ohr und riss sie aus ihren Gedanken. „Ja, abgemacht. Wir treffen uns nach Schichtende im Quartier und dann fahren wir runter in die Stadt“, antwortete sie, „Ich werde jetzt mal weiter. Melde mich später“. Damit erlosch das Gespräch, und es war wieder still. Tanija ließ ihren Blick über das Solarfeld streifen. Er wanderte über die Spiegel und darüber hinaus in die Ferne. Photovoltaikanlagen schlossen sich an das Heliostatfeld an, weiter dahinter wieder ein Solarturm. Die ganze Ebene glitzerte im Licht der aufgehenden Sonne, bedeckt von verschiedenen Technologien, die die schier unerschöpfliche Energie der Sonnenstrahlen aufsaugten und sie als Strom, Wärme und Wasserstoff wieder frei gaben. Zwischen den Feldern zog sich eine Straße hindurch, auf der mehrere Trucks entlang fuhren. Sie fuhren, selbstverständlich autonom, auf eine Anlage zu, wo sie ihre Fracht, Tonnen von heißen Partikeln, erhalten sollten. Der Wasserstoff wurde größtenteils per Pipeline transportiert, zu Chemiefabriken, die ihn weiterverarbeiteten und an die Küste, von wo aus er auf Schiffen weiter transportiert wurde. Tanijas Gedanken schweiften ab. Nächste Woche würde sie schon weit weg von hier sein. An einem anderen heißen und trockenen Ort dieser Erde. Eine neue Solaranlage wurde dort aufgebaut und sie konnte von Anfang an mit dabei sein. Die Solarfelder sollten einen ganzen Chemiestandort mit Strom, Wärme und anderen benötigten

Stoffen wie Wasserstoff und Synthesegas versorgen. „Zehn Minuten bis zum Start des Receivers“, tönte Amandas Stimme durch den Raum und sie klang eindeutig drängend. „Ja, genau.“ Noch abwesend schaute Tanija auf ihr Tablet, sammelte ihre Gedanken und konzentrierte sich wieder auf ihre Arbeit. „Du hast recht, wir sollten weiter.“ Nach einem letzten Rundgang um den Receiver, stieg sie in den Aufzug. „Nach unten“, sagte sie, während sie eintrat „Bitte spezifizieren.“ Etwas genervt atmete Tanija ein. „Das machst du absichtlich“, knurrte sie. „Ich verstehe nicht“, ertönte Amandas unschuldsvolle Stimme. Tanija war fest davon überzeugt, dass sich Amanda einen Spaß mit ihr erlaubte. „Erdgeschoss bitte, wohin sonst“, entgegnete sie resigniert. Auch einer KI sollte ein bisschen Spaß erlaubt sein in ihrem sonst so eintönigen Leben. Die Tür öffnete sich und Tanija verließ kurz darauf den Turm. Sie ging den Weg entlang zurück zum Auto. Die Heliostate bewegten sich nun zeitgleich und sie hörte die Elektromotoren leise summen. Es war Zeit. Die Spiegel gingen in den Track. Tanija dreht sich um und schaute hoch zum Receiver an der Spitze des Turmes. Immer heller und heller wurde es dort, bis das Licht schließlich so gleißend hell war, dass sie nicht mehr hinsehen konnte. Ein letzter Blick auf ihr Tablet verriet ihr, dass alles normal lief. Damit setzte sie sich wieder in Bewegung und steuerte schnellen Schrittes auf den Rand des Solarfeldes zu, wo das Auto wartete. Die Tür öffnete sich automatisch, als Tanija sich näherte. Sie stieg ein und ließ sich mit einem Stöhnen auf den Sitz fallen. Es war für sie immer noch unfassbar, wie schnell es draußen heiß wurde, sobald die Sonne aufgegangen war. „Zur Anlage PV-drei“, sagte sie. Das Auto setzte sich leise in Bewegung. Tanija schaute auf ihr Tablet und war in Gedanken schon bei ihrer nächsten Aufgabe. Sie hatte noch viel vor sich.

#### **Dr.-Ing. Martina Neises-von Puttkamer**



Während ihres Maschinenbaustudium an der RWTH Aachen hörte Dr. Martina Neises-von Puttkamer zum ersten Mal von den verschiedenen Möglichkeiten die Sonnenenergie zu nutzen. Seitdem forscht und arbeitet sie an der Vision, diese geradezu unerschöpfliche Energie einzusammeln, zu speichern und in unterschiedliche Anwendungen zu integrieren. Ob zur Stromerzeugung, zur Herstellung von Metall oder zur Produktion synthetischer Kraftstoffe. Nach ihrem Studium promovierte sie am Institut für Solarforschung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt, wo sie ein Verfahren zur solaren Wasserstoffherstellung untersuchte. Derzeit leitet sie am Institut eine Gruppe, die sich mit der Entwicklung von neuen innovativen solaren Receivern für solarthermische Kraftwerke beschäftigt. Auch wenn der Weg zu einer, wie in ihrer Geschichte beschriebenen, solaren Anlage noch weit ist, motiviert sie ihre Vision dazu, weiter daran zu arbeiten.

Werner Brinker

# Von der Unmöglichkeit einer klimaneutralen Energieversorgung in Deutschland

Auf der Klimakonferenz in Paris im Dezember 2015 wurde beschlossen, die Temperaturerhöhung in der Erdatmosphäre auf weniger als 2 Grad Celsius bzw. möglichst auf 1,5 Grad Celsius zu begrenzen. Zur Erreichung dieses Ziels sollen die weltweiten Treibhausgas-Emissionen im Zeitraum von 2045-2060 auf Null reduziert werden. Diese Vorgabe ist gleichbedeutend mit einem Verbrennungsverbot fossiler Energieträger wie Kohle, Öl und Erdgas.

Im Jahr 2018 betrug der Primärenergieverbrauch in Deutschland 3600 TWh, bei einem Endenergieverbrauch von 2500 TWh. [1] Das Verhältnis von Endenergieverbrauch zu Primärenergieverbrauch ist gleichbedeutend mit einer Effizienz in der Energieumwandlung von etwa 70 %. Diese geringe Effizienz ist u.a. auf die schlechten Wirkungsgrade von Kohlekraftwerken (38-45%) zurückzuführen.

An dem Endenergieverbrauch sind die Sektoren Industrie und Verkehr mit jeweils etwa 30 %, der Sektor Haushalt mit ca. 25 % und der Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistungen mit 15 % beteiligt, wobei die Bereitstellung der Primärenergie zu fast 80 % aus fossilen Energieträgern erfolgt. [2] Das Ziel muss es also sein, die fossilen Energieträger durch erneuerbare Energien wie Sonne, Wind, Wasser, Biomasse etc. zu ersetzen. Diese notwendige Transformation des gesamten Energieversorgungssystems in Deutschland innerhalb der nächsten 30 Jahre ist also eine sehr große Herausforderung, wenn nicht gar eine unlösbare Aufgabe.

In der Zeit von 1990 bis 2019 wurden in Deutschland mit starker finanzieller Förderung durch das Stromeinspeisegesetz und das Erneuerbare Energien Gesetz insgesamt eine Leistung aus EE-Anlagen in Höhe von 125 GW installiert. Die Volllaststunden aller EE-Anlagen betrug im Jahr 2019 ca. 1900 h. [3]

Soll der Endenergieverbrauch in Höhe von 2500 TWh allein durch Strom aus EE-Anlagen bereitgestellt werden, ergibt sich daraus bei 1900 Volllaststunden eine zu installierende Leistung von etwa 1300 GW.

Es stellt sich also die Frage, ob die für eine zu installierende Leistung von 1300 GW notwendigen Flächen in Deutsch-

land vorhanden sind und für die notwendige Transformation des Energieversorgungssystems zur Verfügung stehen. Dabei kommt der Stromproduktion aus Wind und Sonne die mit weitem Abstand größte Bedeutung zu. Von mehreren Institutionen sind in den vergangenen 10 Jahren entsprechende Studien zur Potentialabschätzung der wirtschaftlich realisierbaren Flächen erstellt worden. Einige dieser Ergebnisse sind in nachstehender Tabelle zusammengefasst.

Institution	Onshore Wind	Offshore Wind	PV
Fraunhofer IWES (2010) [4]	200 GW	85 GW	
BWE (2012) [5]	189 GW		
Aurora (2020) [6]	220 GW	106 GW	1030 GW

Da bei einigen Studien z.T. die mögliche Erzeugung von grünem Strom in der Einheit TWh angegeben wurde, ist die jeweilige zu installierende Leistung in GW mit folgenden Volllaststunden ermittelt worden :

## Wind

Onshore: 2000 h/a  
Offshore: 3500 h/a  
PV: 1000 h/a

Damit ergibt sich eine unter wirtschaftlich realistischen Gesichtspunkten mögliche zu installierende Leistung von:

## Wind

Onshore: 210 GW  
Offshore: 100 GW  
PV: 1000 GW

In der Summe also 1310 GW.

Diese Leistung entspricht rein zufällig der zuvor genannten Leistung von 1300 GW. Allerdings können wegen des deutlichen Übergewichts der möglichen PV-Leistung mit den unterstellten Volllaststunden lediglich 1770 TWh produziert werden. Damit ergibt sich bei gleichbleibendem Endenergieverbrauch bis 2050 eine Unterdeckung von 730 TWh. Da politisch weiterhin ein wirtschaftliches Wachstum gewünscht und dieses zur Aufrechterhaltung des bestehenden Sozialsystems notwendig ist, muss der Energieverbrauch um mindestens 30 % über alle Sektoren hinweg reduziert werden. Unabhängig davon stellt sich die Frage, ob in den verbleibenden 30 Jahren die notwendige Leistung installiert werden kann.

Prof. Dr. Ing. Werner Brinker  
An der Bleiche 4  
26180 Rastede  
werner.brinker2@ewetel.de  
DOI: 10.26125/p550-vq77

In den 30 Jahren von 1990 bis 2019 sind in Deutschland trotz massiver Förderung lediglich 125 GW EE-Anlagen errichtet worden. Demnach wird es also unmöglich sein, in den nächsten 30 Jahren die verbleibende Leistung in Höhe von 1185 GW zu installieren. Hierbei ist ein Verlust von 10 % für den Transport und die Verteilung von Strom noch nicht berücksichtigt. Selbst eine Reduzierung des Endenergieverbrauchs um 50 % lässt die dann notwendige Installation von knapp 600 GW unrealistisch erscheinen, zumal vor Ort der Widerstand gegen die Errichtung von Windenergie-Anlagen an Land und gegen den notwendigen Bau von Höchstspannungsleitungen zunimmt und daher mit sehr langen Planungs-, Genehmigungs- und Bauphasen zu rechnen ist. Auch eine verstärkt diskutierte und eingeforderte Wasserstoffwirtschaft wird das Problem nicht lösen, solange die Forderung nach der alleinigen Produktion von grünem Wasserstoff, also die Herstellung von Wasserstoff aus Trinkwasser mittels Strom aus erneuerbaren Energien über entsprechende Elektrolyse-Prozesse besteht. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass für die Herstellung von einer kWh Wasserstoff etwa 1,6 – 1,8 kWh Strom benötigt wird. Die Bereitstellung z.B. von Wärme durch Verbrennung von grünem Wasserstoff in einem Brennkessel erfordert also deutlich mehr Strom als die direkte Anwendung von Strom im Wärmemarkt z.B. durch den Betrieb von Wärmepumpen mit Luft oder Grundwasser als Wärmequelle oder aber der Betrieb von Elektrodenkesseln. Bei der Elektrolyse ist ebenso auf den enormen Wasserverbrauch hinzuweisen. Dieser beträgt etwa 0,3 ltr. pro kWh Wasserstoff.

Deutlich weniger Strom wird für die Erzeugung von Wasserstoff mittels Methanpyrolyse verbraucht. In einem Blasensäulenreaktor mit flüssigem Zinn wird Methan (Hauptbestandteil von Erdgas) bei 1250 Grad Celsius in Wasserstoff und festen Kohlenstoff umgewandelt. Der Stromverbrauch wird mit 20 % des Stromverbrauchs bei der Wasserelektrolyse angegeben und der feste Kohlenstoff kann einer stofflichen Verwertung zugeführt werden. [7, 8]

Dennoch bleibt die Frage, wie Deutschland die große Menge grünen Stroms produzieren will.

Der viel diskutierte Import von Wasserstoff aus sonnenreichen aber wasserarmen Regionen ist genauso eine Fata Morgana wie die frühere Idee, Norwegen als Batterie für Europa zu betrachten, denn Norwegen verfügt nur über eine installierte Kraftwerks-Leistung von gerade einmal 33 GW.

Wir werden das geschilderte Problem nur dann lösen, wenn wir den Energieverbrauch drastisch reduzieren, die Installation von EE-Anlagen massiv fördern, den Bau und die Inbetriebnahme dieser Anlagen deutlich schneller ermöglichen und den CO<sub>2</sub> Preis sukzessive stark anheben.

## Referenzen

- [1] <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energieverbrauch-nach-energeträgern-sektoren>
- [2] <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energieverbrauch-nach-energeträgern-sektoren>

- [3] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: „Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2019“ Stand: Februar 2020
- [4] BWE/ Fraunhofer IWES 2011 <http://www.wind-energie.de/sites/default/files/download/publication/studie-zum-potential-der-windenergienutzung-land/bwe-potentialstudie> Kurzfassung 2012-03.pdf
- [5] Bundesverband Windenergie „Potenzial der Windenergienutzung an Land“ Kurzfassung, 2. Auflage März 2012
- [6] <https://www.solarity.eu/2020/05/31/408-deutschland-kann-dreifachen-des-heutigen-strombedarfs-mit-pv-und-wind-decken/>
- [7] Claus Beckmann : Wasserstoff für eine treibhausgasarme Gesellschaft
- [8] <https://www.energie-klimaschutz.de/wasserstoffherstellung-treibhausgasarme-gesellschaft>
- [9] <http://www.agrokarbo.info/türkiser-wasserstoff-durch-pyrolyse-von-methan/>

### Prof. Dr. Ing. Werner Brinker



Nach einem Studium des Bauingenieurwesens trat ich meine erste Stelle 1978 in der EWE AG in Oldenburg im Bereich Gastechnik, Gaseinkauf, Gasspeicher, Wärmeversorgung und Abfallwirtschaft an. Parallel zu meiner Berufstätigkeit fertigte ich eine Promotionsarbeit zu einem historischen Thema aus dem Bereich Bauingenieurwesen an der TU Braunschweig an und schloss diese 1990 ab. 1993 wechselte ich zur Preussen Elektra AG nach Hannover in den Bereich Energiehandel und Energiedienstleistungen. 1996 kehrte ich zurück in den Technischen Vorstand der EWE AG, deren Vorstandsvorsitz ich 1998 bis zum Jahr 2015 übernahm. Seitdem habe ich zusätzlich zahlreiche Aufsichtsratsposten unter anderem in Energieunternehmen und -organisationen in Deutschland, Luxemburg und Schweden, zweier Banken und bei Werder Bremen GmbH & Co KG aA innegehabt. Aktuell bin ich als Berater der international tätigen Private Equity Beteiligungsgesellschaft ARDIAN tätig. Für die Wissenschaft habe ich mich engagiert im Aufsichtsrat, bzw. Hochschulrat der Jacobs University Bremen und der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, in deren Universitätsgesellschaft ich aktuell als Vorsitzender wirke, sowie in der Wissenschaftlichen Kommission Niedersachsens und im Vorstand Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V.. Dafür wurde ich 2015 mit einer Honorarprofessur der Universität Oldenburg geehrt. Ehrenamtlich war ich ebenfalls in verschiedenen Organisationen tätig, wovon ich den Vorstandsvorsitz im Forum für Zukunftsenergien besonders hervorheben möchte. Von meinen vielen Ehrungen ist die Wahl zum Energiemanager des Jahres 2006 besonders erwähnenswert.

Im Jahr 1992 hat die EWE AG den damals größten Windpark Europas in Betrieb genommen (10 Anlagen a 300 kW). Fünf Jahre später habe ich meine Experten für Nieder- und Mittelspannungs-Stromnetze gefragt: „Können wir den Strom von 100 000 PV-Anlagen oder auch Brennstoffzellen in unser 1 kV-Netz aufnehmen?“ Wie zu erwarten, war die Antwort: „Nein, dafür sind unsere Netze nicht gebaut.“ Daraufhin wurde das sehr umfangreiche Projekt „Smart Grids“ aufgesetzt, das gemeinsam mit der daraus abgeleiteten EWE Strategie Eingang in die im Jahr 2006 veröffentlichten „Bullensee-Thesen“ gefunden hat. Diese Thesen lassen sich in einer einfachen Formel zusammenfassen, nämlich E 3, d.h.

- Energieeinsparungen realisieren
- Energieeffizienzen heben
- Erneuerbare ausbauen

Im Jahr 2010 nahm EWE den ersten deutschen Offshore Windpark und 2013 den ersten kommerziellen deutschen Offshore Windpark in Betrieb. Als Vorstandsvorsitzender war ich von diesem Weg hin zu einer klimaneutralen Energieversorgung überzeugt, aber es bedurfte auch der Überzeugung der Mitarbeiter, die teilweise 30-40 Jahre in einem monopolistischen System gearbeitet hatten, das durch Kohle- und Kernkraftwerke bestimmt war.

Sehr hilfreich auf diesem Weg war die Gründung einer Akademie für Führungskräfte, in der nicht nur über Strategien und Führungskonzepte diskutiert, sondern auch über ethische Wertegerüste und moralisches Handeln philosophiert wurde, getreu dem Motto: „Was das Gesetz nicht verbietet, verbietet der Anstand.“ (SENECA, 1.Jh.n.Chr.)

### Stimmen aus der Industrie

#### Wichtige Fragen, für die in den nächsten Jahren Lösungen zu finden sind:

„Wichtige Fragen“ für die Gestaltung unserer Zukunft gibt es zuhauf. Dabei sehe ich besonders drei Themenkomplexe.

**A) Mobilität:** Wie werden wir in Zukunft fahren, fliegen, reisen? Regenerative Energiequellen, Energie-Speicherung und -Umwandlung sind heute noch völlig unzureichend, um unseren Bewegungsdrang zu befriedigen. Oder wird sich dank effektiverer digitalisierter Prozesse unsere physische Mobilität drastisch reduzieren? Wie wird dann unsere Arbeits-, Wohn- und Freizeitwelt aussehen?

**B) Globalisierung:** Wie schaffen wir faire Entwicklungschancen weltweit? Oder werden nationale Interessen im Verbund mit einer fortschreitenden Entdemokratisierung den freien Austausch von Waren und Informationen behindern? Wie kann die Wissenschaft diesen Tendenzen durch offenen Austausch entgegenwirken?

**C) Ressourcen:** Wie können wir Rohstoffe und Energien noch effizienter nutzen, ihre Verschwendung minimieren, gleichzeitig die Umwelt intakt erhalten und unsere „Human Resources“ weiter entwickeln – d.h. das Leben lebenswert gestalten?

„Die Chemie“ wird diese Fragen nicht lösen können – aber sie muss in Zusammenarbeit mit allen anderen Wissenschaften ihren Beitrag dazu liefern.



**Marcellus Peuckert**

1. Vorsitzender der DBG von 2013–2014

### Stimmen aus der Industrie

#### „Zurück ins Jahr 2050“ – Gedanken für eine veränderte Zukunft

Im Film «Zurück in die Zukunft II» einem Kinoerfolg aus den 80er Jahren gelangte Marty McFly mit einer Zeitmaschine in das Jahr 2015 und erlebte Dinge, die in der Realität vor 5 Jahren noch viel evolutionärer war. Also, nun weitere 30 Jahre nach 2050. Wie wird diese Welt aussehen? Was immer passiert, es müssen dringender Fragen beantwortet werden und wie immer spielt die Wissenschaft die relevante Rolle. Aber mehr denn je, geht es um die Geschwindigkeit der Umsetzung. Dem Klimawandel muss begegnet werden und dies nicht durch pure Elektrizität oder simplen Verbesserungen der Brennstoffzellen. Ob Hybrid, Elektrizität oder Wasserstoff, es werden neue Technologien sein, die vor allem wettbewerbsfähig sind, nicht nur in ökologischer Hinsicht, sondern auch ökonomischer. Das Wachstum der Weltbevölkerung wird sich nicht reduzieren, also muss die Ernährung gewährleistet sein und dies am besten mit nachhaltigen Ansätzen, sonst funktioniert das mit dem Klimawandel auch nicht. Die derzeit erlebte Pandemie wird dann Geschichte sein aber der Menschheit hoffentlich eine Lehre sein, was passieren kann, wenn Forschung und Entwicklung unterrepräsentiert sind. Alles Themen die eines gemeinsam haben: nur das deutlich verbesserte Zusammenwirken von Forschung, Industrie und Politik nach dem Prinzip des Notwendigen und Machbaren, wird 2050 positiv gestalten – das gilt es anzustreben, denn wir sind zu langsam in der Umsetzung.



