

Deutsche Ausgabe: DOI: 10.1002/ange.201609519  
Internationale Ausgabe: DOI: 10.1002/anie.201609519

## Eine dynamische Wissenschaft lebt von innen

Ferdi Schüth\*

Die Chemie ist eine Schlüsselwissenschaft für viele andere wissenschaftliche und technische Disziplinen. So setzen die Lebenswissenschaften mehr und mehr auf chemisches Wissen und die Methoden der Chemie. Ein Indikator dafür ist die Tatsache, dass eine Reihe von biologisch-medizinischen Instituten der Max-Planck-Gesellschaft die Berufung von Chemikern in Betracht zieht. Ein anderes Beispiel sind Energietechnologien, bei denen die Schlüsselfragen oft Probleme aus der Chemie sind: Die sich rapide entwickelnden Perowskit-Solarzellen erfordern neue Festkörper, organische Solarzellen benötigen neue organische Halbleiter, Batterien der nächsten Generation sind nicht möglich ohne weitere Elektrodenmaterialien, und die chemische Nutzung von Biomasse erfordert andersartige chemische Reaktionen als die aus der Petrochemie bekannten. Aber nicht nur die Nutzung erneuerbarer Energien, auch eher klassische Energietechnologien setzen auf Fortschritte in der Chemie, sei es in Form neuer Katalysatoren für Reaktionen von immer höher siedenden Rohölqualitäten in Raffinerien oder neuer Adsorbentien zur Abscheidung von CO<sub>2</sub>, das bei der Verbrennung fossiler Energieträger anfällt. Auch Effizienztechnologien können oft nicht entwickelt werden ohne Fortschritte in der Chemie: LED-Lampen, auf der Basis organischer wie anorganischer Halbleiter, benötigen effiziente Phosphore für die unmittelbare Erzeugung von Licht aus elektrischer Energie sowie für die Frequenzkonversion zur Erzeugung gewünschter Farben. Peltier-Kühlelemen-

te oder magnetokalorische Materialien könnten die heute genutzten Kompressoren in Kälteaggregaten ersetzen, der Energiebedarf für die Beheizung von Gebäuden könnte durch bessere und kostengünstigere Isoliermaterialien verringert werden, um nur einige Beispiele zu nennen.

Wie viele andere Chemikerinnen und Chemiker habe ich in der Vergangenheit dafür geworben, dass wir uns bei der Lösung gesellschaftlicher Probleme mit unserem Wissen einbringen, und ich bin fest davon überzeugt, dass wir damit fortfahren sollten. Chemiker können eine wesentliche Rolle bei der Bewältigung großer gesellschaftlicher Aufgaben spielen, und Wissenschaft auf einer so großen Skala, wie sie heute betrieben wird, kann sich nicht auf rein erkenntnisgetriebene Themen konzentrieren. Allerdings gibt es auch die andere Seite der Chemie, die wir nicht vergessen sollten, während wir an den großen gesellschaftlichen Fragen arbeiten: Die Chemie – wie die meisten anderen Wissenschaftsdisziplinen – bildet einen Teil des Kulturerbes der Menschheit, und wenn wir die Grenzen der Chemie erweitern, dann arbeiten wir am kulturellen Erbe künftiger Generationen. So hat das über Jahrhunderte von Chemikern angesammelte Wissen zur Erstellung des Periodensystems der Elemente geführt, und dieses Ergebnis menschlicher Geisteskraft würde zu Recht einen Platz in der Liste des UNESCO-Weltkulturerbes verdienen, genau wie die Gemälde großer Meister, hervorragende Symphonien oder großartige Bauwerke.

So bedeutend also die Rolle einer wissenschaftlichen Disziplin als Schlüsselwissenschaft und als Problemlöserin



