

# ANGEWANDTE CHEMIE

100. Jahrgang 1988

Heft 12

Seite 1653-1834

## Die chemische Veröffentlichung – Entwicklung oder Erstarrung im Rituellen?\*\*

Von Roald Hoffmann\*

Sie blättern in einer modernen wissenschaftlichen Chemiezeitschrift, sagen wir in der „Angewandten Chemie“<sup>[1]</sup> oder dem „Journal of the American Chemical Society“, und was fällt Ihnen sofort auf? Die Fülle an Berichten über neueste Entdeckungen. Ungeahnte Molekülverbindungen werden beschrieben, von denen gestern noch kein Mensch glaubte, sie je herstellen zu können. Der Fachmann erfährt von den unglaublichen Eigenschaften der neuartigen Hochtemperatur-Supraleiter, von organischen Ferromagneten und überkritischen Lösungsmitteln. Er liest von Meßtechniken, die sofort mit Akronymen wie EXAFS, INEPT oder COCONOESY belegt werden und mit denen sich die Struktur neuer Stoffe rasch bestimmen lässt. Informationen fließen – nebensächlich, ob in Deutsch oder in Englisch. Es ist Chemie, über die berichtet wird, anregend, lebendig!

Nehmen wir aber einmal an, ein Nichtfachmann, sagen wir ein humanistisch gebildeter Mensch, vertraut mit *Shakespeare*, *Puschkin*, *Joyce* und *Paul Celan*, blättere in unseren Zeitschriften. Ich denke an eine Person, die daran interessiert ist, *was* geschrieben wird und auch *wie* und *warum* etwas geschrieben wurde. Sie bemerkt sicherlich sofort die Kürze der meisten Artikel, längstens zehn Seiten. Die Fülle der Literaturzitate und Anmerkungen wird ihr ebenfalls sofort auffallen, denn sie kommen in den Geisteswissenschaften in dieser Menge nicht vor. Auch grafische Darstellungen nehmen auf jeder Seite viel Raum ein. Es scheint sich dabei meistens um Bilder von Molekülen zu handeln, doch sie sind merkwürdig ikonenhaft,

ohne vollständige Atombezeichnung. Die Darstellungen des Chemikers sind weder isometrische Projektionen noch exakt perspektivische Zeichnungen, doch deuten sie teilweise Räumlichkeit an.

Meine neugierige Leserin liest den Text, entweder die Fachsprache (den Jargon) ignorierend oder sie mit Hilfe eines Chemikers durchdringend. Schnell wird sie rituelle Formen wahrnehmen: Publikationen beginnen oft stereotyp, z. B. „Struktur, Bindung und Spektroskopie der Verbindungen des Typs X sind Gegenstand intensiver Untersuchungen<sup>[a-z]</sup>“. Der Text ist allgemein in der dritten Person und im Passiv geschrieben. Selten finden sich persönliche Beweggründe, und auch historische Entwicklungen werden kaum dargestellt. Ab und zu sieht sie Prioritätsansprüche zurückhaltend formuliert oder Begeisterung über die erzielten Erfolge schwach durchscheinen: „ein neuer Metabolit“, „die erste Synthese“, „allgemein anwendbare Strategie“ oder „parameterfrei berechnet“. Nach einer Reihe von Artikeln wird meine Leserin eine ermüdende Eintönigkeit feststellen. Allerdings, einige Beiträge haben Stil – die Art und Weise der Sicht des chemischen Universums spiegelt sich im wissenschaftlichen Inhalt, im Text sowie in Formeln und Abbildungen wider.

Ich möchte mich nun nicht länger hinter einem(r) neutralen Beobachter(in) verstecken und die in meinem Fach gebräuchlichste Form der Veröffentlichung, den Zeitschriftenartikel, vor allem im Hinblick auf die Sprache, betrachten. In einem wissenschaftlichen Artikel, so meine These, verbirgt sich mehr, als auf den ersten Blick erkennbar ist. Es findet ein dialektisches Ringen statt zwischen dem, was ein Chemiker denkt, was gesagt werden sollte (das Paradigmatische, das Normative), und dem, was er oder sie sagen muß, um andere mit seinen Argumenten oder Leistungen zu überzeugen. Dadurch existiert im oberflächlich harmlosen Artikel eine unterdrückte Spannung. Wenn diese deutlicher zum Ausdruck kommt, so ist dies

[\*] Prof. R. Hoffmann  
Department of Chemistry, Cornell University  
Ithaca, NY 14853 (USA)

[\*\*] Nach einem Vortrag bei der GDCh-Festveranstaltung „100 Jahre Angewandte Chemie“ im Rahmen der Chemiedozententagung am 14. März 1988 in Mainz.

meines Erachtens kein Zeichen von Irrationalität oder Schwäche, sondern eine Anerkennung der zutiefst menschlichen Kreativität in der Naturwissenschaft.

## Die wissenschaftliche Veröffentlichung: ein kurzer geschichtlicher Abriss

Es gab eine Chemie vor der Chemiezeitschrift. Sie wurde in Büchern oder Broschüren beschrieben oder auch in Briefen an die Sekretäre der wissenschaftlichen Gesellschaften. Diese Gesellschaften, z. B. die Royal Society in London, gegründet 1662, oder die Académie des Sciences, gegründet 1666 in Paris, spielten eine wichtige Rolle bei der Verbreitung der wissenschaftlichen Erkenntnisse. Von den Gesellschaften regelmäßig herausgegebene Journale halfen die spezielle Verknüpfung von sorgfältigen Messungen und mathematischer Grundlage zu entwickeln, die die erfolgreiche junge Naturwissenschaft dieser Zeit prägte<sup>[2]</sup>.