**Uwe Nickel**

1. Vorsitzender der DBG von 2017–2018

Maraike Ahlf

## Chemie als Schlüssel

2050 werden nach Prognose der UN auf der Erde rund zehn Milliarden Menschen leben: die Mehrzahl in riesigen Städten. Mit wachsendem wirtschaftlichem Entwicklungsstand werden die Menschen höhere Ansprüche an ihren Lebensstandard haben. Durch zunehmende Bedarfe in den Bereichen Energie, Mobilität, Ernährung und Wohnen ergeben sich Herausforderungen, die bereits jetzt Auswirkungen auf unser Leben haben wie z.B. Klimawandel, Umgang mit knapp werdenden Ressourcen und Einfluss auf die Biodiversität. Die Effekte werden sich zukünftig wahrscheinlich noch verstärken, wenn wir nicht bereits heute etwas dagegen unternehmen.

BASF hat die Herausforderung angenommen, der Gesellschaft über nachhaltige chemische Lösungen und Produkte auch zukünftig einen Mehrwert zu bieten. Chemie kann hier einen wichtigen positiven Beitrag leisten, denn Chemie ermöglicht unser modernes Leben erst.

Um das Voranschreiten des Klimawandels zu verhindern, ist die Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen entscheidend. Der Einsatz nachwachsender Rohstoffe sowie Optimierung von Produktionsprozessen, Lieferketten und Produkteffizienz können dazu einen starken Beitrag leisten. Wobei erst die Kenntnis über die konkreten Werte von CO<sub>2</sub>-Fußabdrücken es ermöglicht, Prozesse und Produkte bzgl. CO<sub>2</sub> Emissionen nachhaltiger zu gestalten.

BASF arbeitet schon heute an Lösungen zur Verringerung der produktbezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Zum Beispiel wird der Einsatz nachwachsender Rohstoffe gefördert. Wir wollen unter anderem statt fossiler Rohstoffe Bio-Methan und Bio-Naphtha verwenden – natürlich bei gleichbleibender Produktqualität und -spezifikation. Das läuft über das Biomassenbilanz-Verfahren der BASF: Die nachwachsenden Rohstoffe werden für den Verbundstandort Ludwigshafen eingekauft, im ersten Schritt der Verbundstruktur eingesetzt (z.B. Steamcracker) und über ein zertifiziertes Verfahren den Kundenprodukten zugeordnet. Der Biomassenbilanzansatz ermöglicht es uns, fossile Ressourcen einzusparen und die Treibhausgasemissionen zu verringern.

Auch unsere Produktionsprozesse sollen effizienter werden. Deshalb arbeiten wir an innovativen Lösungen, um den Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen unserer technischen Prozesse zu verringern sowie einer Optimierung der Energieerzeugung.

Wenn der Kunde unsere biomassenbilanzierten und emissionsarm hergestellten Produkte verwendet, verbessert er damit seine CO<sub>2</sub>-Bilanz und seinen Rohstoffeinsatz. BASF wird ihm – neben weiteren Nachhaltigkeitsdaten – in der Zukunft nicht nur die Daten zur Verfügung stellen, wie viel CO<sub>2</sub> je Kilogramm unseres Produktes bei der Herstellung emittiert wurde, sondern kann dem Kunden bereits heute transparent machen, wie hoch der Anteil der eingesetzten nachwachsenden und der fossilen Rohstoffe war. Mit Hilfe der CO<sub>2</sub>-Bilanz der Einsatzprodukte kann er das Treibhaus- (Global Warming) Potential seiner eigenen Produkte genau errechnen, sich so im Bereich Nachhaltigkeit von Mitbewerbern differenzieren und einen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Zur Reduktion der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern werden Lösungen zur Energiegewinnung und Speicherung wie beispielsweise Photovoltaik und Solarthermie entscheidend. BASF liefert z.B. Natriumnitrat für Solarthermieanlagen, welches die Versorgung mit Solarenergie auch nachts, bei Sturm oder bei bewölktem Wetter ermöglicht.

Elektromobilität ist eine der nachhaltigen Lösungen zur Adressierung des steigenden globalen Bedarfs an individueller Mobilität. BASF arbeitet in diesem Bereich an der Entwicklung und großtechnischen Produktion neuer hochleistungsfähiger Kathodenmaterialien, mit deren Hilfe Batterien leistungsstärker und langlebiger werden. Effektive Produktionstechnologien, kurze Wege zum Kunden durch lokale Investments, der Einsatz von erneuerbaren Energien sowie die Upstream Integration für die Gewinnung von Kobalt und Nickel tragen auch in diesem Bereich zur signifikanten Einsparung von CO<sub>2</sub> Emissionen und somit zusätzlich zum Klimaschutz bei.

Die Landwirtschaft ist für das Wohlergehen der Welt von grundlegender Bedeutung. In den nächsten Jahrzehnten wird sich unser Landwirtschafts- und Ernährungssystem immer schneller verändern, damit die wachsende Weltbevölkerung Zugang zu genügend gesunden und bezahlbaren Lebensmitteln hat. Die moderne Landwirtschaft umfasst Lösungen, die den effizienten Einsatz von Ressourcen ermöglichen, einen geringeren ökologischen Fußabdruck unterstützen und natürliche Lebensräume erhalten. Um diese Transformation voran zu bringen, liefert und arbeitet die BASF in diesem Bereich unter anderem an Lösungen zum biologischen Pflanzenschutz durch Pheromone, der Pflanzen während ihres gesamten Entwicklungszyklus schützt. BASF ermöglicht weiterhin Ertragssteigerungen durch gezielt entwickelte und einzusetzende Fungizide als Ergänzung zum konventionellen Pflanzenschutz sowie durch gezielte Züchtungen, die auch unter schwierigen Wetterbedingungen ertragssicher sind oder es dem Verbraucher erlauben, Lebensmittelabfälle zu vermeiden. Digitale Lösungen zur effizienten

---

Dr. Maraike Ahlf  
BASF SE, Global Product Management  
BASF Inorganics  
maraike.ahlf@basf.com

Steuerung der Landwirtschaft wie beispielsweise Dosierung von Fungiziden und Pflanzenschutzmitteln ermöglichen es mit weniger Ressourceneinsatz mehr Ertrag zu erwirtschaften.

Neben neuartigen Produkten und verbesserten Prozessen spielt das Recycling und die Kreislaufwirtschaft (Circular Economy) eine entscheidende Rolle bei der ressourcenschonenden Versorgung und Lebensgestaltung. Chemische Lösungen sind Kern bei der Etablierung von Kreislaufwirtschaften. Wobei unter Kreislaufwirtschaft zu verstehen ist, dass Wachstum vom Verbrauch von Ressourcen quasi gänzlich entkoppelt wird. Ressourcen werden solange wie nur irgend möglich im System gehalten, Reststoffe werden durch Wiederherstellung und Regenerierung weitmöglich reduziert. Zum Thema Kreislaufwirtschaft arbeiten wir bei BASF an einem Verfahren zum chemischen Recycling von Matratzen zur Wiederwendung von Polyurethan (PU). Dabei werden Kunststoffabfälle, für die noch keine hochwertigen Recyclingprozesse etabliert sind, in Hochleistungswerkstoffe in Neuware-Qualität umgewandelt. Polyurethane zählen zu den vielseitigsten Polymeren. Ihre chemische Zusammensetzung ist allerdings sehr komplex. Allein in Europa produzieren wir jährlich über 4 Millionen Tonnen PU. Polyurethane werden in vielen wichtigen Branchen eingesetzt, z. B. in der Bau-, Automobil- und Möbelindustrie (einschl. Matratzen), bei Haushaltswaren, Verpackungen und Sportartikeln. Neben Polyolen sind Isocyanate (MDI und TDI) die wichtigsten Bausteine/Rohstoffe für die Herstellung von Polyurethanen.



**Abb. 1:** Im innovativen Recyclingverfahren von BASF für gebrauchte Matratzen wird flexibles Polyurethan (r) aufgespalten und liefert das ursprünglich verwendete Polyol (l).

Die meisten PU-Abfallströme werden am Ende der Lebensdauer bislang entweder verbrannt (mit Energierückgewinnung) oder landen auf der Deponie. Derzeit werden nur 3 % der gesammelten PU-Abfälle wiederverwertet. Das ist sehr wenig. Die EU hat vor diesem Hintergrund einen ehrgeizigen Plan zur Schaffung einer Kreislaufwirtschaft mit dem verbindlichen Ziel aufgesetzt, die Deponierung von Abfällen von derzeit 17 % bis 2030 auf < 10 % zu reduzieren.

An dieser Stelle kommen wir als BASF mit einer chemischen Lösung ins Spiel. Wir sehen in den Abfällen keinen Müll, sondern eine wertvolle Ressource. Statt die Produkte zu verbrennen und so noch mehr CO<sub>2</sub> zu generieren oder sie auf Deponien abzuladen, besteht unser Ziel darin, den Kreislauf zu schließen

und Polyurethane mit Hilfe chemischer Ansätze in ihre einzelnen Rohbestandteile zurück zu wandeln. Die Verwendung von recycelten Rohstoffen aus Kunststoffabfällen hilft, den Einsatz von fossilen Rohstoffen zu reduzieren sowie CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber der konventionellen Kunststoffproduktion und Verbrennung von Plastikmüll einzusparen. So generieren wir einen Mehrwert für alle Beteiligten entlang der Wertschöpfungskette und tragen zur Schaffung einer Kreislaufwirtschaft bei.

All diese Lösungen leisten einen Beitrag, die Welt bereits heute nachhaltiger zu gestalten, um die Ressourcen des Planeten für künftige Generationen zu schonen. Die Anwendung und Umsetzung dieser Lösungen ist einer der Schlüssel, um in einer Zeit von wachsenden Bedürfnissen der Menschheit das Gleichgewicht zwischen Natur und Mensch wiederherzustellen und zu erhalten. Wenn wir darüber nachdenken, wie die Welt in 2050 aussehen wird und aussehen soll, bin ich persönlich der Meinung, jeder von uns sollte sich die Fragen stellen: In welcher Welt wollen wir leben? In welchem Zustand wollen wir die Welt hinterlassen? Wie kann ich dazu beitragen, unsere heutigen Bedürfnisse zu erfüllen, ohne dabei zukünftige Generationen daran zu hindern, ihren Bedürfnissen nachzukommen? All das sollte darauf abzielen, dass wir daran arbeiten, die Welt in einem besseren Zustand zu hinterlassen, als wir sie vorgefunden haben.

#### **Dr. Maraike Ahlf** **Vom Labor in die Produktion**



Als Kind wollte ich immer Künstlerin werden und in Dänemark leben. Das habe ich als Chemikerin bis heute nicht ganz realisiert. Eines jedoch haben Chemie und Kunst gemeinsam: als Chemikerin kann ich wie auch als Künstlerin Neues schaffen und Ideen realisieren. Statt nach Dänemark hat es mich von Hamburg, wo ich aufgewachsen bin und 2003 mein Abitur absolvierte, in die Nähe von Heidelberg verschlagen – zumindest in Kilometern gerechnet eine ähnliche Entfernung.

Nach meinem Abitur begann ich direkt mein Chemiestudium an der Universität Hamburg, die ich 2005 mit abgeschlossenem Vordiplom verließ und an die Carl von Ossietzky Universität Oldenburg wechselte. Großtechnische Anwendungen und die Kommerzialisierung chemischer Verfahren waren früh mein Hauptinteresse. Ein Werdegang in der Industrie stand daher für mich bereits zu Beginn meines Studiums fest. In Oldenburg war es möglich, im Diplomstudiengang Chemie als Hauptfach auch Betriebswirtschaftslehre (BWL) zu belegen. Mit meinem Diplom in Chemie 2008 legte ich neben den Schwerpunktfächern physikalischer und technischer Chemie auch eine Prüfung in BWL ab. Meine Promotion zum Thema "Rare earth oxide thin

films from solution based inorganic precursor deposition as potential candidates for insulators in advanced gate stacks” fertigte ich, aufbauend auf meine Diplomarbeit, in der Oberflächenchemie bei Prof. Dr. Katharina Al-Shamery an der Universität Oldenburg an. Gefördert wurde ich durch ein Promotionsstipendium des Fonds der chemischen Industrie und der Heinz-Neumüller Stiftung. Meinem Wunsch, auch internationale Erfahrung zu sammeln, kam ich während meiner Promotion nach. Von 2010 bis 2011 absolvierte ich als Stipendiatin des DAADs einen zwölfmonatigen Auslandsaufenthalt an der Nanyang Technological University Singapore, School of Materials Science and Engineering unter der Leitung von Prof. Dr. Pooi See Lee. Dort lernte ich neben neuen wissenschaftlichen Methoden und etwas Mandarin auch, in einer fremden Kultur zu leben und mich an neue Umgebungen anzupassen.

Seit Anfang 2013 bin ich als Chemikerin bei der BASF in Ludwigshafen beschäftigt. Ich startete in der Forschung im Bereich Process Research and Chemical Engineering. Als Laborleiterin mit dem Forschungsschwerpunkt anorganische Dünnschichtsysteme konnte ich mein in der Promotion aufgebautes Wissen zur Dünnschichtabscheidung, Charakterisierung und Anwendung unmittelbar einsetzen. In der Einheit neue Technologien war ich zuständig für die Leitung eines Laborteams sowie die Koordination von Projekten mit Universitäten, Forschungsinstituten und Start-Up Unternehmen weltweit. Das Scouting neuer Themen, die zu den Geschäftsmodellen der BASF passen lag ebenso in meinem Aufgabenbereich wie die Identifikation geeigneter Forschungspartner und das Management von geistigem Eigentum wie Patentrecherchen und Patentanmeldungen zusammen mit Patentanwälten. Ich übernahm Verantwortung für größere Projekte, meine Themen verschoben sich von Screeningversuchen im Labormaßstab zunehmend zu Aufskalierung von Prozessen und großtechnischer Umsetzung. Als Abschluss meiner Tätigkeit im Bereich anorganische Dünnschichten plante ich zusammen mit der Geschäftseinheit BASF Coatings und einem externen Engineeringunternehmen die Realisierung einer Pilotanlage. Das war eine sehr aufregende Zeit, in der ich das erste Mal die Realisierung eines Verfahrens von der Idee bis fast in den Produktionsmaßstab begleitet habe.

Daran anschließend übernahm ich 2017 innerhalb der BASF eine Stelle als Projektmanagerin im Feld Battery Materials Process Development. Zusammen mit einem Start-Up Unternehmen in den USA und BASF Ingenieuren zeigte ich in einem agilen Projekt-Setup die großtechnische Machbarkeit eines Verfahrens zur Verkapselung von Batteriematerialien für die Elektromobilität. In dieser Phase verbrachte ich viel Zeit bei unserem Entwicklungspartner in den USA.

Um noch mehr Geschäftserfahrung zu sammeln, entschied ich mich 2017 für einen Wechsel ins operative

Geschäft im Business Management. Als Global Product Manager in der Geschäftseinheit BASF Inorganics übernahm ich die Steuerung des Tagesgeschäfts, Marktbeobachtung und Bewertung, globale Preisgestaltung, Koordination von unter anderem Produktion, Logistik und regionalem Marketing sowie die strategische Ausrichtung für einige Produkte der BASF. Starker Kundenfokus, sich schnell verändernde Situationen, kurze Entscheidungswege und viele Schnittstellen machen die Arbeit im Produktmanagement zu einer Mischung aus Feuerwehrfrau und Spinne im Netz, eine neue Erfahrung nach meiner Zeit in der Forschung.

Zurzeit bin ich in Elternzeit, ich bin Mutter eines Sohnes. Nach meiner Rückkehr werde ich eine neue Aufgabe in der Produktion übernehmen.

## Stimmen aus der Industrie

2050 wird ein interessantes Jahr sein. Die nächsten 30 Jahre werden interessante Jahrzehnte sein. Es wird sich entscheiden, ob es der Menschheit gelingt, die ökologischen Herausforderungen, die sie mit ihrer Ausbreitung und ökonomischen Entwicklung selber geschafften hat, in den Griff zu bekommen, oder ob es zu einem Kollaps des Ökosystems kommen wird, so wie es die Biologie beschreibt. Dabei geht es nicht nur um den Klimawandel, sondern auch um die Verfügbarkeit von Wasser, urbarem Land, sowie Artenvielfalt, aber auch die zunehmende Resistenz von Krankheitskeimen. Auf der anderen Seite werden wir eine rasante technologische Entwicklung erleben, deren Geschwindigkeit alles bisher Erlebte in den Schatten stellen wird. Das gilt für die Rechenleistung von Computern, die technische Reife von Quantencomputern, aber auch für die Biochemie, die Medizin und andere Bereiche. 2050 wird auch in der Zeit liegen, in der wir erfahren werden, ob die bisher kohlenstoffbasierte Evolution tatsächlich auf Silizium übergeht, so wie manche Theoretiker der künstlichen Intelligenz das vorhersagen. Die physikalische Chemie wird aufgefordert sein, sich als Problemlöserin zu beteiligen. Sie muss helfen, den effizientesten Weg einer Energiewende zu beschreiben, um den Verlust an Wohlstand, so wie wir ihn bisher kennen, so gering wie möglich zu halten. Und sie muss die neuen digitalen Möglichkeiten nutzen, um die chemische Forschung „in vitro“ durch eine Forschung „in silico“ zu ergänzen und vielleicht sogar zu revolutionieren.



**Dr. Florian Budde**

1. Vorsitzender der DBG seit 1.1.2021  
McKinsey & Company, Inc.

Alexandra Pehlken

# Rohstoffe – Ein Zeitzeugenbericht von 2010 bis 2050

Es ist ein strahlender Sommertag am 19. Juli 2050 im Norden Deutschlands, an dem meine Kinder und Enkel bei uns zu Hause zu Besuch sind. Meine Tochter Fiona feiert ihren 45. Geburtstag mit uns. Besonders meine Enkelkinder genießen die ländliche Gegend im Ammerland und verbringen oft die Ferien hier bei uns, da sie in der Stadt Köln leben und nun für kurze Zeit das Landleben genießen, bei dem man echte Sonnenuntergänge ohne Häuserfronten sehen kann.

Während die Gärten in den Städten mittlerweile vertikal an Häuserfassaden entlang in die Höhe wachsen, existieren hier im Ammerland noch altmodische horizontale Gärten, in denen man nach Lust und Laune Fußball spielen kann, ohne in einen Sportpark zu gehen. Ich fühle mich daran erinnert, dass ich selbst damals als Kind meine Großmutter hier auf dem Bauernhof besucht und diese Ferien genossen hatte.

Was hat unser Hof alles miterlebt. Es gibt heute noch den „Ölheizraum“, der damals einen 3000l Öltank beherbergt hatte und daher bis heute eine Feuerschutztür besitzt, die wir aus historischen Gründen behalten haben. Heute beherbergt dieser Raum unser Hausenergiemanagement und speichert die Sonnenenergie in einer Magnesium-Schwefel Batterie, damit wir 24h am Tag mit Energie versorgt sind. Die Lithium-Ionen Batterien, die so lange vorherrschend waren, sind schon in den 20er Jahren abgelöst worden. Meine Enkelkinder können es kaum glauben, dass wir damals überhaupt keine eigene Energie produziert haben. Erst 2020, also vor 30 Jahren, haben wir in unsere erste Photovoltaikanlage investiert und dann sukzessive erweitert.

