

Laudatio zur Verleihung der Gauß-Medaille der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft an Professor Dr. Klaus Müllen

HENNING HOPF

Institut für Organische Chemie der Technischen Universität Braunschweig,
Hagenring 30, D-38106 Braunschweig

Sehr geehrter Herr Präsident der BWG, hohe Festversammlung, sehr geehrter Gauß-Preisträger 2014 Professor Dr. Müllen, lieber Klaus!

Manche von Ihnen werden sich vielleicht gefragt haben, was der Namensgeber der höchsten Auszeichnung, die die BWG vergibt, mit der Chemie zu tun hat – und ohne Antwort geblieben sein. Schließlich war Gauß Mathematiker, Physiker und Astronom.

Chemikern geht es da ein wenig anders, denn sie verwenden heute z.B. routinemäßig ein quantenchemisches Rechenprogramm, das nach Gauss benannt und heute das am weitesten verbreitete Rechenprogramm der Theoretischen Chemie ist.

Und auch zwischen der Gaußmedaille und der Wissenschaft Chemie gibt es viele Beziehungen.

Nicht nur wurden im Laufe der Jahrzehnte eine beträchtliche Anzahl prominenter Chemiker mit der Verleihung der Gauß-Medaille geehrt, mehr noch: der allererste Gauß-Preisträger überhaupt war ein Chemiker: Professor Walter Reppe von der BASF, der diese Auszeichnung im Jahre 1949 erhielt.

Es ist glückliche Fügung, dass die wissenschaftliche Arbeit unseres heutigen Preisträgers auf vielfältige Art und Weise mit den bahnbrechenden Arbeiten Reppes verknüpft ist.

Zwischen der Chemie und der Öffentlichkeit besteht eine gewisse Sprachlosigkeit. Wir wissen alle, dass wir die hohe Qualität unseres modernen Lebens zu einem beträchtlichen Teil der Chemie zu verdanken haben.

Warum das so ist, wissen die meisten allerdings nicht.

Gestatten Sie mir deshalb heute den Versuch, diese Sprachlosigkeit ein wenig überwinden zu helfen, ein Versuch, der die Würdigung unseres Preisträgers einschließen wird.

Nach Kekulé ist die Chemie die Wissenschaft von der „Metamorphose der Materie. Ihr eigentlicher Gegenstand ist nicht der existierende Stoff, sondern das was aus ihm werden kann“.

Die Stoffe, mit denen der Chemiker arbeitet, stammen zunächst ausschließlich aus der Natur. Es sind letztlich die rund 100 Elemente, aus denen nicht nur unsere Erde, sondern auch das gesamte Universum besteht, uns selbst eingeschlossen. Diese Elemente können in eine Ordnung gebracht werden: das Ihnen allen bekannte Periodische System der Elemente. Im Prinzip können alle diese Elemente mit sich selber und mit all den anderen reagieren. In der Praxis ist dieses Reaktionspotential auch nicht annähernd ausgeschöpft. Diese Reaktionsmöglichkeiten herauszufinden, ist eine der Hauptaufgaben der Chemiker in der Grundlagenforschung. Triebkraft ist allein die wissenschaftliche Neugier, auch wenn immer wieder praktische Anwendungen aus diesen Studien resultieren, die den gesellschaftlichen Wandel nicht nur grundlegend vorantreiben, sondern ihn auch ganz wesentlich bedingen.

Im Zentrum des Periodischen System steht ein Element, ohne das es kein Leben auf der Erde gäbe: der Kohlenstoff. Und weil es zentral steht, ist es ein echter Alleskönner, der mit jedem anderen Element des PSEs reagieren kann und auch mit sich selbst.

Kohlenstoff, das wissen Sie alle, kommt in unserer Umgebung in verschiedenen Formen vor – elementar, als Kohle, in oxidiert Form, als Kohlendioxid, und in reduzierter Form als Methan oder Erdgas. Diese drei Oxidationsstufen unterscheiden sich im Energieinhalt: Wenn wir Kohle zu CO_2 verbrennen, wird Energie frei. Und wenn wir Methan – in verallgemeinerter Form: Erdöl - zu Kohlendioxid verbrennen, wird noch mehr Energie frei. Beide Verbrennungsprozesse führen wir in sehr großem Maße durch: damit wir es zuhause warm haben und kochen können, damit wir außer Haus mit dem Auto fahren oder fliegen können. Beide Verbrennungsprozesse rufen große und in steigendem Maße ernste politische und ökologische Probleme hervor.

Der elementare Kohlenstoff kommt auch wieder in unterschiedlichen Formen vor, die sie fast alle kennen. Hier im Raume vermutlich am weitesten verbreitet ist der Diamant. Dann als Graphit, den Sie aus den Bleistiften kennen und eben als Kohle – in der Nachkriegszeit und bis in die 60er Jahre den meisten noch wohlbekannt, jüngere Menschen haben heute vermutlich noch nie ein Stück Kohle in der Hand gehabt.