Ferdi Schüth  
Direktor,  
Max-Planck-Institut  
für Kohlenforschung  
Vizepräsident der  
Max-Planck-Gesellschaft

sein mag, wenn sie sich ausschließlich darauf beschränkt, läuft sie Gefahr, über kurz oder lang ihre Identität zu verlieren, ja sie könnte sogar als Disziplin ganz verschwinden. Damit eine Disziplin lebendig und attraktiv für den Nachwuchs bleibt, benötigt sie auch Fragen aus sich selbst heraus, große intellektuelle Herausforderungen mit dem Potenzial, Generationen von Wissenschaftlern zu stimulieren und neue Entdeckungen in manchmal ganz unerwarteten Gebieten hervorzubringen. Physiker scheinen sich mit der Formulierung solcher Fragen leichter zu tun; bei ihnen ist es die moderne Entsprechung der Worte, die Goethe Faust in den Mund gelegt hat: „... Dass ich erkenne, was die Welt im Innersten zusammenhält ...“ Dieser Blick auf unsere Nachbardisziplin führt unweigerlich zu der Frage, ob wir als Chemiker eine Herausforderung von ähnlicher Qualität formulieren könnten, in einer Zeit, in der Moleküle von fast beliebiger Komplexität synthetisiert werden können – als Ergebnis der Arbeit vieler Generationen von Chemikern. Wir können relativ einfach beschreiben, was Chemiker tun: Sie synthetisieren Stoffe, die oft nie zuvor im Universum existiert haben. Und wir haben sicherlich viele große Fragen in der Chemie: Wir können zwar vermutlich jedes denkbare Molekül synthetisieren, aber für die meisten Moleküle werden die Methoden, über die wir heute verfügen, überhaupt nicht praktikabel sein, und es mag übermenschliche Anstrengungen erfordern, auch nur minimale Mengen der ent-

[\*] Prof. Dr. F. Schüth  
Max-Planck-Institut für Kohlenforschung  
45470 Mülheim an der Ruhr (Deutschland)  
E-Mail: schueth@kofo.mpg.de

sprechenden Stoffe herzustellen. Die Chemie ist eine Wissenschaft, aber sie hat auch Elemente eines (Kunst)handwerks und muss darum in der Lage sein, makroskopische Mengen ihrer Produkte bereitzustellen. Die Entwicklung neuer, einfacher und praktikabler Syntheseverfahren ist daher eine der Kernherausforderungen der Chemie – und wird es für lange Zeit bleiben. Eine andere dieser Fragen ist die Berechnung und Vorhersage der chemischen Reaktivität komplexer Systeme auf First-principles-Basis. Trotz des hohen Entwicklungsstandes auf diesem Gebiet ist etwa die Vorhersage eines geeigneten festen Katalysators für eine komplexe – ja sogar für eine einfache – Reaktion eine Riesenherausforderung, und damit ist das Problem der Synthese des Feststoffs und seiner Stabilität unter Reaktionsbedingungen noch nicht einmal ansatzweise berücksichtigt. Auch das Studium von Selbstreparaturmechanismen, etwas, das lebende Systeme perfektioniert haben, steckt noch in den Kinderschuhen. Solche Eigenschaften von Systemen müssen auf der konzertierten und organisierten Wechselwirkung von Molekülen beruhen. Diese Chemie jenseits der Molekülebene, Wechselwirkungen in größeren Systemen und die zugrundeliegenden Regeln sind eine weitere spannende Front der Forschung in der Chemie.

**A**llerdings vollziehen sich Entwicklungen auf diesen Gebieten im Kern der Chemie – von denen es sicher noch mehr gibt – oft langsam und Schritt für Schritt. Es fällt schwer, eine einzelne spezifische Frage zu formulieren, die die Öffentlichkeit begeistern und insbesondere junge Menschen faszinieren kann, die vor der Frage stehen, ob sie die Chemie zu ihrem Beruf machen sollen. Und dabei haben auch wir Chemiker eine solche „große“ Frage, von der gleichen Qualität wie die von Goethes Faust: Es ist die Frage nach dem Ursprung des Lebens, wie sie beispielsweise in einem Beitrag in dieser Zeitschrift Anfang des Jahres diskutiert wurde (J. D. Sutherland, *Angew. Chem.* **2016**, 128, 108). Wie sind aus unbelebter Materie lebende Organismen hervorgegangen? Dies ist eine der fundamentalen Fragen, die wir uns als Menschen