Die 20er Jahre hatten es sowieso in sich. Erst kam die CO<sub>2</sub> Bepreisung auf fossile Rohstoffe und endlich wurde mehr in Erneuerbare Energien investiert. Zeitgleich kam auch das Lieferkettengesetz und die Verschiebung der Produktion in Billiglohnländer wurde unterbunden. Dies zog viele Konsequenzen nach sich. Zum Beispiel wurde somit die Lithium-Ionen Batterie schneller abgelöst als es wohl aus Sicht der Technik vorhersehbar gewesen war. Aber die Konflikte um die Lithium Förderung wurden immer schlimmer und schnellten zum einen den Preis für Lithium in extreme Höhen, und zum anderen war die Förderung oft sozialunverträglich, so dass kein Akteur der Lieferkette dieses Risiko mittragen wollte. Auch wenn die

Produktion nun für alle in der Lieferkette eingeschlossenen Akteure sozialverträglicher waren, so kam doch der Aufschrei, dass alles nun teurer werden würde. Und ja, es wurde entweder teurer oder Produkte verschwanden, aber auch der Konsum nahm ab. Dies war nur eine logische Konsequenz. Heute im Jahre 2050 kauft kein Mensch eine Batterie, er besitzt sie höchstens und mietet die Speicherkapazität über einen Zeitraum. Das stellt sicher, dass der Hersteller seine eigenen Batterien nicht nur kennt, sondern auch in-house recyceln kann.

In den 30er Jahren spezialisierten sich viele Firmen auf den Service von Produkten beim Kunden anstatt darauf, möglichst viele und immer wieder neue Produkte zu verkaufen. Heute werden nur noch Produkte repariert und lange im Produktkreislauf gehalten. Ich kann aktuell nicht sagen, ob es die EU Ökodesign Richtlinie mit dem „Recht auf Reparatur“ war, die den Umschwung gebracht hat oder die vielen Lieferschwierigkeiten, die Hersteller in den 30er bzw. Ende der 20er Jahren hatten.

China hatte Ende 2028 die Marktherrschaft über Primärrohstoffe übernommen, was Anfang der 20er Jahre schon einige wenige Kritiker prophezeit hatten, aber keiner hat es ernst genommen und China hatte sich leise nach und nach in die Mehrheit der Bergbauminen weltweit eingekauft, und nun bekommt kein Hersteller Rohstoffe ohne das Wohlwollen Chinas. Dies war allerdings auch eine Chance für die Circular Economy. Gerade Europa mit seinen wenigen Rohstoffminen hatte schon in 2011 mit seinem ersten „Criticality Assessment“ aller wirtschaftsstrategischen Rohstoffe innerhalb Europas angefangen und beobachtet. Als dann 2020 der „Green Deal“ Europas verkündet wurde, wurde dies zur Chance aller Recyclingakteure in Europa, und es gab ein riesiges, nie wieder dagewesenes Forschungsprogramm im Bereich der Circular Economy und der Erneuerbaren Energien. Für mich zählte die Entwicklung des Kunststoffrecyclings zu den Höhepunkten der Forschungsleistungen dieses Jahrhunderts. Während in meiner Kindheit noch die Kunststoffe in der Umwelt achtlos entsorgt wurden, sind sie heute der Kohlenwasserstoffträger Nummer 1. Aufgrund der stark gedrosselten Erdölförderung aufgrund der hohen CO<sub>2</sub> Bepreisung, ist auch der Ölpreis gestiegen und machten das Kunststoffrecycling somit wirtschaftlicher, denn sie waren ja in der Mitte der 20er Jahre im Überschwang verfügbar. Der hohe Erdölpreis sorgte auch indirekt dazu, dass Kunststoffverpackungen nicht mehr Verwendung fanden, da sie zu kostspielig wurden. Nur noch in hoch qualitativen Produkten, wo die Eigenschaften der Kunststoffe gefragt wurden (z.B. durch das geringe Gewicht) blieben sie erhalten. Nun lohnten sich vor allem die hydrothermalen Verfahren zum Kunststoffrecycling und stellten

dem Markt wieder wettbewerbsfähiges Erdöl bereit, welches keiner CO<sub>2</sub> Steuer unterliegt. Im Gegensatz zu dem Beginn des 20. Jahrhunderts ist nun, statt der arabischen Länder, Europa eines der Länder, welches am meisten Erdöl produziert. Würde es die OPEC heute noch geben, dann wäre Europa ein Platz in dieser Organisation sicher. Die OPEC hatte sich im Jahre 2039 aufgelöst, da Erdölförderung kaum noch eine Rolle spielte und die einzelnen Mitglieder keinen Konsens mehr fanden.

Die Strategie Europas, Rohstoffe auf dem Kontinent wieder zu recyceln, ging zu 100% auf und in den 30er Jahren war der Recyclinganteil in Produkten so hoch, dass Europa die Abhängigkeit von Primärstoffen verschmerzen konnte. So erlebten gerade die Firmen, die sich auf Recyclingstrategien, Kaskadennutzung und Reparaturen fokussiert hatten, einen Erfolg nach dem anderen. Während ich mich noch an die Zeiten erinnern kann, als die durchschnittliche Nutzungsdauer eines Smartphones lediglich 18 Monate war (Jahr 2018), so ist das heute im Jahr 2050 undenkbar und solch eine kurze Lebensdauer wird von der heutigen Gesellschaft abgelehnt. Heute kauft keiner ein Produkt, das dem Smartphone ähnlich ist, da man die Leistung der Kommunikation einkauft. Die Technik dahinter wird nicht mehr verkauft und daher können die Firmen, die diese Technik bereitstellen, ihre Rohstoffe besser einplanen, reparieren und auch recyceln.

Der Kampf um Rohstoffe ging aber dennoch weiter. Auf der Erde blieben sehr schnell entweder nur noch die Tiefseerohstoffe übrig, oder man fokussierte sehr schnell auf extraterrestrische Rohstoffe. Nachdem der Kampf um die Rohstoffe auf dem Mond sehr kurz war (zu wenige Rohstoffe mit kurzen Perspektiven) ging der spannende Teil in den 30er Jahren los. Bereits die erste bemannte Marsmission fand 2033 statt und wurde nur möglich, da alle weltraumfähigen Länder der Erde sich zum ersten Mal in der Geschichte zusammen an einem Projekt beteiligt hatten. Da dies zu einem vollen Erfolg wurde, hatte man auch das zweite günstige Zeitfenster zur Marsmission in 2048 genutzt, um weitere bemannte Missionen durchzuführen. Diesmal stand bei der Marsmission unter anderem der Versuch an, mit dem CO<sub>2</sub> der Marsatmosphäre und dem Wasser unter der Oberfläche über den Sabatier-Prozess Methan als Treibstoff für den Rückflug herzustellen. Da die Mission zu einem vollen Erfolg wurde, ist die Idee der bemannten Marsstation keine Utopie mehr.

Durch die Gewinnung von extraterrestrischen Rohstoffen sind die Tiefseerohstoffe etwas aus dem Fokus gerückt. Sehr zu meiner Zufriedenheit, da ich der Meinung bin, dass wir viel der immer noch unbekanntes Tiefseebiosphäre zerstört hätten.

Wenn ich daher an die letzten Dekaden zurückdenke, muss ich zugeben, dass unglaublich viel passiert ist. Der Unterschied des heutigen Alltags meiner Enkelkinder zu meinem Alltag in dem Alter ist immens. Hatte meine Großmutter das damals etwa auch gedacht? Unfassbar, dass in meiner Kindheit jeder

Haushalt eine Mülltonne vor der Tür hatte und dann die sogenannten Gelben Säcke, die Verpackungsabfälle kostenfrei eingesammelt haben. Heute sind vor allem Kunststoffverpackungen komplett vom Markt verschwunden. Dinge, die man heute kauft, verbraucht man entweder, repariert sie oder verkauft sie teuer an ein Unternehmen, was einem Abfallentsorger von damals gleichkommt. Nur dass heute Drohnen die Abfälle abholen und kein Müllfahrzeug in regelmäßigen Abständen durch die Straßen fährt. Jeder vermeidet die Generierung von Abfall, und heute geht es ohne Probleme. Ich frage mich immer wieder, warum die Abfallvermeidung damals nicht funktioniert hat und wir unsere eigene Umwelt verschmutzt haben. Heute genieße ich den Tag mit der neuen Generation, die zwar vor neuen Herausforderungen steht, wie Bevölkerungswachstum und der Ernährungsfrage, aber auch das Leben in einer sauberen Umwelt genießen können.

*Anmerkung der Autorin: Der Text ist rein spekulativ und eine rein hypothetische Annahme eines Zukunftsszenarios*



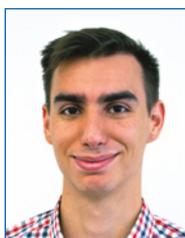
#### **Dr.-Ing. Alexandra Pehlken**

Dr.-Ing. Alexandra Pehlken ist eine ausgezeichnete Rohstoffingenieurin und Nachhaltigkeitsexpertin. Ihre Promotion erhielt sie in den Ingenieurwissenschaften im Fach Bergbau an der RWTH Aachen. Von 2014 bis 2019 leitete sie erfolgreich die Forschergruppe „Cascade Use“ an der Universität Oldenburg, die für ihre IT-Entwicklung RAUPE - „Nachhaltige IT-gestützte Rückführentscheidungen am Beispiel gebrauchte Autoteile“ mit dem Deutschen Rohstoffeffizienzpreis 2018 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie ausgezeichnet wurde. Im gleichen Jahr erhielt sie die Auszeichnung „Köpfe der Zukunft“ vom BMBF FONA - Forschung für Nachhaltige Entwicklung. Im Oktober 2015 gründete sie das Steinbeis Transferzentrum Ressource und leitet dies bis heute noch. Sie berät dabei Firmen im Kontext nachhaltiger Lieferketten und Ressourceneffizienz und wurde 2019 in den Vorstand des Oldenburger Energieclusters OLEC berufen. Als externe Gutachterin ist sie seit 2018 im EU-Forschungsprogramm Horizon 2020 tätig. Seit 2018 arbeitet sie hauptberuflich am Informatik-Institut OFFIS und leitet dort den Kompetenzcluster Nachhaltigkeit und Digitalisierung.

## Stimmen aus der Wissenschaft

### Nachhaltige Zukunft

Die Welt in 30 Jahren. Nicht selten hat man diesen kühnen Blick in die Zukunft gewagt. Oft wurden Neuerungen im Bereich Transport, Technik und Kommunikation vorhergesagt. In düsteren Prognosen dagegen ein Ende der Wälder, Artensterben, Ressourcenknappheit und weltweite Hungerkrisen. Dass wir in den nächsten Jahren viele wissenschaftliche Durchbrüche zu erwarten haben, steht für mich außer Frage, doch in welche Richtung wird sich die Wissenschaft im Ganzen entwickeln? Ich glaube und hoffe fest an eine neue Generation Wissenschaftler\*innen, die den Mut zu Innovation hat. Wissenschaft muss nachhaltig sein, in allen Facetten wie Ressourceneinsatz, Abfallmanagement sowie im Umgang mit den Menschen, die hinter der Forschung stehen. Wissen muss frei zugänglich sein. Das heißt freie Verfügbarkeit von Daten und Ergebnissen sowie eine gute Wissenschaftskommunikation. Für die Zukunft glaube ich an bessere „Miteinander-Wissenschaft“ als an „Gegeneinander-Wissenschaft“.



**Chris Heintz**

Bundesvorstand bei JungChemikerForum (JCF) der Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V. (GDCh)

### Statement zu chemischen Aspekten der Zukunft im Jahr 2050 –

18. März 2050: Erst kürzlich hat die ADeCK (Allianz deutscher Chemieunternehmen für Kreislaufwirtschaft) das zehnjährige Jubiläum der ausschließlichen Verwendung biologisch abbaubarer Leichtverpackungen gefeiert. Doch erst in den vergangenen Tagen ist die Auflösung und vollständige Weiterverwertung des „Great Pacific Ocean Garbage Patch“ offiziell geworden. Die Entwicklung neuartiger Katalysatoren, gefördert durch die UN-Taskforce für Umweltbedrohungen, hatte die Arbeit des internationalen Ozeanologenteams in den vergangenen sechs Jahren erheblich beschleunigt. „Die letzte Ladung ist unterwegs in die Aufbereitungsanlage!“, jubelt Dr. Jevarez, Chemiker an Bord der schwimmenden Sammelplattform. Dort wird die Umsetzung zu biologisch unbedenklichem Baumaterial weiter vorangetrieben, um weitere Metropolenbezirke nach dem Vorbild von Lagos und Dharavi in menschenwürdige Stadtbezirke entsprechend der UN-Verordnung für Grundbedarf (2027) zu entwickeln.

Doch seine Reise ist längst nicht beendet, er und sein Team arbeiten bereits an einem neuen Linker, um auch die letzten Mikroplastikreste binden und extrahieren zu können. Eine Utopie? Mit Sicherheit, aber eine deren Verfolgung sich lohnen würde.

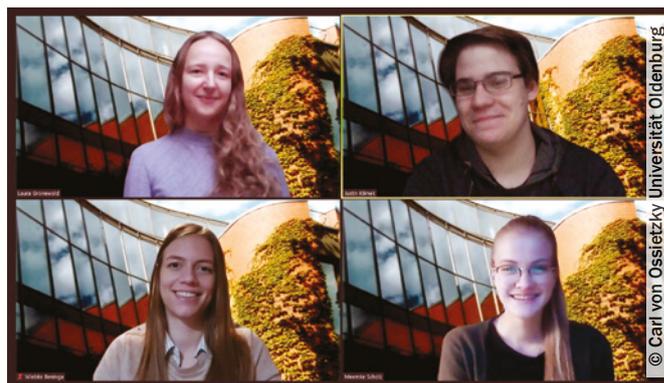


**Felicitas von Usslar**

Bundesvorstand bei JungChemikerForum (JCF) der Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V. (GDCh)

## Stimmen aus der Wissenschaft

411 ppm – etwa dieser Anteil von CO<sub>2</sub> findet sich bereits jetzt in unserer Atmosphäre – Tendenz steigend. [1] Dazu kommen immer größer werdende Mengen von Plastikmüll, die zusehends unsere Umwelt verschmutzen. [2] Gerade auf diesen Gebieten sehen wir die Notwendigkeit, in Kooperation mit Chemieingenieuren, dazu beizutragen, die Kreislaufwirtschaft zu etablieren. Sowohl in Reaktoren – hier seien Emissionssenkungen durch Nullemissionenkraftwerke zu nennen – als auch im Leben aller. Menschen, die zukünftig in der Chemie tätig sind, sind dafür verantwortlich, Recycling statt Downcycling sowohl in privaten Haushalten als auch in der Industrie zu ermöglichen. Dafür benötigt es Wege, Verpackungen aus möglichst wenig Komponenten herzustellen. Dabei ist es jedoch wichtig, den Verbraucher mitzunehmen und nicht in fachlichen Sphären abzuhängen. Daher sind Transparenz und Wissenschaftskommunikation für die Verbreitung von Verständnis dieser gesellschaftswichtigen Ideen genauso unumgänglich wie die Forschung selbst. Chemie von morgen findet eben nicht mehr nur in den Laboren statt.



**Laura Gronewold (o.l.), Justin Klimek (o.r.),  
Wiebke Beninga (u.l.) und Meemke Scholz (u.r.)**

Studierende des 5. Semesters der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

- [1] X. Lan, B. D. Hall, G. Dutton, J. Mühle, und J. W. Elkins, Atmospheric composition [in State of the Climate in 2018, Chapter 2: Global Climate]. *Special Online Supplement to the Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol.101, No. 8, August, 2020.
- [2] C. Wilcox, E. Van Sebille, B. D. Hardesty, Plastic in seabirds is pervasive and increasing, *Proceedings of the National Academy of Sciences* Sep 2015, **112** (38) 11899-11904.

Matthias Driess

# Der Berliner Exzellenzcluster UniSysCat im Spiegel von 2050

Wir wären heute, 2050, in der Umsetzung der Klimaziele längst nicht so weit fortgeschritten, ohne die Durchbrüche in den Wissenschaften und die erfolgreiche Transformation von führenden Industriezweigen. Die globalisierte chemische Industrie hat durch neue Technologieplattformen und die Digitalisierung einen an Rigorosität beispiellos ökologisch-orientierten und dennoch profitablen Markt von Stoffkreisläufen entwickelt, der von anderen produzierenden Industrien erfolgreich adaptiert wurde. 30 Jahre zuvor war das längst nicht absehbar: Internationale Abkommen, Umweltproteste und eine Pandemie waren nur Vorboten für einen bevorstehenden tiefgreifenden Systemwandel. Durch „schwindelerregend“ hohe Investitionen von neuen Regierungen und der Industrie nahm der Systemwandel endlich Fahrt auf. Namhafte Unternehmen der chemischen Industrie versprachen, in nur zwei Dekaden eine kohlenstoffneutrale Bilanz bei der Herstellung ihrer Produkte erfüllen zu können. Dieses äußerst ehrgeizige Ziel wurde tatsächlich erreicht! Der Aufbruch zu neuen Ufern, um das ‚Unmögliche‘ zu bezwingen, ist auch ein Merkmal von Spitzenforschung. Wir wissen heute: Die Förderung von Spitzenleistung war und ist ein zentrales Element, um die Klimaziele zu erreichen: Sie fördert besondere Talente, verwirklicht neue Konzepte und schafft die nötige Denkweise, um aus der „weiter so“ Normalität ausubrechen. Systemische Anreize wie frische Forschungsgelder und eine kritische Anzahl von dafür erforderlichen klugen Köpfen sind ein guter Nährboden, um disziplinäre Mauern zum Wanken oder gar Einsturz zu bringen und ein ungeahnt neues Terrain zu erschaffen. Damals, 2019, startete die zweite Runde der Exzellenzstrategie der Länder und des Bundes; Grund genug, dass sich auch die auserkorenen chemisch-fokussierten Vorhaben, darunter wir mit dem Exzellenzcluster „Unifying Systems in Catalysis“- UniSysCat, einer großen Herausforderung stellten. Wir fühlten uns als interdisziplinäres Team von mehr als 250 WissenschaftlerInnen aus neun Institutionen im Berliner Raum berufen, für einen Paradigmenwechsel in der Katalyse einzutreten und gaben unserem Vorhaben in der Öffentlichkeit den unbescheidenen Titel „Katalyse revolutionieren: Warum und wie?“ Die Motivation lag auf der Hand: Gerade im Nach-Erdöl-Zeitalter, in dem die chemische Industrie mit neuen Konzepten und im Schulterschluss mit Ingenieuren regenerative Rohstoffe und Energiequellen erschließen und nutzen muss, kam und kommt der Katalysatorforschung eine

immense Bedeutung zu. Um die heutzutage erforderliche Produktvielfalt zu erhalten und gleichzeitig den Verbrauch von fossilen Rohstoffen drastisch zu reduzieren, Abfall zu vermeiden und energiesparender zu produzieren, kommt der Entwicklung von spezifischen Katalysatoren eine besondere Rolle zu. Wir machten uns 2019 auf den sehr langen Weg, nicht nur auf einzelne katalytische Reaktionen wie der effizienten Erzeugung von Wasserstoff durch chemo- und biokatalytische Wasserspaltung an vorderster Forschungsfront Durchbrüche zu erzielen, sondern konzentrierten uns auch auf die Erforschung zeitlich und räumlich gekoppelter katalytischer Reaktionen, wie sie zum Beispiel auf mikroskopischer Skala auch in einer Pflanzenzelle stattfinden. In einer einzigen Pflanzenzelle laufen abertausende Reaktionsketten gleichzeitig ab. Das ‚Neben- und Miteinander‘ von vielen verschiedenen Reaktionen auf engstem Raum schont Ressourcen, nutzt Synergien und macht so die „Hochzeit“ von chemischen Transformationen grüner und so wesentlich weniger aufwändig. Aber wie sollte das auf artifizielle Weise gelingen, geschweige denn vorhergesagt werden? Der langersehnte Durchbruch zur erfolgreichen Kopplung von mehreren chemo- und biokatalytischen Reaktionen gelang erst durch den Einsatz von neuen theoretischen Methoden wie der künstlichen Intelligenz. Dies war allerdings erst auf der Basis von sehr vielen verlässlichen Messdaten als Deskriptoren und zur korrekten Analyse von Einzelreaktionen möglich, die erstmal verfügbar sein mussten und nicht so ohne weiteres aus der wissenschaftlichen Literatur „herausgefischt“ werden konnten. Diese Mammutaufgabe wurde von den Experimentatoren in UniSysCat mit Bravour gelöst.