In diese Kohlenstoffwelt schlug im Jahre 1985 eine Entdeckung wie ein Blitz ein: Kroto, Smalley, und Curl berichteten über die Entdeckung von kugelförmigem Kohlenstoff, der aus 60, 70 und noch mehr Kohlenstoffatomen aufgebaut ist: die Fullerene. Der berühmteste unter diesen ist das C_{60} , in dem die 60 Kohlenstoffatome so angeordnet sind, dass sie einem molekularen Fußball entsprechen. Die drei Autoren erhielten für ihre revolutionäre Entdeckung 1996 den Nobelpreis für Chemie, der Deutsche Wolfgang Krätschmer vom Max-Planck-Institut in Heidelberg, dem es erstmalig gelang, größere Mengen an C_{60} herzustellen, ging leider leer aus. Krätschmer ist übrigens Gauß-Preisträger des Jahres 2002.

Ist C_{60} etwas exotisches? Mitnichten, Sie alle sind damit schon in Kontakt gekommen. Es findet sich ubiquitär in der Natur, und z.B. in so einfachen Dingen wie dem Ruß von Kerzen.

Die Fullerenentdeckung führte zu eine Fülle weiterer Entdeckungen auf dem Kohlenstoffgebiet – viele von ihnen von großer Bedeutung für die Grundlagenforschung. Aber bei den praktischen Anwendungen erfüllten sich viele Hoffnungen bisher noch nicht.

Und schon bald erfolgte mit der Herstellung des sog. Graphens ein zweiter Durchbruch, einer Kohlenstoffmodifikation mit blattförmiger/zweidimensionaler Struktur, die eine Bienenwabenstruktur besitzt.

Die Darstellung einschichtiger Graphenkristalle gelang erstmalig von 10 Jahren den beiden ursprünglich russischen Wissenschaftlern Novoselov und Geim; nur 6 Jahre später erhielten sie für ihre Arbeiten den Nobelpreis für Physik. Strukturell ist das Graphen mit dem Graphit verwandt. Stapelt man nämlich seine einzelnen Schichten übereinander, so erhält man den lagigen Graphit.

Graphen hat höchst ungewöhnliche Eigenschaften, die es sowohl für die Grundlagenforschung als auch für Anwendungen interessant machen, und zwar vor allem in den Materialwissenschaften. Seine Zugfestigkeit ist mehr als 100mal höher als die von Stahl. Dabei wiegt es fast nichts – ein Quadratkilometer ist deutlich leichter als 1 kg (757 g).

Die entscheidende Frage lautet jetzt: Wie stellt man ein derartiges Wundermolekül her?

Auf diese Frage gibt es zwei Antworten.

Man fängt entweder im Sicht- und Greifbaren an – z.B. beim Graphit – und macht die Strukturen immer kleiner, bis man auf der molekularen Ebene angekommen ist – das nennt man top-down-approach. Die Methoden, die hierbei zur Anwendung kommen sind häufig physikalischer Art. Der Vorteil dieser Vorgehensweise: sie ist verhältnismäßig einfach. Nachteil: man erhält Gemische von Graphenmolekülen, die mal größer, mal kleiner sein können.

Das ist für einen Chemiker eine höchst unbefriedigende Situation. Chemiker lieben keine Gemische, sie wollen den reinen Stoff, der eindeutig charakterisiert ist, von dem man – letztlich – eine und nur eine Formel hinschreiben kann.

Und damit sind wir bei Professor Müllen angelangt – er geht genau den umgekehrten Weg – er fängt klein an, und baut dann große Strukturen auf: die Nanographene.

Das ist rasch gesagt, aber so schwer, dass alle anderen Wissenschaftler vor ihm an diesem Problem gescheitert sind.

Die kleinste Einheit, nämlich das Benzol, kennt man seit ihrer Entdeckung durch Faraday seit 1825. Aber wie gelange ich von hier zur Graphenfläche, d.h. der vollständig mit Sechseckfliesen belegten Fläche?

Damit diese Ziele erreicht werden konnten, musste die Müllensche Gruppe zwei Dinge entwickeln. Zuerst mussten neue Synthesemethoden gefunden werden, das ist der eigentliche, der kreative Teil der Arbeiten. Dabei tauchen viele, auch scheinbar triviale Probleme auf: z.B. werden die Moleküle, je größer sie werden, immer schlechter löslich. Man braucht aber Lösungen, um chemische Transformationen durchführen zu können, im festen Zustand, unter heterogenen Bedingungen, laufen viele Reaktionen nicht ab. Diese Wege wurden gefunden und stellen Synthesechemie vom feinsten dar. Herr Müllen musste also chemisch immer auf der Höhe der Zeit, ja ihr eigentlich voraus sein.