stellen. Sobald das Leben da ist – so schwierig es auch sein mag, „Leben“ präzise zu definieren –, fällt es in die Domäne der Biologie, aber alles vor diesem Zustand ist Teil der Chemie. Und die Grundfrage nach dem Ursprung des Lebens hat viele Facetten, alle von intrinsisch chemischer Natur: Was ist der chemische Pfad von unbelebten Molekülen zu den ersten Systemen, denen wir das Attribut „Leben“ zusprechen würden? Wie interagieren Systeme von Molekülen, um so etwas wie eine Zelle zu produzieren? Welche entscheidenden Zwischenschritte markieren den Weg in der Evolution von Leben – und sind dies die einzigen möglichen Zwischenschritte? Können wir in Kenntnis der zugrundeliegenden Prinzipien so etwas wie eine Minimalzelle entwerfen, ohne auf den Bauplan bekannter lebender Zellen zurückzugreifen, d.h., ohne eine existierende Zelle auf ihre Minimalkomponenten zu reduzieren? Können wir die Charakteristika eines lebenden Systems hervorbringen, das nicht auf den für die uns bekannten Lebensformen konstitutiven Komponenten Nucleinsäuren und Proteinen beruht? Aspekte dieser Fragen haben Chemiker über Jahrzehnte beschäftigt, und das Miller-Urey-Experiment, bei dem die Abläufe in der Uratmosphäre simuliert wurden, ist vermutlich eines der bekanntesten Experimente in der Geschichte der Chemie. Nichtsdestotrotz gehört die Frage nach dem Ursprung des Lebens derzeit, verglichen mit anderen chemischen Fragestellungen, eher zu den Randthemen der Forschung, und das obwohl sie eines der spannendsten ungelösten Probleme der Menschheit ist, mit dem man die besten Köpfe gewinnen und die Kreativität der talentiertesten jungen Wissenschaftler anregen könnte. Wir als Chemiker sollten diese Frage aus dem Kern der Chemie nutzen, um für unsere Wissenschaft zu werben. In einigen Organisationen gibt es bereits Initiativen mit diesem Ziel, etwa die „Origin-of-life“-Initiativen in Harvard, an der Ludwig-Maximilians-Universität München und in der Max-Planck-Gesellschaft. Interessanterweise haben diese Initiativen ihre Wurzeln häufig in der Astronomie, in der die Beschäftigung mit dieser Frage durch die Suche nach extraterrestrischem

Leben, durch die Suche nach Exoplaneten mit „lebensfreundlichen“ Bedingungen ausgelöst wurde. Die zentralen Fragen sind aber eindeutig chemischer Natur. Man darf auf die ersten Früchte dieser Initiativen in den nächsten Jahren gespannt sein. Fragen nach dem Ursprung des Lebens sind sicherlich nicht einfach zu beantworten – ja, manchmal ist es schon schwierig, die richtigen Fragen zu formulieren. Diese werden uns über Jahrzehnte beschäftigen, bevor wir – vielleicht – befriedigende Antworten finden. Aber bei unserer Beschäftigung mit diesen Fragen werden wir neue Gegenden in unbekanntem Land entdecken, spannende „neue Chemie“, die möglicherweise auf ganz anderen Zutaten beruht, als wir sie heute in lebenden Systemen finden.

**E**ine wissenschaftliche Disziplin benötigt „große“ Herausforderungen in ihrem Kern, um lebendig und gesund zu bleiben, und es ist umso besser, wenn es zumindest eine Herausforderung gibt, die als leicht fassbare, einfache Frage formuliert werden kann. „Wie entstand das Leben?“ ist eine solche Frage aus dem Kernbereich der Chemie. Wir sollten sie nutzen, um die Faszination, die von unserer Wissenschaft ausgeht, zu illustrieren. Für Physiker ist es die Frage nach dunkler Materie und dunkler Energie, für Neurowissenschaftler die nach den Mechanismen des Denkens, und in der Chemie können wir fragen, wie Leben entstand, auf der Erde oder irgendwo im Universum, basierend auf Nucleinsäuren und Proteinen oder auf ganz anderen Zutaten. Sicherlich sollte sich nicht jeder Chemiker mit diesem Problem beschäftigen – es gibt viele andere brennende Fragen, die beantwortet werden müssen. Die intellektuellen Herausforderungen aber, die mit der Frage nach dem Ursprung des Lebens zusammenhängen, werden unzweifelhaft die Art von Stimulus erzeugen, der zu aufregenden Entdeckungen in gänzlich unerwarteten Bereichen führt, und dies wird die Chemie weiter nach vorn bringen.

#### Zitierweise:

*Angew. Chem. Int. Ed.* **2016**, 55, 14878–14879  
*Angew. Chem.* **2016**, 128, 15100–15101