Unsere Arbeiten weckten auch das Interesse von privaten Investoren, die uns auf neue wissenschaftliche Herausforderungen aufmerksam machten und neue Wege in der Forschungsfinanzierung eröffneten. In den 2030-iger Jahren wurde das „International Extraterrestrial Space Laboratory“ gegründet, das sich mit der Besiedelung des Mondes und anderer Himmelskörper beschäftigt. Dank dieser Förderung besitzt UniSysCat auch ein Forschungslabor auf dem Mond, in dem zusammen mit anderen interdisziplinären Teams ein Verbundsystem aus katalytischen Prozessen zur Energieumwandlung und zum Aufbau eines Ökosystems erforscht wird (siehe Abbildung). An die erste Dienstreise des UniSysCat Teams zum Mond erinnert heute ein Denkmal auf dem ehemaligen Gelände des Flughafens Tegel.

Über die Fachgrenzen hinweg kommunizieren zu können, war für das UniSysCat Team immer von größter Bedeutung. Eine gemeinsame wissenschaftliche Sprache, das ‚UniSysCat-Es-

---

Prof. Dr. Matthias Driess  
Technische Universität Berlin  
Department of Chemistry: Metalorganics and Inorganic Materials  
Strasse des 17. Juni 135, Sekr C2, D-10623 Berlin, Germany  
matthias.driess@tu-berlin.de



peranto', haben unsere Studierenden in der jahrzehntelang bewährten Graduiertenschule des Clusters und im Einstein-Zentrum für Katalyse erlernt. Die neue wissenschaftliche Achse zwischen der Chemie, Biologie, Physik, Informatik und Raumfahrt im Berliner Raum hat auch zur Etablierung von neuen Kooperationen mit nicht-chemischen Industrieunternehmen und medizinischen Einrichtungen geführt, die vor 20 Jahren niemand prognostiziert hätte. Unsere Graduierten

waren und sind sehr begehrt und haben sicher zum kreativen Wandel in verschiedenen Unternehmen beigetragen. Wir sind Zeitzeugen eines viel schnelleren Transfers von UniSysCat Forschungsergebnissen in die Anwendung, als das noch 2020 der Fall war. Bevor allerdings neue Verfahren, initiiert von UniSysCat Forschungsergebnissen, nach mehreren Jahren und nach in der Industrie Fuß fassen konnten, war noch ein anderes Instrument als Katalysator am Werk: Die Förderung von Ausgründungen (start-ups) im Bereich der Grünen Chemie, im Vorgründungszentrum „Chemical Invention Factory“ CIF. Mit Mitteln des Berliner Senats und der TU wurde für die CIF ein architektonisch herausragendes Laborgebäude für 12 Millionen € auf dem Charlottenburger Campus der TU Berlin errichtet, das 12 Start-ups in ihrer Initialphase beherbergt und dazu beigetragen hat, dass in den letzten 30 Jahren mehrere Dutzend, darunter sind heute auch namhafte Unternehmen, das Licht der Welt erblickt haben. Die CIF war seinerzeit das erste Vorgründerzentrum für Grüne Chemie in Deutschland. Die TU Berlin wäre keine moderne Universität, wenn die bahnbrechenden Entwicklungen und Erfolge nicht auch tiefgreifende und vorbildliche Veränderungen in der Struktur des Instituts für Chemie und in der Ausbildung im Bachelor- und Master-Chemiestudiengang nach sich gezogen hätten. Im Curriculum der Chemieausbildung sind die Lehrmodule „Unifying Concepts in Catalysis“, „Green Chemistry“, „Data Science in Chemistry“ und „Chemistry for Extraterrestrial Developments“ längst fest etabliert und von den Studierenden auch anderer Fakultäten außerordentlich stark nachgefragt; alles Gründe, warum Berlin ein attraktiver Studienort für Chemie geblieben ist. Über die letzten 30 Jahre haben hochkarätige Neuberufungen, wobei mehr als die Hälfte Frauen sind, zur Stärkung dieses Profils und zur nachhaltigen Sicherung einer zeitgemäßen Vernetzung von Forschung, Lehre und Berufsqualifikation in der Chemie beigetragen. Der Chemie-Standort blüht und gedeiht, und es triumphiert nunmehr die Denkweise vom gemeinsamen Berliner Forschungsraum über den kleinteiligen Tanz einer Institution. Das hat sich unser Team immer gewünscht.

Was haben wir mit UniSysCat sozial erreicht? Für die Menschen, die den Erfolg erarbeitet haben und in den vielen Jahren trotz vieler Schwierigkeiten nicht lockerließen und den Blick auf das Große und Ganze nie aufgegeben haben? Das Scheitern war und ist ein zentrales Erlebnis für alle Menschen. Aber was folgt daraus? Für mich besteht die größte soziale Leistung des Clusters darin, dass wir die Ängste vor dem Scheitern und

in Teilen den Ausbruch aus der wissenschaftlichen Normalität in einer hochkomplexen Organisationsstruktur besiegt haben. Das macht Lust und Zuversicht auf neue Forschung, über die 2100 zu berichten sein wird.

### Prof. Dr. Matthias Driess



Matthias Driess wurde in Eisenach geboren. Nach seiner Ausbürgerung aus der DDR erfüllte er sich seinen Studien Traum und studierte an der Universität Heidelberg Chemie und Wissenschaftsphilosophie. Er wurde 1988 mit einer Arbeit über neue Klassen von Bor-Phosphorverbindungen am Institut für Anorganische Chemie promoviert und war anschließend als Postdoktorand an der University of Wisconsin in Madison (USA) im Arbeitskreis von Robert West tätig, dem World Champion in der Siliciumchemie. Zurückgekehrt an seine Alma Mater habilitierte er sich 1993 und nahm 1996 einen Ruf auf einen Lehrstuhl für Anorganische Chemie an der Ruhr-Universität Bochum an. Seit 2004 forscht und lehrt er an der Technischen Universität Berlin. Von 2007-2018 war er Sprecher des Berliner Exzellenzclusters „Unifying Concepts in Catalysis“ –UniCat und Mitbegründer der darin integrierten Berlin International Graduate School of the Natural Sciences and Engineering (BIG-NSE); seit 2019 ist er Vizesprecher des neuen Clusters „Unifying Systems in Catalysis“-UniSysCat, der sich der Herausforderung der räumlichen und zeitlichen Kopplung von mehreren katalytischen Prozessen stellt. Mit dem Handwerk der metallorganischen Chemie versucht er, der Natur von aktiven Zentren in der homogenen, heterogenen und biologischen Katalyse auf die Spur zu kommen und neue anorganischen Materialien mit integrierten Eigenschaftsprofilen aus molekularen Vorstufen herzustellen. Er ist für eine frühe Förderung von fachübergreifendem Generalismus statt der Vermittlung von zu viel Spezialwissen im Grundstudium an den Universitäten, um besondere Begabungen von Studierenden zu wecken. Zusammen mit dem Fachbereich „Schauspiel“ an der Universität der Künste in Berlin hat er szenische Lesungen (z.B. die deutsche Erstaufführung des Stücks „Killerblumen“ von Carl Djerassi) und ein Theaterstück mit dem Arbeitstitel „Aufbruch aus der Normalität“ im Rahmen der Eröffnungsveranstaltung des Exzellenzclusters UniSysCat entwickelt. Die darstellende Kunst und Science Fiction sind für ihn wichtige emotionale Ausdrucksmittel für die Sehnsüchte von WissenschaftlerInnen.

Guillaume Leseigneur, Uwe J. Meierhenrich

## The Search for Chiral Molecules by Rosetta and ExoMars

It is widely known that functional biopolymers involved in the evolution of living organisms break chiral symmetry; proteins (enzymes) almost exclusively use monomers in the form of L-amino acids of a *fixed chirality* for their molecular architectures [1]. The ultimate origin of the chiral asymmetry of amino acids remains unknown [2]. We are actively involved in the development of space missions to investigate – besides the identification of carbon-based molecular structures – the enantioenrichment of chiral species. A wide diversity of enantiomers is targeted by these modern missions, spanning from branched hydrocarbons, alcohols, diols, and amines over sugar molecules to carboxylic and amino acids.

Recently, substantial progress has been made in the understanding of the formation of life's molecular building blocks and their chirality. Based on the identification of amino acids [3], aldehydes [4], and aldopentoses including ribose [5] in interstellar ice analogues, the original formation of organic molecules, including chiral species, via spontaneous photochemical reactions that occur in interstellar molecular clouds is experimentally understood. We are able to reproduce such conditions in laboratories.

Obtained results were confirmed by data provided by ESA's cometary Rosetta mission and its Philae Lander [6, 7]. The first data from the cometary mission Rosetta, with the COSAC and Ptolemy instruments onboard the Philae Lander, provided detailed information on the presence of cometary organics in the nucleus of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. The COSAC instrument detected 16 organic molecules from different families including alcohols, amines, and nitriles [8]. The Ptolemy instrument found a sequence of organic compounds and Wright et al. have suggested that the formation of the organic species identified was radiation-induced [9]. Both COSAC and Ptolemy instruments revealed the presence of cometary organics that were formed by chemical reactions initiated by photon-molecule interactions. In phase with these discoveries, Rosetta's ROSINA instrument detected the amino acid glycine in the cometary coma (note: nebulous envelope around the nucleus of a comet, made of the sublimating volatiles as the comet warms) [10]. The high amount and the

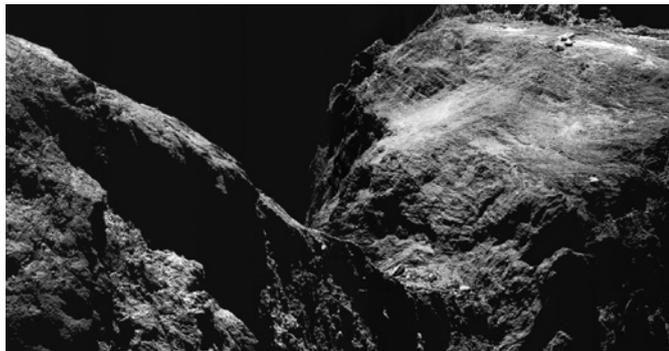
big diversity of organic molecules in a cometary nucleus has been expected due to laboratory experiments.

In anticipation of ESA's Rosetta project and in focus of its fascinating chirality device, we wanted to investigate if – and under which precise physico-chemical conditions – chiral asymmetry can be transferred from chiral but massless photons to racemic molecules. Circularly polarized light (cpl) has been shown to occur in interstellar space, in so-called interstellar star-formation regions [11]. Circular dichroism (CD) spectra of amino acids were recorded in the relevant wavelength range [12], along with anisotropy spectra providing energy-dependent maxima and minima [13, 14]. We used this knowledge to photochemically induce enantioenhancement into alanine and other amino acids [14]. Interestingly, enantiomeric excesses (ees) in the small percent range have thereby been induced into different amino acids. These data were considered important to interpret any chiral enhancement to be determined by the Rosetta mission in cometary ices.

ESA's Rosetta mission [6] was successfully launched in March 2004 and reached its target comet 67P/Churyumov-Gerasimenko (67P/C-G) in 2014. Rosetta is the first space mission designed and constructed to follow a cometary nucleus through perihelion passage and to deposit a landing unit on the cometary nucleus. In November 2014, the Philae lander detached from the Rosetta spacecraft and landed on the surface of the cometary nucleus that was of unknown morphology and chemical composition days before. Philae contains the cometary sampling and composition (COSAC) instrument that is equipped – as mentioned above – with a chirality module for the *in situ* identification, separation, and quantification of organic molecules including enantiomers expected to be present in cometary ices. The COSAC chromatographic columns vary in stationary phase, film thickness, diameter, and length; three of them can provide chiral resolution of organic molecules. The Rosetta probe has been the world's first spacecraft that contains a 'chirality-device' to resolve and to quantify enantiomers. A first design favoured a spectropolarimeter; Rosetta's flight model eventually contained enantioselective gas chromatographic phases [15, 16].

After landing on the cometary nucleus (see Figures 1 & 2) in November 2014, the COSAC instrument analyzed a cometary sample successfully in the "sniffing" mode [8] and another by using its chiral stationary phase in the GC-MS mode. We were in charge and responsible for the selection, characterization, and testing of COSAC's *chiral* stationary phases. A gas

Guillaume Leseigneur, Prof. Dr. Uwe J. Meierhenrich\*  
Institut de Chimie de Nice  
UMR 7272 CNRS  
Université Côte d'Azur  
Nice, France  
Uwe.Meierhenrich@univ-cotedazur.fr



**Fig. 1:** Image taken on 15 May 2016 by Rosetta's navigation camera. The distance to the center of the cometary nucleus of Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko was 9.9 km only. The scale at the surface is about 0.8 m/pixel and the image is about 1.5 km across. Part of the small comet lobe is visible on the right and a portion of the large lobe on the left. Image credit: ESA/Rosetta/NavCam, CC BY-SA 3.0 IGO.

chromatograph equipped with a thermo-conductivity detector (TCD) and a mass spectrometer that provided 420 mass spectra in chromatographic time intervals of 2 seconds were run on the cometary surface and the data were successfully downlinked via the Rosetta orbiter to the ESA Control Center. This data downlink happened on Friday November 14<sup>th</sup>, 2014, one hour before the primary batteries of the Philae lander ran out of power. The COSAC sample of cometary dust and ice was – due to the vertical instead of horizontal landing of Philae – of too low mass to find partial ees in chiral molecules resulting from the exposure of the cometary ices to extra-terrestrial chiral fields. We currently investigate our COSAC data together with partners from the entire COSAC team to identify organics including chiral organics in COSAC's above-described GC-MS sample.



**Fig. 2:** Comet horizon. This image shows the 'Bes' region of comet 67P/C-G as viewed by Rosetta's high-resolution camera OSIRIS on 10 February 2016. It shows the uneven, shadowed surface of the comet in detail. Particularly prominent just to the right of the center point is an upright feature surrounded by scattered depressions, rocky outcrops and debris. Image credit: ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA – CC BY SA 4.0; Acknowledgement: S Atkinson.

ESA's latest astrobiology space mission is one designed to land on Mars with a rover ready to be launched in 2022. This ExoMars (Exobiology on Mars) programme is composed of two missions: ExoMars 2016 and 2022. ESA's ExoMars 2022 rover [17], named Rosalind Franklin (Figure 3), is equipped with a chirality-investigating instrument: the so-called Mars Organic Molecule Analyzer (MOMA) [18]. MOMA combines a sophisticated gas chromatograph-mass spectrometer (GC-MS) that is able to resolve enantiomers of chiral organic species with a Laser Desorption Mass Spectrometer (LD-MS) system.

The source to be investigated will be Martian soil samples from the surface and subsurface obtained from a specifically developed drilling system, capable of collecting material up to a depth of 2 meters.

Low detection limits in the 20 ppb range for GC-MS and in the pico-mole range for LD-MS can be provided. The MOMA instrument has been designed and constructed by an international research team, the coordinators of which is Dr. Fred Goesmann at the Max Planck Institute for Solar System Research in Göttingen, Germany. The ExoMars mission with its rover will be launched in July 2022. Prior to the ExoMars Rover mission, the ExoMars Trace Gas Orbiter (TGO) and Schiaparelli, the entry, descent, and landing demonstrator, were launched on a Russian Proton rocket in March 2016, arriving at Mars in October 2016. We expect first results from the rover mission in 2023, where the detection of chiral species is envisaged [19] to understand, in more depth and with highly relevant data, the molecular origins of life [20].



**Fig. 3:** Artist's impression of the ExoMars Rosalind Franklin Rover drilling into the Martian surface. Organic molecules are likely to be very rare on Mars. If organic molecules are detected in Martian soil samples by the enantioselective MOMA-instrument, we would like to learn about their chirality by measuring potential enantiomeric excesses. The pathways of formation of eventual chiral organic molecules on Mars, biotic versus abiotic and extra-Martian versus Martian, will be deduced from the enantiomeric ratios in different families of organic molecules. Image credit: ESA/ATG medialab.

We assume today that 4.45 billion years ago, during a time-span of 200 to 300 million years, Mars' surface was covered by an ocean or at least large bodies of liquid water. According to our knowledge on the evolution of life on Earth, liquid water is a necessary condition for life to originate from non-living precursor entities and to evolve. The aim of the ExoMars mission is to identify ancient molecular traces of life, or so-called biomarkers, on Mars. Homochirality of families of chiral molecules among those biomarkers on Mars will strongly hint, by taking racemization parameters into account, to ancient forms of life on Mars. In contrast, the finding of racemic mixtures, only, will point to abiotic origins of organic molecules. This relationship explains our outstanding interest in chirality measurements on Mars. Enantioenhancements that do not reach homochirality will let us discuss and investigate further mechanisms to induce chirality, such as magneto- or photochemical forces, parity violations due to the weak nuclear interaction, or locally favoured asymmetries. From today to 2050 it is well possible that not only robotic devices such as ExoMars' Rosalind Franklin Rover will investigate Mars samples

on their chirality, but also humans that will have landed on Mars by then. Before the spread of human homochirality on Mars we aim to identify the red planet's intrinsic molecular asymmetry.