Dazu aber kommt ein zweites, genauso schwerwiegendes Problem: Ich hatte oben gesagt, dass die Chemiker am Ende eine Formel für den von ihnen hergestellten Stoff hinschreiben möchten. Woher wissen sie aber am Ende eines Synthesewegs, dass das, was sich in ihrem Kolben befindet auch durch die Formel, die sie – mit dem Bleistift – auf einen Bogen Papier schreiben, repräsentiert wird? Das also die Formel eine Metapher für den ja wirklich vorhandenen Stoff ist.

Dazu verwendet man heute physikalische Methoden. Und mit ihnen ist es wie immer: bei einfachen Problemen, sprich einfachen Strukturen, ist ihre Anwendung einfach, das kann jeder Student vor dem Vordiplom. Bei schwierigen Problemen ist deren Anwendung aber schwieriger und wird mit steigender Komplexität immer schwieriger. Stellen wir uns also Klaus Müllen als einen Chemiker vor, der auf einer Ebene, einer Graphenebene, wandert, die sich aber immer steiler auftürmt. Je länger der Weg, desto schwieriger wird er. Da dürfen einen die Kräfte nicht verlassen! Er musste also, und das zeichnet ihn meinen Augen ganz stark aus, gleichzeitig ein hervorragender Synthesechemiker sein und auch gleichzeitig immer mehr zum Polymerchemiker und Physiker werden. Für diese Entwicklung bot das Max-Planck-Institut für Polymerforschung exzellente, ja einmalige Bedingungen.

Nach Kierkegaard kann bekanntlich „das Leben nur in der Schau nach rückwärts verstanden, aber nur in der Schau nach vorwärts gelebt werden“.

Auf Klaus Müllen angewendet: dass er am MPI in Mainz enden und bei uns Gauß-Preisträger werden würde, stand natürlich nirgendwo geschrieben. Ist aber – im Rückblick - nur konsequent.

Er hat zunächst in Köln Chemie studiert, und dort im Arbeitskreis von Vogel eine hervorragende organisch-präparative Ausbildung erhalten. Ging dann nach Basel zur Promotion zu dem eher physikalisch/theoretisch orientierten Fabian Gerson, einem Fachmann auf dem Gebiet der Spektroskopie. Danach war er Postdoktorand an der ETH in Zürich, wo er sich 1977 habilitierte. Zwei Jahre später wurde er

Professor an der Universität zu Köln und 1983 ging er an die Universität in Mainz. Seit 1989 ist er Direktor am Max-Planck-Institut für Polymerforschung. Seine Forschungsschwerpunkte liegen auf dem Gebiet der präparativen makro- und supramolekularen Chemie. Ein sehr wichtiges Gebiet, die Graphenchemie habe ich ausführlich geschildert. Dazu kommen grundlegende Arbeiten über organische Metalle, über neuartige Farbstoffe, die in Solarzellen Verwendung finden, Halbleitermaterialien für Elektronikbauteile, Nanokomposite für Hochleistungsbatterien und sehr vieles anderes mehr.

Er ist für seine Arbeiten durch viele, viele Preise ausgezeichnet worden, nationale und internationale, hat zahllose Namensvorlesungen gehalten und ist mehrfacher Ehrendoktor. Das alles will ich hier nicht auflisten. Es ist knapp gesagt, auch das, was man für einen Gauß-Preisträger erwartet. Außerhalb seines Faches hat er vielfältig Verantwortung übernommen, sei als bei der Herausgabe von Zeitschriften, bei der Humboldt-Stiftung, der DFG, der Max-Planck-Gesellschaft. Nicht zuletzt war er Präsident der größten kontinentaleuropäischen chemischen Gesellschaft, der Gesellschaft Deutscher Chemiker (2008/2009).

Bei der Auswahlkommission für die Gauß-Medaille, die zu leiten, ich die Freude hatte, wurde gefragt, wie es eigentlich kommt, dass jemand – wie Herr Müllen – eine Publikationsliste mit mehr als 1000 Eintragungen vorlegen kann. Meine Antwort: dafür gibt es, neben sehr großem Fleiß, viele Gründe, von denen einer besonders wichtig ist. Man muss etwas machen oder gemacht haben, dass auch viele *andere* Menschen interessiert. Die eigenen Arbeiten müssen auf Resonanz stoßen, am besten auf weltweite Resonanz – dann stehen die Kollegen und Kolleginnen, die mit einem zusammen arbeiten und forschen wollen sozusagen Schlange. Und auf Resonanz stößt man nur, wenn man etwas Bedeutendes macht.

Dir lieber Klaus, ganz herzlichen Glückwunsch zur heutigen Ehrung und viele weitere Erfolge – und Ihnen allen vielen Dank fürs Zuhören.