## References

- [1] Uwe J. Meierhenrich: *Amino Acids and the Asymmetry of Life*, Springer, Heidelberg, 2008.
- [2] Martin Quack: *Proceedings of the Second International Symposium on Conceptual Tools for Understanding Nature. Trieste 23–25 September 1992*, 172 – 208.
- [3] Guillermo M. Muñoz Caro, Uwe J. Meierhenrich, Willem A. Schutte, Bernard Barbier, A. Arcones Segovia, Helmut Rosenbauer, Wolfram H.-P. Thiemann, Andre Brack, J. Mayo Greenberg: *Amino acids from ultraviolet irradiation of interstellar ice analogues. Nature* 2002 **416**, 403 – 406.
- [4] Pierre de Marcellus, Cornelia Meinert, Iuliia Myrgorodska, Laurent Nahon, Thomas Buhse, Louis Le Sergeant d'Hendecourt, Uwe J. Meierhenrich: *Aldehydes and sugars from evolved precometary ice analogs: Importance of ices in astrochemical and prebiotic evolution: Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2015 **112**, 965 – 970.
- [5] Cornelia Meinert, Iuliia Myrgorodska, Pierre de Marcellus, Thomas Buhse, Laurent Nahon, Soeren V. Hoffmann, Louis d'Hendecourt, Uwe J. Meierhenrich: *Ribose and related sugars from ultraviolet irradiation of interstellar ice analogs: Science* 2016 **352**, 208 – 212.
- [6] Uwe J. Meierhenrich: *Comets and their Origin*, Wiley-VCH, Weinheim, 2015; Rita Schulz, Claudia Alexander, Hermann Boehnhardt, Karl-Heinz Glassmeier: *Rosetta, ESA's Mission to the Origin of the Solar System*, Springer, New York, 2009; Berndt Feuerbacher: *Mission Rosetta, GeraMond*, 2016; Diedrich Möhlmann, Stephan Ulamec: *Raumsonde Rosetta, Kosmos*, 2014.
- [7] Iuliia Myrgorodska, Cornelia Meinert, Zita Martins, Louis d'Hendecourt, Uwe J. Meierhenrich: *Molecular chirality in meteorites and interstellar ices, and the chirality experiment on board the ESA cometary Rosetta mission. Angew. Chem. Int. Ed.* 2015 **54**, 1402 – 1412.
- [8] Fred Goesmann et al.: *Organic compounds on comet 67P/Churyumov-Gerasimenko revealed by COSAC mass spectrometry. Science* 2015 **439**, aab0689.
- [9] Ian P. Wright, S. Sheridan, S. J. Barber, G. H. Morgan, D. J. Andrews, A. D. Morse: *CHO-bearing organic compounds at the surface of 67P/Churyumov-Gerasimenko revealed by Ptolemy. Science* 2015 **439**, aab0673.
- [10] Kathrin Altwegg et al.: *Prebiotic chemicals—amino acid and phosphorus—in the coma of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. Science Advances* 2016 **2**, e1600285.
- [11] Jeremy Bailey, Antonio Chrysostomou, J. H. Hough, T. M. Gledhill, Alan McCall, Stuart Clark François Ménard, Motohide Tamura: *Circular polarization in star-formation regions: Implications for biomolecular homochirality. Science* 1998 **281**, 672 – 674.
- [12] Uwe J. Meierhenrich, Jan Hendrik Bredehöft, Jun Takahashi, Laurent Nahon, Nykola C. Jones, Soeren V. Hoffmann: *Circular Dichroism of Amino Acids in the Vacuum-Ultraviolet Region. Angew. Chem. Int. Ed.* 2010 **49**, 7799 – 7802.
- [13] Cornelia Meinert, Jan Hendrik Bredehöft, Jean-Jacques Filippi, Yannick Baraud, Laurent Nahon, Frank Wien, Nykola C. Jones, Soeren V. Hoffmann, Uwe J. Meierhenrich: *Anisotropy Spectra of Amino Acids. Angew. Chem. Int. Ed.* 2012 **51**, 4484 – 4487.
- [14] Cornelia Meinert, Soeren V. Hoffmann, Patrick Cassam-Chenaï, Amanda C. Evans, Chaitanya Giri, Laurent Nahon, Uwe J. Meierhenrich: *Photonenergy-controlled symmetry breaking with circularly polarized light. Angew. Chem. Int. Ed.* 2014 **53**, 210 – 214.
- [15] Wolfram H.-P. Thiemann, Uwe J. Meierhenrich: *ESA Mission ROSETTA Will Probe for Chirality of Cometary Amino Acids. Origins Life Evol. Biospheres* 2001 **31**, 199 – 210.
- [16] Wolfram H.-P. Thiemann, Helmut Rosenbauer, Uwe J. Meierhenrich: *Conception of the 'Chirality-Experiment' on ESA's Mission ROSETTA to Comet 46P/Wirtanen. Adv. Space Res.* 2001 **27**, 323 – 328.
- [17] Jorge L. Vago et al.: *Habitability on Early Mars and the Search for Biosignatures with the ExoMars Rover. Astrobiology* 2017 **17**, 471 – 510.
- [18] Fred Goesmann et al.: *The Mars Organic Molecule Analyser (MOMA) Instrument: Characterization of Organic Material in Martian Sediments. Astrobiology* 2017 **17**, 655 – 685.
- [19] Guillaume Leseigneur, Adrien D. Garcia, Cornelia Meinert, Louis Le Sergeant d'Hendecourt, Uwe J. Meierhenrich: *Rosetta and ExoMars sur les traces des origines moléculaires de la vie. L'Actualité Chimique* 2020 **455**, 17 – 23.
- [20] Katharina Al-Shamery: *Moleküle aus dem All? Wiley-VCH*, 2011.



### Prof. Dr. Uwe J. Meierhenrich

Uwe Meierhenrich studied chemistry at the Philipps-University in Marburg (to the times of professors K. Dehnicke, H.-D. Försterling, R.W. Hoffmann, C. Reichardt) and the University of Bremen (W. H.-P. Thiemann). After doing postdoctoral research at the Max Planck Institute MPAe (today MPS, Göttingen; H. Rosenbauer group) in Katlenburg-Lindau and a postdoctoral fellowship at the Centre de Biophysique CBM in Orléans (A. Brack), he joined the University of Nice Sophia Antipolis in France in 2004. Professor Meierhenrich's research focuses on molecular asymmetry and chirality. This work was initiated and inspired by his supervisor and mentor Professor Wolfram H.-P. Thiemann of the University of Bremen. Meierhenrich has published over 150 papers, including articles in *Nature* and *Science*. Today, Professor Meierhenrich is Director of the Institut de Chimie de Nice (ICN) of the Université Côte d'Azur.

Erich Runge, Clara Elisabeth Runge

## Warte mal ab, was Dich Deine Kinder noch so fragen...

Ein lauer Sommerabend, August 2050

Tochter Clara besucht ihren Vater, einen pensionierten Professor für Theoretische Physik in der Seniorengemeinschaft „Thüringen Mitte, 80-90J, Haus L.“ Auf dem Balkon eines High-Raisers sitzend überblicken sie das Tal und die Neubausiedlungen. Seit dreißig Minuten geben die Produktionsanlagen verstärkt Aerosole ab, so dass ein schöner Sonnenuntergang für alle garantiert ist.

Clara, *erinnerst Du Dich noch als du gefragt hast, wie wir eigentlich ohne Handys ins Internet gekommen sind?*

Lass doch, da war ich noch sehr klein.

Warte mal ab, was Dich Deine Kinder noch so fragen...

Mmmhh, stimmt. Na ja, es geht schon los...

Als Mama neulich unserem Felix ihre Puppenküche zeigen wollte, fragte der, warum man einen ganzen Raum für einen einzigen Nahrungsmitteldrucker brauchte. Als Mama erklärt hat, dass Gemüse halt ein bisschen ist wie Blumen, nur halt zum Essen, ging das noch. Aber als du gesagt hast, dass du zerschnittene Tiere gegessen hast, fand er das total verstörend. Wir haben abends noch lange kuscheln müssen.

Ach komm, als ob Proteinfarmen sooo viel besser wären. Überall diese verbauten Strände – sowas sind doch keine Küsten mehr! Reg' Dich ab, es gibt doch noch wunderschöne Urlaubsküsten, viel natürlicher gestaltet als sie es früher waren.

„Früher“, wenn ich das nur höre...

Komm, Du bist jetzt schon über 80 und solltest das Leben einfach nur genießen. Schau mal, Du kannst jetzt einfach so Urlaub beantragen, während ich nur immer solche [sie malt Gänsefüßchen in die Luft] „Freizeitanteile“ bei meinen Dienstreisen habe, vorige Woche 6 Stunden Shanghai-Urlaub, Transfer, dann 9 Stunden Tokyo-Urlaub vor dem nächsten Meeting. Du hast selbst bei der Kampagne für weniger private Reisen mitgemacht.

War ja auch richtig. Sonst hätten wir die Klimaziele nie erreicht. Klar, aber ehrlicherweise haben die photoelektrolytische Wasserspaltung und vor allem die anschließenden Methan-Katalyse die Welt gerettet. Da haben zwei einzelne Frauen mehr bewirkt als 10 Millionen Demonstranten.

Papa! Du und Dein Selbstlob für die Physiker und Chemiker dieser Welt... Wenn wir nicht auf die Straße gegangen wären, hätte es die Global-CH<sub>4</sub> Allianz nie gegeben, und wir würden heute noch nach Erdöl bohren und Ökosysteme verseuchen.

Prof. Dr. Erich Runge  
Technische Universität Ilmenau  
erich.runge@tu-ilmenau.de

Clara Elisabeth Runge  
Haberdashers' Monmouth School for Girls, Wales  
clara.runge@habsmouth.org

Oder schlimmer, überall stünden Kernkraftwerke.

So schlimm sind Kernkraftwerke ja auch nicht. Ohne sie gäbe es den ganzen Mondbergbau nicht.

Da kann man es sich ja auch leisten, ein ganzes Bergwerk nach einem radioaktiven Unfall zu schließen und ein Schild aufzustellen: „Betreten für Menschen und Außerirdische in den nächsten 100 000 000 Jahren verboten! Unterzeichnet und datiert 11. September 2034“ Grundwasser und Atmosphäre sind dort schließlich kein Thema.

Apropos, meinst Du eigentlich, dass es Aliens gibt?

Fragst Du einen Theoretischen Physiker? Ganz sicher. Es spricht alles dafür und nichts dagegen.

Hä?

Na ja, wir sind einer von unzählig vielen Planeten in diesem Universum, es gibt massenhaft Galaxien und noch mal unzählig viel mehr Sonnensysteme. Und niemand weiß, ob es vielleicht sogar noch andere Universen gibt.

Und was meinst du, werden wir jemals welche treffen?

Ich habe mich daran gewöhnt, dass ich nie wissen werde, wie es ist, in ein Schwarzes Loch zu stürzen, obwohl wir das berechnen können. So sehe ich das mit den Aliens auch. Wir werden sie nie treffen.

Papa, das ist aber pessimistisch.

Oder optimistisch. Wer weiß, wie die drauf sind...

Apropos Zukunft: Alma hat in der Schule ein Bild malen sollen, wie sie sich die Zukunft vorstellt.

Und?

Sie hat einen Eisstand gezeichnet mit einem echten Menschen, der „das Eis so liebevoll zubereitet wie du, Mama, wie du immer das Essen aus dem Drucker auf dem Teller verteilst.“

– Es hat mich echt gefreut, dass die Kinder das würdigen.

Und dann hat sie noch einen Streichelzoo mit „echten Tieren“ gemalt. Ich habe zwar nicht gesehen, wie die sich von RoboToy-Tieren unterscheiden, aber wenn Alma das meint...

Das musst du gerade sagen: Du spielst doch noch immer Flöte, oder? Ich zitiere „Das ist was ganz anderes, mit den eigenen Händen zu musizieren als einen Bildschirm zu dirigieren. Und außerdem das Gefühl, ein edles Holz anzufassen.“

Genau! Es ist eben das eine, alles digital zu machen, aber manche Dinge sind trotzdem immer noch besser, so wie sie schon immer gemacht wurden.

Das heißt, Du engagierst Dich gegen das Gesetz zur Bekämpfung der Fortschrittsverweigerung?

Klar. Wenn das kommt...Wer keinen Universal-Controller implantiert haben möchte, darf nicht dazu gezwungen werden. Das heißt auch, dass man jedes Gerät, wenn schon nicht per Hand, aber dann zumindest mit dem Fon oder einer Bedienungseinheit kontrollieren können muss.

Stell' Dir einfach mal vor, der Staat deaktiviert einen *Universal-Controller* und Du kannst noch nicht einmal mehr Aufzug fahren. Dann sitzt Du im 30. Stock fest und bist hilflos.

*Clara, da bin ich ja ganz Deiner Meinung!*

*Du warst doch meist dabei, als wir monatelang jeden Freitag gegen die allgemeine Digi-Kennung aller Menschen auf die Straße gegangen sind.*

Ein bisschen hat es ja auch genutzt. Schließlich gibt es ja anonyme Digi-K's, die nicht nachverfolgbar sind.

*Ha ha, selbst für die Eltern nicht. Aber bald wirst DU dich fragen, wer Almas und Felix' anonyme Freunde sind. So wandern Freuden und Sorgen von Generation zu Generation weiter. ... den goldnen Ball wirft jeder lächelnd weiter, – und keiner gab den goldnen Ball zurück!*

*Oy, Papa und seine Gedichte!*

*Ist doch so. Mama und ich haben viel Zeit und Liebe in euch investiert, und ihr gebt das an eure Kinder weiter.*

*Aber wir haben doch auch Zeit für euch. Ich bin doch jetzt bei dir!*

*Klar, und ich freue mich auch. Nach so einem Tag! Wie Du diese internationalen Konferenzen aushältst: Zig Leute, die fast genauso viele Sprachen sprechen, alles mit AI-Sofortübersetzung. Und parallel dazu in drei Netzwerken gleichzeitig die Strippen ziehen, wer gleich welchen Redebeitrag bringen soll. So läuft eben Politik und Management. Wir können noch so gut sein, wenn die politischen Rahmenbedingungen nicht stimmen, kommen wir nicht zum Zug.*

*Ist logisch, wenn alle Staaten alles können, wird der Wettbewerb natürlich härter.*

Genau. Und deshalb brauchen wir alles, was Kreativität fördert, und müssen Dinge wie den *Universal-Controller* verhindern, die gleichartiges Denken fördern oder gar verlangen.

*Wenn Du „Kreativität“ sagst, meinst du Kunst oder Technologie? Papa, auch wenn ein Physiker das vielleicht nicht glauben will: Es gibt nur die eine Kreativität, die, die uns von AI unterscheidet. Wenn Alma heute malt, was sie sich denkt, kann sie morgen hoffentlich das, was sie denkt, auch in eine Formel oder einen Algorithmus gießen.*

*Apropos malen, wie läuft denn Almas Buchstaben-Malen?*

Na ja sie bekommt dauernd Einsen, weil ich ihr ja früher schon mal Schreiben beigebracht habe. Damals haben alle ihre Freunde sie ausgelacht, weil sie noch schreibt, aber jetzt ist sie diejenige mit den besten Noten und alle wollen, dass sie ihnen in Schreibkunst hilft.

Mal was Anderes, hat aber vielleicht mit Kreativität, also Individualität, zu tun: Die Kinder kommen jetzt in die Pubertät. Wie siehst Du das mit *preemptive hormone balancing*? Du hast seit Jahren eine Glatze. Sollte man das Felix nicht ersparen? Und sicherzustellen, dass er sportlich wird mit breiten Schultern, ist vielleicht auch nicht verkehrt?

*Wenn Dir das gerade jetzt einfällt, dann sicher, weil Kreativität in einer Welt voller schöner, gesunder Menschen schlechte Karten hätte.*

*Andererseits, wenn das alle machen, werden Deine Kinder Außenseiter... Manchmal bin ich froh, dass ich mich zurücklehnen kann.*

Ach, armer, alter Papa! Sooo alt... Aber im Ernst: Ihr hattet es damals auch nicht leicht. Als ich geboren wurde, gab es statt AI noch Computer. Ich erinnere mich genau: Ihr habt von Fall zu Fall kontrolliert, was ich downloaden durfte und ob ich, „online“ gehen durfte. Mir reicht es völlig, wenn die Access AI mich

ab und an in kritischen Fällen fragt, was für Alma und Felix gut ist. Wir haben uns ja dauernd gefetzt, weil ich erst kein Smartphone – man, dass man das so genannt hat, das waren doch eigentlich nur riesengroße Netzzugangschips mit Kamera und einem pix'ligen Bildschirm – , also, weil alle ein Smartphone hatten, nur ich nicht. Und dann hatte ich grad mal ´ne halbe Stunde Netzzugang.

*Das stimmt nicht, das waren eher 2 Stunden und Du hast immer nur gechattet.*

Und, hat's uns Kindern geschadet? Ich weiß doch, dass Mama und du stolz auf uns seid.

Du, Papa, das war wieder total nett mit dir. Aber jetzt muss ich wieder physical werden. Die Kleinen brauchen mich, Sie müssen jetzt ins Bett.

*Verstehe ich, und vielen Dank für Deinen Besuch. Komm bald mal wieder. Hab' Dich lieb!*

*Ich Dich auch.*

**Mit einem leichten Seufzer schaltet der alte Professor den Illu-Schirm ab und nimmt einen tiefen Schluck seines Rotwein-Getränks „Typ Bordeaux, extra fruchtig, low alc.“. Er trinkt in Maßen, denn die nächsten 20, 30 Jahre will er noch gesund erleben. Allein schon wegen Felix und Alma.**

*Tja, was DIE so fragen... Und wie die Welt wohl in 30 Jahren aussieht, wenn sie mal groß sind?*

### Prof. Dr. Erich Runge

hat an der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt studiert und wurde an der TU Darmstadt mit einer am MPI FKF in Stuttgart verfassten Arbeit promoviert. Sein Weg führte ihn über die Harvard University, die HU Berlin und das MPI PKS in Dresden an die Technische Universität Ilmenau. Dort leitet er das Fachgebiet Theoretische Physik I. Seine Forschungsschwerpunkte sind Ultraschnelle Nanooptik, Nanostrukturphysik, Computergestützte Physik, Dichtefunktionaltheorie und Photovoltaik. Er engagiert sich an seiner Universität, in der Deutschen und Europäischen Physikalischen Gesellschaft (DPG und EPS) sowie in der DFG für selbstverwaltete Wissenschaft und damit die Freiheit der Forschung.



### Clara Elisabeth Runge

ist mit 13 Jahren noch dabei ihren Weg innerhalb ihres breiten Interessensspektrums zwischen ICT, Schreiben, Sprachen und Musik zu finden. Derzeit sucht sie ihn in Haberdashers' Monmouth School for Girls in Wales.



Indraneel Sen

## Uram Smiled

Professor Dr. Ubuntu Ramanujan woke up recognizing the song of a nightingale.

He looked outside through the opto-electronic sheer curtains of his bedroom window at the moonlit sky, and smiled. The small holographic clock that popped up midair sensing him awake, displayed exactly 3:00AM. Beside him his wife Philomela was sleeping peacefully, undisturbed. She was 8 months into her pregnancy. Ubuntu marveled at her angelic beauty for a timeless minute and seamlessly turned his attention outside into the woods. The same beauty resonated there. The early summer night sky was crystal clear – the star-studded tapestry adorned by the milky way rising like a gigantic plume was no longer a spectacle to behold. It had become commonplace thanks to decade old global restrictions on artificial lights, after introduction of the now ubiquitous tunable night vision technologies. Yet, it was a very special moment for Prof. *U. Ramanujan*, a.k.a *Uram* as *christened* by his classmates during his high school years. He had long accepted the mischievous sobriquet with some comic relief, but was recently intrigued by the destined synchronicity. Today on his 40<sup>th</sup> birthday, he was about to receive the 2050 Nobel Prize in Physics for developing the Unified Random-Access Memory (URAM) in water-based organic nanocomposites, mimicking the phenomena of intuition and epiphany in human psychosomatics. However, that was not the reason for his smile.

Uram got up from the bed gingerly, slipped on his sandals, and made a fast and unique hand gesture that represented a *Deer head* in the Indian classical dance form Odissi. His smart home architecture came with the default *gesture operation protocol* (GOP) based on standard sign language, but Philomela had insisted on customizing the main gestures with the *yoga mudras* from her dance practice. Uram had obliged after his initial reluctance was swiftly obliterated by his wife at a Sunday dinner table.

A soft key note acknowledged the gesture, and the square tile below his feet softly lifted Uram up by 5 mm from the floor through a superconducting levitation, and glided him out of the bedroom into the toilet. The home recycled all the waste water and any extra supply required at the garden and orchard came

from an AI optimized combination of rain water harvesting and atmospheric moisture condensation technology. The entire electric power requirement of the house was provided by a high-repetition-rate laser lightning rod. A single induced lightning discharge from a passing cloud stored within super capacitors and distributed through superconducting micro fibers, could power the house for more than a year. The indoor air quality management recently became a thing of the past. The civil society had successfully reversed anthropogenic climate change by moving completely away from fossil fuel and mining by 2030. Artificial Photosynthesis which mimicked natural leaves led the transition to a solar hydrogen-based economy. By 2040 the entire carbon requirement for renewable synthetic materials were satisfied globally using environmental CO<sub>2</sub> and sunlight as resources.

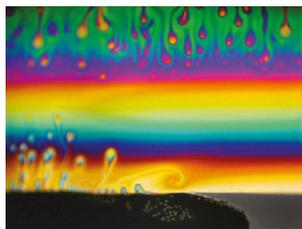
The tragic 20s had shaped Uram and Philomela into crusaders for sustainable technology. The couples' family were left homeless by a devastating wild fire that swept through the western United States in autumn of 2020 and they were hosted at a common municipal shelter where a viral pandemic took the lives of their grandparents. The couple had first met over a soap bubble magic demonstration for children organized by the local science and arts club at the shelter facility. They sat beside each other, enthralled by the show. That was when they first held their hands in excitement, and something resonated in both that would shape their lives and future careers. While Uram worked in applied physics and engineering, Philomela had her breakthrough contributions in sustainable architecture.

Uram and Philomela's day started every morning at 5:30AM. After a quick shower Uram's routine continued with an hour-long silent meditation followed by another hour of practicing on his musical instrument-the classical *Sarangī*. But today was different. His STEP (Superconducting Transport Emulation Pod) lowered him through the bathroom floor into his ground floor studio. The workspace was designed like an egg incorporating mushrooms-based building materials that doubled as sensors and reservoir computers – monitoring, light, temperature, stress, humidity, and consequently optimizing the building architecture and indoor living space. An embedded *wireless acoustic sensor network* (WASN) customized the audible and the inaudible. A large electronic window stretched across the wall facing the garden. It functioned as a scalable screen for display and was AI optimized to tune transparency for an outdoor view. The studio was equipped with self-assembled levitating office furniture. An interesting piece of furniture in the modern space was an antique Thonet Rocking Chair that originally belonged to Philomela's great grandfather. Uram sat cozily on it while his white Siamese cat Schrödinger curled up on his lap. Uram closed his eyes and relaxed into a meditative contemplation.

---

Dr. Indraneel Sen  
 Email: [indraneel.sen@kemi.uu.se](mailto:indraneel.sen@kemi.uu.se)  
 +39 3480400 305  
<https://www.linkedin.com/in/indraneel-sen/>  
 Skype: UCALLNEEL

The image of the soap film is from the University of Princeton's art gallery  
<https://www.princeton.edu/~artofsci/gallery2006/view.php%3Fid=7.html>



Vivid color patterns on a soap film.

Momentous events of the past three decades started to unfurl like a silent movie in his *minds'* eye. It appeared as a floating soap bubble with intensely bright colors that morphed into a high definition computer screen. Colors swirling in vortices, random layered flows, non-Newtonian surreal tears of an advanced extraterrestrial – a compassionate god who wept for humanity.

Frames of destruction – oil drenched dead whales washed ashore with plastic in their bellies, migratory birds falling from the sky, carpet of dead honey bees ... dissolved into a strong jawline, eyes moist and sparkling, bodies relaxed and strong like ballerinas, a group of youth on a coffee table, a CAD drawing, equations written with chalk, a business case-study, jeans and t-shirts, hiking boots, a backpack, an accordion, a bamboo flute, a guitar, and a warm hug.

Tsunamis, floods, hurricanes, massive solar flares, space based cold wars abandoned and nuclear missiles dismantled, global leaders' summit is led by the youth reclaiming their future.

Soap molecules were designed with catalysts, and soap bubbles became photocatalytic reactors converting CO<sub>2</sub> into usable solar fuel and industry feedstock. News headlines floated in: Deep sea mining, mountain top removal, fracking, mining in general near any habitat - banned.

Snippets from the agricultural revolution gushed in. A forest based ecological economy emerged within a decade. Dams were dismantled and rivers flowed clear through a symbiotic landscape. New sustainable eating habits emerged naturally, weather patterns normalized, pollution vanished from the face of the earth, violence at all levels and in all forms were abrogated voluntarily by the civil society.

POEMS were invented. Proto-Opto-Electro-Mechanical-Systems. Soap molecules made out of organic semiconductors stabilizing a soap film into an optoelectronic semipermeable membrane. They served as building blocks of a hybrid proton-electron based technology. Laser branching experiments in a soap film led to a fundamental understanding of life in living matter. Insects were simulated by the technology and highly efficient bionic sensors and devices were born out of a decade's dedicated scientific and business effort. Communication technology was revolutionized with the understanding of quorum sensing and collective behavior in birds, fish, and insects.

Room temperature superconductivity was discovered in synthetic plastic aqueous nanocomposites. Transport was revolutionized with matchbox size superconducting traction motor drives working on palm size organic solar panel and tandem supercapacitors. Public transport was transformed by superconducting levitation. Seminal discoveries in quantum gravity inspired a generation of scientific research on *Cartesian Coordinate Hopping* (CCH) in long distance vehicular transport. For urban ground transport, bicycles featuring advanced

materials and technology support, were selected unanimously throughout the globe as the preferred mode.

A pioneering WHO report disseminated a comprehensive understanding of music and noise on human wellbeing and symbiosis. An industrial revolution led to a clean noise free world. Honey bees, butterflies and humming birds returned. Sonars were banned, ships sailed with wind power – whales and dolphins returned. Nature of music changed – the youth returned to playing fields, to the oceans, to the skies, to the hiking trails, and voluntarily gave up all forms of addictions.

The global academic model and environment underwent a revolution. Science Arts and Philosophy blended seamlessly promoting an unprecedented expansion of the human mind. Technology unconditionally served health peace and awareness. Gender, age, ethnic barriers dissolved. The United Nations on the first Global Solidarity Day declared a universal anthem, building on Martin Luther King's '*I have a dream*' speech, John Lennon's '*Imagine*' and Ravindranath Tagore's Gitanjali. As billions sang in unison the anthem dissolved into a peaceful empty silence within which all that remained was a distant song of a nightingale. The intelligent WASN noise cancellation system had filtered outdoor sound and streamed it to percolate within the studio space.

With his eyes still closed, Uram smiled again. Nightingales were declared extinct in 2030.

---

*The author acknowledges the contributions of Dr. Jayabrata Sanyal in reviewing the article and providing his valuable comments.*

#### Dr. Indraneel Sen

graduated with BME from Jadavpur University Department of Mechanical Engineering in 1999 and obtained his PhD in Polymer Engineering from The University of Tennessee in 2007. Sen has worked both in academia and in industry, in multiple roles across several disciplines.

After 9 years in the USA pursuing an academic career track in engineering research, in December 2011 Sen left for his parents' home in India. For two years he traveled in India and partially recuperated from his psychosomatic trauma of what he perceived as wastefulness of inhumane proportions and destruction of the planet and civil society by a collective dysfunctional mind.



In 2013, while contemplating on a choice between a retreated monastic life or a life in civil contribution, Sen received an opportunity to start a fresh career as an experienced researcher at the Bulgarian Academy of Sciences, through a European FP7 grant. After 6 years and three academic positions (in Bulgaria, Poland, Italy) Sen was able to create a network of exceptional European scientists and engineers. His effort for two years in Europe without a job and after exhausting his financial savings, resulted in a seed stage start-up company (Wasabi Innovations), a consortium and corresponding European Grant in project SoFiA (2018) through the *Future and Emerging Technologies* platform. A second grant in project PROGENY followed in 2020.

Currently Sen manages the EU projects SoFiA and PROGENY as a part time employee from Uppsala University Sweden and from IAPP at Technical University of Dresden Germany, respectively. Sen is a guest scientist at the Department of Energy at Politecnico di Torino.

Sen is also a student of North Indian classical music and traditional Tai Chi.

Indraneel directs the startup Wasabi Innovations. It is a social entrepreneurship dedicated to developing future and emerging technologies in areas of dire social and environmental demand. The material and architecture of choice are soap films and foam. The business mission is to empower global corporate giants with sustainable tools and models.

## ZEITSCHRIFT FÜR PHYSIKALISCHE CHEMIE

### Inhalt Heft 11-12 (2020)

Mirko Scholz, Caroline Hoffmann, Johannes R. Klein, Marcel Wirtz, Gregor Jung and Kawon Oum

**Exploring Differences in Excited-State Properties of Styryl-BODIPY Chromophores upon Change from  $\alpha$ - to  $\beta$ -Substitution**

1735

Tariq Aziz, Hong Fan, Farman Ullah Khan, Roh Ullah, Fazal Haq, Mudassir Iqbal and Asmat Ullah

**Synthesis of Carboxymethyl Starch-Bio-Based Epoxy Resin and their Impact on Mechanical Properties**

1759

Sayyar Muhammad, Sofia Sanam, Hamayun Khan, Akhtar Muhammad and Sabiha Sultana

**Temperature Dependent Solubility of Benzoic Acid in Aqueous Phase and Aqueous Mixtures of Aliphatic Alcohols**

1771

Shahid Ali Khan, Shagufta Rasool, Khaliq Ur Rahman, Shah Hussain, Inamullah Khan, Muhammad Ismail, Aliya Farooq, Sarzamin Khan, Mian Ahmad Raza, Abdullah Muhammad Asiri and Sher Bahadar Khan

**A Simple but Efficient Catalytic Approach for the Degradation of Pollutants in Aqueous Media through *Cicer arietinum* Supported Ni Nanoparticles**

1789

Naeem-Ul-Haq Khan, Haq Nawaz Bhatti, Munawar Iqbal, Arif Nazir and Hiratul Ain

**Kinetic Study of Degradation of Basic Turquoise Blue X-GB and Basic Blue X-GRRL using Advanced Oxidation Process**

1803

Sambhaji S. Shendage, Vithoba L. Patil, Sharadrao A. Vanalakar, Sarita P. Patil, Jalindar L. Bhosale, Jin. H. Kim and Pramod. S. Patil

**Characterization and Gas Sensing Properties of Spin Coated WO<sub>3</sub> Thin Films**

1819

Mahmoud N. El-Haddad

**Spectroscopic, Electrochemical and Quantum Chemical Studies for Adsorption Action of Polyethylene Oxide on Copper Surface in NaCl Solution**

1835

Shashi Kant Lomesh, Vikas Nathan, Madhu Bala and Inesh Kumar

**Interactions of Drug Doxycycline Hyclate with Galactitol in Aqueous Solutions at Different Temperatures by Volumetric and Acoustic Methods**

1853

# Nernst-Haber-Bodenstein-Prize for Priv.-Doz. Dr. Stefan Knecht

Stefan Knecht has made fundamental contributions to the establishment of efficient quantum chemical methods that can be universally applied to electronic structure problems for molecules composed of elements across the periodic table. For his approach, he combined state-of-the-art, generally applicable multi-configurational methods, in particular the powerful density matrix renormalisation group (DMRG) approach, with various relativistic Hamiltonian operators to measure computationally the electronic energy of a system. He addressed, by different means and always in search of the best compromise of accuracy and feasibility, the problem of dynamic electron correlation, which is absolutely mandatory to take into account for arriving at quantitative conclusions. His papers present a solution to a complex problem, namely the development of universally applicable quantum mechanical methods for molecular physics and chemistry. He has been able to find new ways of predicting relativistic effects in spectroscopy and to contribute to a detailed, systematic understanding of the electronic structure of complex systems in the chemistry of light and heavy element compounds (especially actinide and lanthanide compounds).

Stefan Knecht is a theoretical chemist with a broad scientific interest into physical chemistry and chemical physics. He started his scientific career with the application of (relativistic) Green's function propagator approaches to study electronic and inter-Coulombic decay phenomena in small iodide clusters. During his PhD, he developed and implemented scalable algorithms for massively parallel relativistic configuration interaction and multi-configurational self-consistent-field approaches for which he received a short-term Marie Curie PhD research fellowship. He successfully employed these methodologies to predict viable pathways for a controlled preparation of (cationic) diatomic molecules in their ro-vibronic ground state within an experimental setup for ultracold reactive collisions (*J. Phys. Chem. A* **113** (2009) 12607, *J. Phys. B* **43**, (2010) 055101).

After completion of his PhD, he focused in his first postdoctoral stay on the calculation of molecular properties that are important for the interpretation of Mössbauer, rotational, and X-ray photoelectron spectra of heavy element molecular complexes resulting in publications which appeared in, among others, PCCP, Chem. Phys. Lett., and Theor. Chem. Acc. After postdoctoral time at the University of Strasbourg, he moved to the University of Southern Denmark in Odense, fully funded by an individual postdoctoral grant from the Danish research council for natural sciences. There, he took advantage of his previous knowledge on wave function based multi-configurational approaches to formulate a new, hybrid method that efficiently merges density functional theory with wave function theory (*J. Chem. Phys.* **138** (2013) 084101) to target ground- and elec-



tronically excited states of biomolecules in gas-phase as well as in solution.

After his move to ETH Zürich, where he started working on his habilitation in 2013 (and where he completed his thesis in mid-2017), Stefan Knecht turned his attention to novel wave function based multi-configurational methods. He was the first to formulate a fully relativistic, i.e., four-component first-generation DMRG approach in 2014, which he later completely reformulated and generalized in a matrix product state (MPS) ansatz (under full double group symmetry) and

applied to the prediction of molecular properties of open-shell molecules in NMR and ESR spectroscopy (*J. Chem. Theory Comput.* **14** (2018) 2353).

By establishing an elegant method to account for spin-orbit coupling effects on the basis of spin-free MPS wave functions, Stefan Knecht has opened up another domain for novel multi-configurational methods that was previously only accessible to the well-established complete-active-space (CAS) approach. Whereas a traditional CAS state interaction (SI) approach suffers in general from limited active orbital space sizes, his newly introduced MPS-SI approach overcomes this crucial limitation. It is therefore a significant breakthrough for, e.g., the description of intersystem crossing in photochemistry and ab initio molecular dynamics (*J. Chem. Theory Comput.* **12** (2016) 5881).

Moreover, Stefan Knecht works on the interplay of spin-orbit coupling and electron correlation effects. Especially actinide chemistry requires rigorous approaches to describe chemical bonding. Particularly noteworthy is in this context his clarification of the chemical bonding in the uranium dimer, which fundamentally revised the state of knowledge (*Nat. Chem.* **11** (2019) 40).

Stefan Knecht also worked on new paths at the intersection of traditional non-relativistic and relativistic ab initio quantum chemistry and density functional theory for efficiently describing electronically excited states of large organic molecules and transition metal complexes based on sophisticated hybrid approaches (*Phys. Chem. Chem. Phys.* **16** (2017) 17156). Central to this achievement are his pioneering works based on the DMRG approach, which have enabled access to active orbital spaces far beyond the limits of traditional CAS methods (*Chem. Sci.* **10** (2019) 1716).

As an outstanding and inspiring scientist, Stefan Knecht's scientific curiosity has always been driven by groundbreaking work in ab initio quantum chemistry. His methodological developments and software implementations have become integral parts of various freely available and widely-used quantum chemistry program packages, among which are the DIRAC and OPENMOLCAS software packages.

Prof. Dr. Markus Reiher

# Ewald-Wicke-Preisträger

## Dr. Georg Bieker

Herr Dr. Georg Bieker ist aktuell als Forscher am International Council on Clean Transportation in Berlin tätig. Er erhält den Ewald-Wicke-Preis für seine Arbeiten im Bereich der Lithium- und Magnesium-Schwefel-Batterien, welche sich sowohl durch Originalität in der Grundlagenforschung als auch durch ihre große Anwendungsnähe auszeichnen. Georg Bieker begann seine wissenschaftliche Karriere mit einem Chemiestudium an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster. Hier kam er intensiv mit der Forschung an elektrochemischen Energiespeichern in Kontakt und schrieb seine Masterarbeit seinem Interesse folgend am MEET Batterieforschungszentrum im Arbeitskreis von Prof. Martin Winter.



In seinen Untersuchungen zum Verhalten der Lithium-Metall-Anode beim Abscheiden und Auflösen von Lithium aus verschiedenen Elektrolyten entdeckte er essentielle, bis dahin unbekannte Zusammenhänge zwischen auftretenden Überpotentialen, Dendritenbildung und dem Aufbau einer schützenden Deckschicht. Die zugehörige Publikation in *Physical Chemistry Chemical Physics* im Jahr 2015 wurde seither viel beachtet und bis heute mehr als 250 mal zitiert.

Im Anschluss an seine Masterarbeit blieb Georg Bieker seiner Wirkungsstätte treu und begann 2016 als Doktorand seine Promotionsarbeiten ebenfalls am MEET Batterieforschungszentrum der WWU Münster. Herr Bieker beschäftigte sich in grundlegenden Studien mit neuartigen Magnesium-Schwefel-Batterien. In diesen ersetzen die günstigen und leicht verfügbaren Rohstoffe Magnesium (an der Anode) und Schwefel (an der Kathode) die Elemente Lithium, Cobalt, Nickel und Mangan, die in den bekannten Lithium-Ionen-Batterien Verwendung finden.

Bei entsprechenden Berechnungen übersteigen die theoretischen Energiedichten von Magnesium-Schwefel-Batterien sogar die theoretischen Energiedichten von aktuellen Lithium-Ionen-Batterien, allerdings weist das Lade- und Entladeverhalten große Abweichungen von der Theorie und hohe Kapazitätsverluste auf, so dass für die Praxis noch erhebliche Verbesserungen notwendig sind. Herr Bieker beschäftigte sich daher mit den Mechanismen, der Reversibilität und den Überpotentialen an beiden Elektroden. In drei Publikationen in den Jahren 2017-2019 konnte er dabei gerade auch die besondere Rolle des Elektrolyten unter Berücksichtigung beider Elektroden herausarbeiten. Mit seinen Arbeiten konnte der tatsächliche Forschungsstatus der Mg-S-Batterien richtig eingeordnet werden.

Eine weitere hervorstechende Eigenschaft von Herrn Bieker ist es, sich auch außerhalb seiner eigenen wissenschaftlichen Leistungen zu vernetzen und zu engagieren. Davon zeugen seine Forschungsaufenthalte bei Prof. Doron Aurbach an der Bar-Ilan Universität in Ramat Gan, Israel und bei Prof. Bruno Scrosati an der La Sapienza Universität in Rom, sowie gemeinsame Veröffentlichungen mit Gruppen aus den USA und Israel.

Dass er rastlos ist und viel bewegen möchte, zeigte sein Engagement für den Fachbereich Chemie und Pharmazie an der WWU. Im GDCh JungChemikerForum, dessen Sprecher er 2011-2012 war, etablierte er z.B. die mittlerweile jährlich stattfindende Verleihung des Evonik-Preises an Studierende und organisierte das internationale JCF Frühjahrs-symposium 2015. Über viele Jahre engagierte sich Herr Bieker zudem in der Hochschulgruppe von Amnesty International. Zwischen Abschluss des Masterstudiums und Beginn der Promotion hatte er Projekte zum Aufbau einer solaren Wasserdesinfektionsanlage in Tansania und zur Förderung der Solarenergie in Togo durchgeführt. Herr Bieker wurde während der Promotion durch ein Promotionsstipendium von der Heinrich Böll Stiftung gefördert und engagierte sich sowohl im Forschungscluster zur Transformationsforschung als auch als Sprecher der lokalen Initiative der Stiftung in Münster.

Während seiner Promotionszeit hatte Herr Bieker bereits die Möglichkeit, seine Ergebnisse auf einer Vielzahl an nationalen und internationalen Konferenzen erfolgreich zu präsentieren. Die neuen Erkenntnisse und die überzeugende Art der Präsentation wurden auf zwei Konferenzen jeweils mit einem Vortragspreis und einem Preis für das beste Poster ausgezeichnet.

Herr Bieker hat mit einer extrem hohen Motivation, großer Kreativität und einem sehr fundierten Verständnis der physikalischen Chemie und Elektrochemie herausragende Forschungsergebnisse erzielt. Diese wurden auch in der Benennung der Dissertation mit *summa cum laude* zum Ausdruck gebracht.

Wir freuen uns, dass nun seine Leistungen mit dem Ewald-Wicke-Preis gewürdigt werden und gratulieren herzlich zu dieser Auszeichnung.

*Prof. Dr. Martin Winter*

# Agnes-Pockels-Promotionspreis für Dr. Katharina Meyer

Sehr geehrte Damen und Herren,

Es ist mir eine Freude, die Laudatio auf die erste Preisträgerin des Agnes-Pockels-Promotionspreises am heutigen Bunsen-Tag zu halten.

Frau Katharina Meyer hat ihre Dissertation in der Arbeitsgruppe von Prof. Martin Suhm an der Georg-August-Universität Göttingen zur Schwingungsspektroskopie von Wasserstoffbrücken gebundenen Clustern aus Carbonsäuren in expandierenden Gaswolken angefertigt und im Dezember letzten Jahres verteidigt. In ihrer Arbeit konnte sie experimentell unter anderem die Fundamentalschwingungen des metastabilen *cis*-Isomers der Ameisensäure in der Gasphase bestimmen. Dies ist in verschiedener Hinsicht bedeutend. Zum einen geben diese Daten Einsicht in die Kinetik von wichtigen Reaktionen wie der Aktivierung von CO<sub>2</sub>. Insbesondere lassen sich diese Daten aber zum Benchmarking quantenchemischer Methoden nutzen, für die das Kenntnis des Grundzustandes nicht ausreicht und deren Bedeutung weit über die Spektroskopie relativ einfacher Modellsysteme hinaus geht.

Ich habe mir erlaubt, für diese Laudatio ein paar Eindrücke von Frau Meyers Doktorvater, Martin Suhm, einzuholen, die sich sehr mit den Eindrücken decken, die das Preiskomitee gewonnen hat. Frau Meyer ist Experimentatorin, zeichnet sich aber über eine starke Vernetzung ihrer Arbeit mit theoretischen Grundlagen und Methoden aus. Die Einbettung ihrer Ergebnisse in den Kontext der aktuellen Forschung in der Spektroskopie und Quantenchemie gelingt ihr mit ausgesprochenem, di-



daktischem Geschick. Die Begeisterung, mit der sie ihr sehr grundlegendes Forschungsgebiet greifbar und nachvollziehbar bei dem Auswahlkolloquium für den Agnes-Pockels-Preis, aber auch in den drei aus ihrer Promotion hervorgegangenen Publikationen, präsentiert hat, macht sie zu einer ausgezeichneten Kommunikatorin für das Fach Physikalische Chemie.

Für einen etwas persönlicheren Eindruck muss ich mich auf die Worte von Martin Suhm verlassen, der Frau Meyer durch eine „ausgeprägte, produktive Ungeduld“ im positivsten Sinne beschreibt. Frau Meyer sucht sich nicht die niedrig hängenden Früchte aus, packt Dinge an, und zeichnet sich dabei durch eine ausgesprochene Kollegialität aus. Für ihre Zukunft hat sie ein DFG-Forschungsstipendium in der Tasche, welches sie in Madison/Wisconsin in den USA durchführen möchte. Wie die meisten von uns wird sie nun durch die Covid-19-Pandemie in ihren Plänen ausgebremst. Doch statt sich ausbremsen zu lassen, krempelt sie die Ärmel hoch und baut bereits ein neues Experiment, um diese Lücke zu füllen.

Dabei und für ihre Zukunft wünsche ich im Namen von yPC und der Deutschen Bunsen-Gesellschaft Frau Meyer viel Erfolg. Auch Glück, aber in den Worten von Martin Suhm lässt sie es darauf allein nicht ankommen, sondern überzeugt durch ihre fachlichen Leistungen. Ich bin mir sicher, dass wir auch in Zukunft wieder von Katharina Meyer hören werden!

*Dr. Klaus Boldt*

# Laudatio zur Verleihung der Walther-Nernst-Denkmünze an Prof. Dr. Katharina Kohse-Höinghaus

Die Walther Nernst-Denkmünze wird an Persönlichkeiten verliehen, welche die Ziele der angewandten physikalischen Chemie in hervorragender Weise gefördert haben. Ich habe keine Zweifel, dass dies auf Katharina Kohse-Höinghaus in besonderer Weise zutrifft.

Katharina Kohse-Höinghaus hat nach dem Studium und der Promotion an der Ruhr-Universität Bochum für eine Zeit von ca. 10 Jahren als Gruppenleiterin am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt gearbeitet. Sie habilitierte sich an der Universität Stuttgart und wurde 1992 an die Universität Bielefeld berufen, der sie dann immer treu geblieben ist – trotz reizvoller Abwerbeversuche.

Sie hat sich während ihrer bisherigen wissenschaftlichen Karriere von einer Spezialistin für spektroskopische Untersuchungen von Molekülen in der Gasphase zu einer international höchst renommierten Expertin für die Diagnostik von Verbrennungsvorgängen und die Analyse reagierender chemischer Systeme *in situ* entwickelt. Katharina Kohse-Höinghaus ist bekannt für die detaillierte Untersuchung von Verbrennungsvorgängen mittels Laserspektroskopie und Massenspektrometrie. Die Strukturbildung fester Stoffe und die Präparation von Materialien aus der Gasphase gehört mit zu den langjährigen Interessen, ebenso wie ganz grundsätzlich die Analyse chemischer Reaktionssysteme in der Gasphase. Wie immer hilft ein Blick in ihre wissenschaftlichen Veröffentlichungen, um das umfangreiche und tiefgreifende Schaffen besser würdigen zu können. In einer Ihrer jüngsten Veröffentlichungen – einem Übersichtsartikel mit dem programmatischen Titel „*Combustion in the future: The importance of chemistry*“ – drückt Katharina Kohse-Höinghaus selbst aus, was ihre wissenschaftliche Arbeit auszeichnet: „*A systematic understanding of the combustion behavior thus demands chemical knowledge*“ und „*Combining theory, experiment, model development, simulation, and a systematic analysis of uncertainties enables qualitative or even quantitative predictions for many combustion situations of practical relevance*“. Besser kann man nicht zusammenfassen, was die Begründung für die Auszeichnung mit der Walther-Nernst-Denkmünze ist. Es ist die Brücke zwischen hochwertigen grundlegenden Arbeiten und drängenden Fragen der industriellen Anwendung, die Katharina Kohse-Höinghaus mutig und erfolgreich gebaut hat.

Es zeichnet Katharina Kohse-Höinghaus zudem aus, dass sie es neben ihrer wissenschaftlichen Arbeit geschafft hat, zahlreiche Aufgaben in der Wissenschaftsorganisation wahrzunehmen. Ich will nur stellvertretend ihre zeitweiligen Rollen als Präsidentin des *International Combustion Institutes*, als Mitglied des Wissenschaftsrats, des Senats der Hermann von Helmholtz-



Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren, des Senats und Hauptausschusses der Deutschen Forschungsgemeinschaft und als Mitglied im Kuratorium der Volkswagen-Stiftung erwähnen. Der Rat von Katharina Kohse-Höinghaus ist gefragt!

Zu guter Letzt sei nicht vergessen, dass Katharina Kohse-Höinghaus auch mit der Deutschen Bunsen-Gesellschaft immer auf das Engste verbunden war. Dies wird sicher am deutlichsten in Ihrer Tätigkeit als 1. Vorsitzende der Bunsen-Gesellschaft in den Jahren 2007 und 2008. Katharina Kohse-Höinghaus hat mitgeholfen, die Bunsen-Gesellschaft und die Bunsen-Tagungen zu modernisieren und weiterzuentwickeln. Ich bin ihr sehr dankbar für diese Arbeit, die für die Bunsen-Gesellschaft sehr wichtig und wirksam war.

Liebe Katharina, ich freue mich wirklich sehr, Dir heute die Walther-Nernst-Denkmünze überreichen zu dürfen. Ich kann mir keine würdigere Preisträgerin vorstellen. Ich verlese den Text der Urkunde: „*Die Deutsche Bunsen-Gesellschaft für physikalische Chemie verleiht Prof. Dr. Katharina Kohse-Höinghaus die Walther-Nernst-Denkmünze 2020. Die Verleihung erfolgt in Würdigung ihrer vielfältigen und fruchtbaren Untersuchungen zur Diagnostik von Verbrennungsvorgängen mittels Laserspektroskopie und Massenspektrometrie*“.

Prof. Dr. Jürgen Janek

# Laudatio zur Verleihung der Bunsen-Denk-münze an Prof. Dr. Dr. h.c. Joachim Sauer



Foto: Georg Heyne, Fritz Haber-Institut Berlin

Die Bunsen-Denk Münze wurde 1907 von Henry von Böttinger zum Andenken an Robert Wilhelm Bunsen gestiftet und ist damit neben der Ehrenmitgliedschaft die Ehrung mit der längsten Tradition in der Deutschen Bunsen-Gesellschaft für physikalische Chemie, mit einer langen Liste herausragender Preisträger. Im Jahre 2020 wird sie an Joachim Sauer verliehen für seine grundlegenden Arbeiten zur Theorie der chemischen Reaktivität an Katalysatoren sowie zu Adsorptionsphänomenen an Zeolithen und zur Speicherung von Gasen in Adsorptionsmaterialien. Joachim Sauer vertritt hiermit ein Kerngebiet der Physikalischen Chemie, und ich wüsste keine würdigere Person als ihn für diese Ehrung. In den wenigen Minuten, die mir das Programm dieses außergewöhnlichen ‚Bunsentages‘ 2020 für die Laudatio zugesteht will ich die Zusammenfassung meiner Begründung hierfür in wenigen Sätzen vorwegnehmen: Joachim Sauer kann ohne Einschränkung als der weltweit bedeutendste Quantenchemiker auf dem Gebiet der Zeolithe und der heterogen-katalytischen Prozesse in diesen und ähnlichen Materialien bezeichnet werden. Bemerkenswert ist auch seine Fähigkeit, seine fundamentalen quantenchemischen Beiträge im Dialog und Austausch mit Experimentatoren nutzbar zu machen. Er ist ein bedeutender Wissenschaftler von höchstem Rang und hohen menschlichen und akademischen Qualitäten. Als international herausragender theoretischer Chemiker und Katalysatorforscher ist er auch der Bunsen-Gesellschaft in

besonderer Weise verbunden. Er hat ihr in den Jahren 2015 und 2016 als Erster Vorsitzender gedient und vertritt unsere Gesellschaft immer noch nachdrücklich und kompetent als Mitglied des ‚Ownership Boards‘ von PCCP (Physical Chemistry Chemical Physics), wo er sich durch seinen Einsatz auszeichnet, für höchste wissenschaftliche Qualität und für die Weiterentwicklung dieser für die Bunsen-Gesellschaft, für die europäische Wissenschaft wie auch für die Physikalische Chemie weltweit wichtigen Zeitschrift.

Der außergewöhnliche Werdegang von Joachim Sauer ist eng verbunden mit der neueren deutschen Geschichte in drei Phasen: Eine erste von 40 Jahren, die er unter den Zwängen der kommunistischen Diktatur in der DDR erleben musste, eine zweite, kurze Phase von einem Jahr nach dem Gewinn der Freiheit durch den Mauerfall im November 1989 und die dritte Phase von 30 Jahren seit Oktober 1990 im wiedervereinigten Deutschland.

Joachim Sauer wurde am 19. April 1949 im brandenburgischen Hosena in der Lausitz geboren. Er begann 1967 mit dem Chemiestudium an der Humboldt Universität zu Berlin, das er schon 1974 mit der Promotion summa cum laude zum Dr. rer. nat. abschloss mit einer Arbeit über ‚Konsequenzen des Koopmannschen Theorems in den Restricted Hartree Fock Methoden für open shell Systeme‘. Bis 1976 war er wissenschaftlicher Assistent an der Humboldt Universität und von 1977 bis zur Wiedervereinigung arbeitete er am Zentralinstitut für Physikalische Chemie der Akademie der Wissenschaften der DDR, zunächst als wissenschaftlicher Assistent, später als Arbeitsgruppenleiter und schließlich als Abteilungsleiter. In diese Zeit fallen auch mehrere Forschungsaufenthalte an der Universität Torun in Polen und bei Rudolf Zahradnik am Heyrovsky Institut in Prag. Joachim Sauer befasste sich zunehmend mit quantenchemischen Untersuchungen von aktiven Zentren und Adsorptionsphänomenen an Zeolithen und allgemein Siliziumdioxidoberflächen. Er habilitierte sich mit diesen Arbeiten zum Dr. sc. nat. 1985. Schon 1982 wurde er mit dem Friedrich Wöhler Preis der Chemischen Gesellschaft der DDR ausgezeichnet. Joachim Sauer gehörte in dieser politisch und materiell schwierigen Zeit zur Minderheit aktiver und international sichtbarer Wissenschaftler, die nicht SED Mitglied waren, was ihm manche Nachteile eintrug. Er hat es mit seinem offenen Charakter verstanden, die noch bestehenden Freiräume in den Naturwissenschaften zu nutzen und seine geistige Unabhängigkeit zu wahren. Er hat diese Phase seines Lebens selbst einmal so beschrieben: ‚Die Kunst war, morgens noch in den Spiegel schauen zu können‘. Er ist mir schon in dieser Zeit persönlich bekannt geworden und als herausragender junger Wissenschaftler in der DDR aufgefallen. Sein Artikel über molekulare Modelle in quantenchemischen Studien von Festkör-

pern und deren Oberflächen, den er 1989 in Chemical Reviews veröffentlichte, gehört zu den wichtigsten Werken zum Thema und den wahren Perlen auf dem Gesamtgebiet.

So ist es nicht überraschend, dass er nach der Wiedervereinigung als einer der ersten Chemiker aus den neuen Bundesländern 1991 mit dem Dozentenstipendium des Fonds der chemischen Industrie ausgezeichnet wurde, und er war nach meiner Erinnerung auch der erste aus den neuen Bundesländern, der 1992 ins Physikalisch Chemische Kolloquium der ETH Zürich eingeladen wurde. Joachim Sauer war für ein Jahr bei Biosym Technologies (später Molecular Simulation Inc. und Accelerlys) in San Diego USA als technischer Direktor für Katalyse und anschließend noch bis 2002 als Berater dort, neben seiner Tätigkeit in Berlin. Von 1992 bis 1996 leitete er die Arbeitsgruppe ‚Quantenchemie‘ der Max-Planck-Gesellschaft in Berlin und seit 1993 ist er C4 Professor für Physikalische und Theoretische Chemie an der Humboldt Universität. Er hat in den vergangenen drei Jahrzehnten der Freiheit mit internationaler Vernetzung und Ausstrahlung das wichtige Gebiet der Theorie der Struktur, Eigenschaften und katalytischen Funktionen von Festkörpern maßgeblich geprägt. Die Merkmale seiner Forschung sind stets höchste Qualität und grundlegende Bedeutung, zwei Eigenschaften, die bei den komplexen Fragestellungen in der quantenchemischen Untersuchung heterogen-katalytischer Prozesse besonders schwer zu erreichen sind. Joachim Sauer ist es in beeindruckender Weise gelungen, auf diesem schwierigen Gebiet viele richtungsweisende Beiträge zu leisten.

Für sein wissenschaftliches Werk von rund 400 Publikationen wurde er vielfach ausgezeichnet. Neben den schon erwähnten frühen Ehrungen will ich hier nur noch den Chemiepreis der Göttinger Akademie der Wissenschaften (1991), die Ehrenmitgliedschaft in der Chemischen Gesellschaft Israels und die Kolos Medaille aus Polen (2009), die Liebig Denkmünze der GDCh (2010) und die Schrödinger Medaille der WATOC (2019,

World Association for Theoretically Oriented Chemists) erwähnen. Er hat das Ehrendoktorat des University College London (DSc 2013), und den Dr. h.c. (2018) der Brandenburgisch Technischen Universität Cottbus erhalten und ist gewähltes Mitglied der Berlin Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften (BBAW, seit 1995), der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina (seit 2007), der Academia Europaea (seit 2009) sowie ‚Foreign Member‘ der Royal Society London (seit 2018).

Joachim Sauer hat der wissenschaftlichen Gemeinschaft auch in vielfältiger Weise gedient, neben dem schon erwähnten Amt als 1. Vorsitzender der DBG war er auch Sekretar und Mitglied des Rates der BBAW, und Mitglied in den Kommissionen des Fonds der chemischen Industrie, der Minerva Stiftung, der DFG, des ERC und des Dioscuri Zentrums der MPG. Gemeinsam mit weiteren Wissenschaftlern aus den Berliner Universitäten und Forschungseinrichtungen hat er 1999 den Sonderforschungsbereich SFB 546 ‚Struktur, Dynamik und Reaktivität von Übergangsmetalloxid – Aggregaten‘ gegründet, dessen Sprecher er von Beginn an war. Er gehörte zu den Gründungsmitgliedern des Exzellenzclusters UniCat (Unifying Concepts in Catalysis) und war Mittragsteller und Vizesprecher des neu eingerichteten SFB 1109 ‚Molekulare Einblicke in Metalloxid/Wasser Systeme: Strukturelle Evolution, Grenzflächen und Auflösung‘.

Joachim Sauer ist als Forscher, akademischer Lehrer und durch seinen guten Bürgersinn, persönliche Integrität und Verantwortungsbewusstsein in der Wissenschaft und auch als Mitglied der Bunsenfamilie ein herausragendes Vorbild.

Lieber Joachim, wir gratulieren Dir von Herzen zu dieser hohen und hochverdienten Ehrung mit der Bunsen-Denkmünze 2020.

*Prof. Dr. Dr. h.c. Martin Quack*

### Schriftleitung des Bunsen-Magazins: Abschied und Willkommen

Ab Oktober 2020 übernahm Prof. Dr. Katharina Al-Shamery die Schriftleitung. Das erste Heft unter der neuen Regie halten Sie gerade in Ihren Händen. Frau Al-Shamery ist in mehreren wissenschaftlichen Fachgesellschaften aktiv. Der Vorstand freut sich auf ihre Ideen zur Gestaltung des Bunsen-Magazins.

Katharina Al-Shamery folgt Prof. Dr. Bernhard Dick. Herr Dick brachte seine Expertise und seine Kreativität seit 2015 beim Bunsen-Magazin ein. Mit viel Geduld, der nötigen Beharrlichkeit und seiner rheinischen Frohnatur gelang es ihm in den vergangenen fünf Jahren immer wieder, hervorragende Wissenschaftler\*innen als Autoren für Fachbeiträge zu gewinnen und so den qualitativen Anspruch des Bunsen-Magazins sicherzustellen. Für seine Leistungen und sein Engagement danken ihm sehr herzlich der Vorstand und der Ständige Ausschuss der DBG, das Redaktionsteam sowie die DBG-Geschäftsstelle und wünschen alles Gute und viel Erfolg für seinen persönlichen Weg.



**Prof. Dr. Katharina Al-Shamery**  
© Carl von Ossietzky  
Universität Oldenburg



**Prof. Dr. Bernhard Dick**  
© Carina Allacher

### Ehrungen

**Melanie Schnell**, Prof. Dr., DESY, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel und Mitglied des Ständigen Ausschusses der DBG wurde für ihre wegweisenden Arbeiten zur molekularen Mikrowellen-Spektroskopie sowie für ihre Führungsrolle bei der Einrichtung des Center for Molecular Water Science bei DESY mit dem Bjørn H. Wiik-Preis ausgezeichnet. Damit werden herausragende Beiträge zu Entwicklungen beim Deutschen Elektronen-Synchrotron DESY gewürdigt.

### Geburtstage im Januar 2021

Arnold Neumann, Dr.

Ralf Ludwig, Prof. Dr.

Michael Springborg, Prof. Dr.

Ralf Stannarius, Prof. Dr.

Michael Schindler, Prof. Dr.

Jürgen Gmehling, Prof. Dr.

Dietmar Frenzel, Dr.

### Geburtstage im Februar 2021

Per Jensen, Prof. Ph.D.,

Rolf Hempelmann, Prof. Dr.

Helmut Schacke, Dr.

Wolfgang Kiefer, Prof. Dr. Dr. E. h.

Gerhard Herzog, Dr.

### Geburtstage im März 2021

Hans Ebeling, Dr.

Hellmut Eckert, Prof. Dr.

Hans-Joachim Freund, Prof. Dr.

Jens Frahm, Prof. Dr.

Heiner J. Gores, Prof. Dr.

Peter Schuster, Prof. Dr.

Das Bunsen-Magazin dokumentiert Geburtstage der DBG-Mitglieder in Fünfjahresschritten – beginnend mit dem 60. Geburtstag. Mitglieder, die keine Veröffentlichung ihres Geburtstags wünschen, teilen dies bitte der DBG-Geschäftsstelle mit: [geschaeftsstelle@bunsen.de](mailto:geschaeftsstelle@bunsen.de).

### Neuanmeldungen zur Mitgliedschaft

Karlo Nolkemper  
PD Dr. Jan Hendrik Bredehöft  
Jonas Schmidt

### Verstorben

Prof. Dr. Hans-Albert Brune  
im Alter von 98 Jahren

### DBG-Veranstaltungen Bunsen-Kolloquium

Bridging the Gap between Molecular and Ionic Liquids: Structure, Dynamics, Thermodynamics  
15. Januar 2021, Universität Rostock  
[www.bk-rostock-2021.de](http://www.bk-rostock-2021.de)

### Bunsen-Tagung 2021

virtuell & neuer Termin: 10.-12. Mai 2021  
Frist Last Minute Posters: 30. März 2021  
[www.bunsentagung.de](http://www.bunsentagung.de)

### Weitere Veranstaltungen Workshop on Theoretical Chemistry

Exploring Chemical Space  
23.-26. Februar 2021  
<https://www.tugraz.at/institutes/ptc/conferences/wtc-mariapfarr/>

### International Conference on Resource Chemistry

08. - 09. März, Darmstadt  
<https://www.iwks.fraunhofer.de/en/Events/events2021/icrc.html>

### WissKon 2021

Die NaWik-Konferenz für kommunizierende Wissenschaftler\*innen  
Einreichungen bis zum 01. Februar  
06. - 07. Mai, Karlsruhe, Hybridveranstaltung  
<https://www.nawik.de/blog/wisskon-call-2021/>

### ECC8 – 8th EuChemS Chemistry Congress

Chemistry the Central Science  
28. August 2022, Lissabon  
<https://euchems2022.eu/>

### Information

Den Vorstandsbericht 2019 sowie das Protokoll zur Mitgliederversammlung 2020 erhalten DBG-Mitglieder im geschützten Mitgliederbereich auf [www.bunsen.de](http://www.bunsen.de).

## Ausschreibungen

### Sigrid Peyerimhoff-Promotionspreis

Der Preis wird gemäß den Richtlinien für hervorragende wissenschaftliche Leistungen aus dem Gesamtbereich der Theoretischen Chemie an jüngere Nachwuchswissenschaftler\*innen verliehen, die ihre Doktorarbeit an einer Einrichtung in Deutschland, Österreich oder der Schweiz im Kalenderjahr (1. Januar - 31. Dezember) vor dem Stichtag der Nominierung (1. Februar) verteidigt haben. Die Jury besteht aus den Ausschussmitgliedern des Hans G.A. Hellmann-Preises für Theoretische Chemie. Bitte reichen Sie die Unterlagen in deutscher oder englischer Sprache bei der/dem Vorsitzende/-n der Arbeitsgemeinschaft für Theoretische Chemie bis zum **1. Februar 2021** ein.

Details und Kontaktdaten finden Sie auf: <http://www.theochem.de/agtc.peyerimhoff.html>

### Hofmann-Stipendien 2021

Die bei der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) eingerichtete August-Wilhelm-von-Hofmann-Stiftung vergibt zum Sommersemester 2021 erneut Stipendien. Bachelor-, Diplom oder Examensstudierende der Chemie und angrenzender Gebiete können ab April 2021 ein Stipendium in Höhe von 300 Euro pro Monat mit einer Laufzeit von 18 beziehungsweise zwölf Monaten erhalten. Bewerbungen müssen bis zum **1. Februar 2021** eingereicht werden. Weitere Informationen auf <https://www.gdch.de/gdch/stiftungen/hofmann-stiftung.html>.

## Verschiedenes

### Nationale Forschungsdateninfrastruktur

Bund und alle Länder haben als Gründungsmitglieder am 12. Oktober 2020 in Hannover den Verein Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) e.V. gegründet. Der Zweck des Vereins mit Sitz in Karlsruhe ist die Etablierung und Fortentwicklung des Forschungsdatenmanagements und somit die Effizienzsteigerung des deutschen Wissenschaftssystems. Die Struktur der Vereinsorgane und deren Kompetenzverteilung verfolgen einen wissenschaftsgeleiteten Ansatz. Die inhaltlich-strategische Steuerung der NFDI und die Umsetzung der inhaltlich-technischen Grundsätze obliegen somit Vereinsorganen, die überwiegend oder ausschließlich mit wissenschaftlichen Mitgliedern besetzt sind. Weitere Informationen unter [www.nfdi.de](http://www.nfdi.de).



Die Deutsche Bunsen-Gesellschaft für physikalische Chemie e.V. vergibt im Jahr 2021 zum zweiten Mal den

## Agnes-Pockels-Promotionspreis

im Andenken an Agnes Pockels und zur Förderung junger Wissenschaftler\*innen auf dem Gebiet der Physikalischen Chemie.

Aus den schriftlichen Eigenbewerbungen wählt das DBG-Preiskomitee vier Kandidat\*innen, die auf der Bunsen-Tagung ihre Arbeit mit einem Vortrag vorstellen. Der/Die Preisträger\*in wird anschließend durch das DBG-Preiskomitee bestimmt und der Preis im Rahmen der Abschlussveranstaltung verliehen.

Der Preis wird an Promovierende ab dem dritten Promotionsjahr und an Promovierte bis ein Jahr nach der Promotion vergeben, die eine herausragende Arbeit im Bereich der physikalischen Chemie nachweisen können. Er ist mit 1000 € dotiert. Geeignete Kandidat\*innen werden in Bezug auf die wissenschaftliche Qualität und Originalität ihrer Arbeit beurteilt. Die Kandidat\*innen sollten aus einer deutschsprachigen Region in Europa kommen oder dort zum Zeitpunkt der Bewerbung arbeiten.

Bewerbungen für den Agnes-Pockels-Promotionspreis sollen in folgender Form eingereicht werden:

- Zusammenfassung der auszuzeichnenden Arbeit (Eigenbewerbung, max. 2 Seiten)
- Zwei Empfehlungsschreiben von erfahrenen Wissenschaftler\*innen (z. B. durch Betreuer\*in der Promotion) mit prägnanter Begründung für die Preiswürdigkeit (jeweils max. 2 Seiten)
- Lebenslauf des/der Kandidat\*in (max. 2 Seiten)

Die Unterlagen können in deutscher oder englischer Sprache eingereicht werden. Bitte richten Sie Ihre Bewerbung **bis zum 10. Januar 2021** an die Deutsche Bunsen-Gesellschaft für physikalische Chemie e.V., Dr. Elisabeth Kapatsina, [geschaeftsstelle@bunsen.de](mailto:geschaeftsstelle@bunsen.de).

# Einsatz für Chancengleichheit würdigen

Chancengleichheit steht für das Recht, sich selbst verwirklichen zu können, ohne aufgrund seines Geschlechts oder seines Alters, seiner kulturellen oder religiösen Zugehörigkeit, seiner sozialen Herkunft oder einer Behinderung diskriminiert zu werden. Sie bildet die Grundlage für eine vielfältige und inklusive Gesellschaft, in der alle Menschen sich ihren Interessen und Fähigkeiten entsprechend einbringen können. „Ohne Chancengleichheit keine Vielfalt und ohne Vielfalt keine Inklusion!“, unterstreicht Dr. Hildegard Nimmesgern, Vorsitzende der GDCh-Kommission für Chancengleichheit in der Chemie. Auf den ersten Blick erscheint dies selbstverständlich, doch tatsächlich entscheiden die oben genannten Faktoren noch immer viel zu oft über Bildungs- und Berufschancen. Zudem sehen sich viele Menschen im Alltag immer wieder mit Hürden konfrontiert – seien es nicht-barrierefreie Internetseiten, die sich Menschen mit einer Sehschwäche nicht vorlesen lassen können, oder Treppenstufen vor Hauseingängen, die älteren und körperlich beeinträchtigten Menschen z.B. die Teilnahme an Veranstaltungen erschweren.

Für die Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) hat Chancengleichheit seit jeher einen hohen Stellenwert. GDCh-Präsident Prof. Peter R. Schreiner sagt: „Es kann einfach nicht sein, dass Menschen nicht die Chance dazu erhalten, ihre Talente zu verwirklichen. Nicht in der Gesellschaft, in der wir leben, die sich für die erste Welt und fortschrittlich hält.“ So verpflichtet die GDCh sich und ihre Mitglieder in ihrem Verhaltenskodex dazu, für Freiheit, Toleranz und Wahrhaftigkeit einzustehen und die Chancengleichheit innerhalb der Chemie voranzutreiben.

Im März 2000 richtete die GDCh den Arbeitskreis Chancengleichheit in der Chemie (AKCC) ein. Die Zielsetzungen des Arbeitskreises lagen zuvörderst in der frühzeitigen Förderung von Mädchen mit einem ausgeprägten Interesse an der Chemie und der Stärkung von bereits beruflich in der Chemie tätigen Frauen auf allen Ebenen, z.B. im Hinblick auf eine bessere Vereinbarkeit von Beruf und Familie. Um dem stetig wachsenden Stellenwert und der Notwendigkeit für mehr Einsatz für die Chancengleichheit angemessen Rechnung zu tragen, richtete der GDCh-Vorstand im Jahr 2016 die Kommission Chancengleichheit in der Chemie ein, die den Arbeitskreis ablöste. Die Kommission setzt sich aus acht Mitgliedern zusammen, die durch den GDCh-Vorstand für jeweils vier Jahre berufen werden. Neben dem Geschäftsführer der GDCh entstammt stets ein Kommissionsmitglied dem GDCh-Vorstand, und auch das Jung-ChemikerForum darf ein Mitglied stellen. Zu den ersten Aktivitäten der Kommission gehörte die Entwicklung des GDCh-Leitbilds für Chancengleichheit in der Chemie, das der GDCh-Vorstand im Jahr 2018 verabschiedete. Das Leitbild hebt die Wertevorstellungen der GDCh hervor: „Chemikerinnen und Chemiker repräsentieren eine Vielfalt an Menschen aus verschiedenen Kulturen, mit unterschiedlichem Hintergrund und unterschiedlichen Diversitätsmerkmalen sowie Erfahrungen. Die GDCh ist bestrebt, chancengerecht, respektvoll und einbeziehend gegenüber ihrer vielfältigen Gemeinschaft zu handeln und ist entschlossen, jeglicher Form von Diskriminierung entgegen zu

wirken. [...] Sie sieht sich in der Verantwortung, die Fähigkeit zur Einbeziehung und Zugänglichkeit zu stärken, um die Vielfalt zu verbessern.“ Der vollständige Text kann unter [www.gdch.de/chancengleichheit](http://www.gdch.de/chancengleichheit) abgerufen werden. Die weiteren Aktivitäten der GDCh rund um Chancengleichheit und Diversität in der Chemie sind unter [www.gdch.de/diversity](http://www.gdch.de/diversity) zusammengefasst.

Im letzten Jahr hat die Kommission die Einführung des Hildegard-Hamm-Brücher-Preises für Chancengleichheit in der Chemie angeregt. Die Auszeichnung, die im November erstmals ausgeschrieben wurde, ist dotiert mit 7500 Euro. Dr. Hildegard Nimmesgern über die Benennung des Preises: „Wir haben zuerst unter den Pionierinnen der Chemie geschaut. Diese waren zwar beruflich erfolgreich, aber über ihr gesellschaftspolitisches Engagement ist nichts oder kaum etwas bekannt. Und wir wollten ja eine Chemikerin, so sind wir auf Hildegard Hamm-Brücher gekommen. Sie zeigt eine spannende Biografie.“



Hildegard Hamm-Brücher  
(© Bundesarchiv, B 145  
Bild-F049586-0029 /  
Gräfinholt, Detlef /  
CC-BY-SA 3.0)

Hildegard Hamm-Brücher (1921-2016) war Chemikerin und wurde 1945 bei Nobelpreisträger Professor Heinrich Wieland in München promoviert. Nach Kriegsende wurde sie Wissenschaftsredakteurin bei der Neuen Zeitung. Dort traf sie mit Theodor Heuss, ihrem politischen Mentor, und vielen anderen demokratisch Gesinnten zusammen. Hildegard Hamm-Brücher galt als „Grande Dame“ der deutschen Nachkriegspolitik. Sie stand nicht nur für Freiheit und Demokratie, sondern auch für ein konsequent wertebasiertes Handeln. Unermüdlich kämpfte sie gegen Missstände an. Sie setzte sich u.a. für ein besseres Bildungssystem

ein und ermutigte Frauen, sich mehr zu engagieren. Im Jahr 1994 wurde sie als erste Frau für die Bundespräsidentenwahl nominiert. Neben ihren öffentlichen Ämtern zeigte sie großes gesellschaftliches Engagement und erhielt zahlreiche Ehrungen.

Die GDCh setzt mit dem Hildegard-Hamm-Brücher-Preis für Chancengleichheit in der Chemie ein sichtbares Zeichen und würdigt vorbildhafte Leistungen zur Schaffung von mehr Chancengleichheit. Für die Auszeichnung können Einzelpersonen, Teams, Gruppen und Organisationen vorgeschlagen werden, die sich mit innovativen Projekten für Chancengleichheit einsetzen oder eingesetzt haben. Preiswürdige Projekte sollten sich auf die im GDCh-Leitbild für Chancengleichheit in der Chemie definierten Dimensionen beziehen. Projektfelder könnten unter anderem sein: die Aufklärung und Maßnahmen gegen Diskriminierung, die Förderung einer Kultur der Vielfalt oder die Beseitigung von Hindernissen, um Minderheiten Zugang zu Ausbildung und eine Karriere in der Chemie zu ermöglichen.

Die Ausschreibung läuft bis zum 28. Februar 2021. Weitere Informationen dazu sind unter [www.gdch.de/hhb-preis](http://www.gdch.de/hhb-preis) zu finden.



Deutsche Bunsen-Gesellschaft  
für physikalische Chemie

## Einladung zur DBG-Mitgliederversammlung

Gemäß § 10 der DBG-Satzung berufe ich hiermit die diesjährige Mitgliederversammlung  
unserer Gesellschaft für

**Montag, 10. Mai 2021, 14.00 Uhr**

ein.

### **Tagesordnung**

1. Bericht des Vorstandes über das abgelaufene Geschäftsjahr
2. Feststellung der Jahresrechnung, Bericht des Schatzmeisters über den Jahresabschluss und über das laufende Geschäftsjahr
3. Entgegennahme und Genehmigung des Berichts der Rechnungsprüfer
4. Entlastung des Vorstandes und der Geschäftsführung
5. Vornahme der erforderlichen Wahlen
6. Festsetzung des Jahresbeitrages
7. Beschlussfassung über Ort und Zeit der nächsten Hauptversammlungen (Bunsen-Tagungen)
8. Beschlussfassung über eingegangene Anträge
9. Verschiedenes

Diese Einladung richtet sich nur an Mitglieder der DBG. Anträge aus der Mitgliedschaft (TOP 8) müssen einschließlich kurzer Begründung bis spätestens zum **01. April 2021** der Geschäftsstelle vorliegen. Bitte übersenden Sie Ihre Anträge mit einer kurzen Begründung an:  
Dr. Elisabeth Kapatsina, [geschaefsstelle@bunsen.de](mailto:geschaefsstelle@bunsen.de).

Dr. Florian Budde  
Erster Vorsitzender der DBG 2021/2022

Das Gesetz zur Abmilderung der Folgen der COVID-19-Pandemie im Zivil-, Insolvenz- und Strafverfahrensrecht erlaubt es Vereinen in 2021 – abweichend von § 32 Absatz 2 des Bürgerlichen Gesetzbuchs – eine Mitgliederversammlung auch ohne Anwesenheit der Mitglieder am Versammlungsort abzuhalten. Hiervon wird die DBG in 2021 Gebrauch machen.

Weitere Einzelheiten zur Teilnahme an der virtuellen Mitgliederversammlung werden mit ausreichend Vorlaufzeit bekannt gegeben.

Am schnellsten werden Sie per E-Mail informiert. Sie sind sich nicht sicher, ob uns Ihre E-Mail-Adresse vorliegt? Dann schreiben Sie uns formlos an: [geschaefsstelle@bunsen.de](mailto:geschaefsstelle@bunsen.de).



ANTRAG AUF MITGLIEDSCHAFT  ÄNDERUNGSMITTEILUNG Mitgliedsnummer: \_\_\_\_\_

in der **Deutschen Bunsen-Gesellschaft für physikalische Chemie e. V.**

**Jahresbeitrag**

- persönliches, studentisches Mitglied<sup>1,2</sup> (Bunsen-Magazin nur online) 0,- €
- persönliches, studentisches Mitglied<sup>1,2</sup> (Bunsen-Magazin gedruckt) 30,- €
- persönliches Jungmitglied<sup>2</sup> (bis zu 3 Jahren nach Studienabschluss) 75,- €
- persönliches Doppelmitglied (Mitgliedschaft bei DECHEMA, DPG, GDCh oder GBM; Mitglieds-Nr.: \_\_\_\_\_) 90,- €
- persönliches, ordentliches Mitglied 120,- €
- nichtpersönliches Mitglied (Institute, Bibliotheken, Firmen usw.) 580,- €

in der **Deutschen Flüssigkristall-Gesellschaft (DFKG)**

in der **AG Theoretische Chemie (AGTC)**

- persönliches, studentisches Mitglied<sup>1</sup> 0,- €  persönliches, ordentliches Mitglied 13,- €
- persönliches, ordentliches Mitglied 25,- €
- persönliches, ordentliches Mitglied (keine DBG-Mitgliedschaft) 40,- €
- institutionelle Mitglieder 150,- €

<sup>1</sup> Studienbescheinigung erforderlich, <sup>2</sup> inkl. Mitgliedschaft bei der young Physical Chemists (yPC, Nachwuchsorganisation der DBG)

**Daten zur Person**

Titel/Vorname/Name \_\_\_\_\_ Geburtsdatum \_\_\_\_\_  
(TT/MM/JJJJ)

Privat  Dienstlich

Institution/ Firma \_\_\_\_\_

Adresszusatz \_\_\_\_\_

Straße \_\_\_\_\_

PLZ/Ort/Land \_\_\_\_\_

Telefonnummer \_\_\_\_\_ E-Mail \_\_\_\_\_

**Datenschutzhinweise / Einwilligungserklärung**

Ihre personenbezogenen Daten werden von der Deutschen Bunsen-Gesellschaft (DBG) gemäß der europäischen Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) und dem deutschen Datenschutzrecht (BDSG) für die Begründung und Verwaltung Ihrer Mitgliedschaft erhoben, verarbeitet und genutzt. Im Rahmen dieser Zweckbestimmungen werden Ihre Daten ausschließlich zur Erfüllung der satzungsgemäßen Aufgaben (<https://bunsen.de/wir-ueber-uns/satzung>) und der Mitgliederbetreuung an diesbezüglich besonders Beauftragte weitergegeben und genutzt. Sie können jederzeit Auskunft über Ihre personenbezogenen Daten erhalten, sowie die Berichtigung, Löschung oder Sperrung für die Zukunft vornehmen. Weitere Hinweise zum Datenschutz finden Sie unter <https://bunsen.de/datenschutzerklaerung>.

Ich willige ein, dass mein Geburtsdatum in die im Bunsen-Magazin veröffentlichte Geburtstagsliste aufgenommen wird.

ja  nein

Ich willige ein, dass mein Geburtsdatum und meine Adress- und Kommunikationsdaten in Onlinemitgliederverzeichnisse der Deutschen Bunsen-Gesellschaft für physikalische Chemie aufgenommen werden.

ja  nein

Hiermit  erkläre ich meinen Beitritt zur DBG/  zeige ich Änderungen meiner Daten an<sup>3</sup> und nehme die Datenschutzhinweise sowie die Satzung zur Kenntnis.

Ort/Datum \_\_\_\_\_

Unterschrift \_\_\_\_\_  
<sup>3</sup> zutreffendes bitte ankreuzen

**Erteilung eines SEPA-Lastschriftmandats**

Deutsche Bunsen-Gesellschaft für physikalische Chemie e.V.  
Gläubiger-Identifikationsnummer: DE 15ZZZ00000522723  
Mandatsreferenz = Mitgliedsnummer

Titel/Vorname/Name \_\_\_\_\_

Ich ermächtige die DBG meine Mitgliedsbeiträge zu Lasten des angegebenen Kontos einzuziehen. Zugleich weise ich mein Kreditinstitut an, die von der DBG auf mein Konto gezogenen Lastschriften einzulösen.

Straße und Hausnummer \_\_\_\_\_

Hinweis: Ich kann innerhalb von acht Wochen, beginnend mit dem Belastungsdatum, die Erstattung des belasteten Betrages verlangen. Es gelten dabei die vom Kreditinstitut vereinbarten Bedingungen. Einen Wechsel oder Löschen des Kontos teile ich der DBG unverzüglich mit.

PLZ/Ort \_\_\_\_\_

IBAN \_\_\_\_\_

Kreditinstitut \_\_\_\_\_

BIC \_\_\_\_\_

Ort/ Datum \_\_\_\_\_

Unterschrift \_\_\_\_\_