Veröffentlichungen aus jener Zeit sind denn auch ein merkwürdiges Gemisch aus eigenen Beobachtungen und einer persönlich gehaltenen Diskussion. Motivation, Methodik und Geschichte sind oft aus erster Hand zu erfahren: Polemik wurde nicht vermieden. Shapin<sup>[3a]</sup>, Dear<sup>[3b]</sup> und Holmes<sup>[3c]</sup> geben überzeugende Argumente dafür, daß

der Stil wissenschaftlicher Artikel in Frankreich und England im 17. Jahrhundert langsam festgeschrieben wurde. Ich meine, die Form der chemischen Veröffentlichung erstarnte schließlich, vor allem in Deutschland, in den dreißiger und vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts. Die Kanonisierung des Stils wurde von den Begründern der modernen Chemie – Leuten wie *Justus von Liebig* – gegen die Naturphilosophen vorangetrieben. Diese wurden vor allem durch die Anhänger von *Goethe* repräsentiert, aber ihresgleichen waren auch anderswo in Europa zu finden, sogar schon früher im 18. Jahrhundert. Die Naturphilosophen hatten festgefügte Vorstellungen und allumfassende Theorien, wie die Natur sich verhalten sollte, aber es fiel ihnen nicht ein, sich die Hände schmutzig zu machen und herauszufinden, was in der Natur wirklich vor sich geht. Sie versuchten, die Natur der eigenen poetisch-moralischen Betrachtungsweise anzupassen, ohne sich darum zu kümmern, was unsere Sinne oder deren Weiterentwicklung – unsere Instrumente – uns sagen. Die wissenschaftliche Veröffentlichung im frühen 19. Jahrhundert entwickelte sich, um dem unseligen Einfluß der Naturphilosophen entgegenzuwirken. Der ideale Bericht über naturwissenschaftliche Untersuchungen sollte auf Fakten beruhen (oft ausdrücklich als Wahrheit bezeichnet, aber darüber später mehr). Die Fakten mußten glaubwürdig sein, unabhängig

1176

### 211. Fr. Goldmann: Ueber Derivate des Anthranols. (Vorgetragen vom Hrn. Professor Liebermann.)

In einer früheren Mittheilung<sup>[1]</sup>) habe ich über die Einwirkung von Brom auf Anthranol berichtet und ein dabei entstehendes Dibromsubstitutionsproduct als analog dem Anthracinondichlorid von Thörner und Zincke bezeichnet. Die Bildung des Anthracinondichlorides war hiernach bei der Einwirkung von Chlor auf Anthranol zu erwarten.



In eine kalte concentrirte Lösung von Anthranol in Chloroform wurde während etwa 20 Minuten trockenes Chlorgas geleitet, wobei die Lösung auf Zimmertemperatur erhalten wurde. Nach beendeter Reaction, bei der reichliche Chlorwasserstoffentwicklung stattfand, wurde das Chloroform auf dem Wasserbade verjagt, der Rückstand mit heissem Ligroin ausgezogen und das in Lösung gegangene Product aus einer heißen Mischung von Benzol und Ligroin umkristallisiert.

Die Substanz wird so in Form von wasserklaren dünnen Prismen erhalten. Dieselben schmelzen bei 132–134°.

Die Verbindung ist in Benzol, Schwefelkohlenstoff, Chloroform sehr leicht, in kaltem Ligroin oder Aether ziemlich schwer löslich. Aus der Schwefelkohlenstofflösung erhält man die Substanz beim Verdunsten in schönen wasserklaren Krystallen.

Gefunden	Ber. für $C_{14}H_8OCl_2$
C 64.62	64.12 pCt.
H 3.25	3.05
Cl —	26.96 26.72

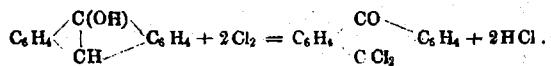
Durch Kochen mit Eisessig oder Alkohol wird die Verbindung vollständig in Anthracinon übergeführt. Die Chloratome müssen daher in der Mittelkohlenstoffgruppe sich befinden. Die Verbindung ist hiernach und nach ihren Eigenschaften mit dem Anthracinondichlorid, welches Thörner und Zincke<sup>[2]</sup>) bei der Einwirkung von Chlor auf o-Tolylphenylketon erhalten, identisch.

<sup>1)</sup> Diese Berichte XX, 2436.

<sup>2)</sup> Diese Berichte X, 1480.

1177

Aus dem Anthranol entsteht sie nach der Gleichung:



Hr. Privatdozent Dr. A. Fock hatte die Güte, mir über die Krystallform des aus Schwefelkohlenstoff auskristallisierten Anthracinondichlorides Folgendes mitzuteilen:

Die Krystalle sind monosymmetrisch:

$$a : b : c = 0.7973 : 1 : 0.6262.$$

$$\beta = 72^\circ 48'.$$

Beobachtete Formen:

$$m = \infty P(110), c = o P(001), p = - P(111).$$

Die Krystalle bilden schwach gelblich gefärbte dünne Prismen, die Basis tritt nur an einzelnen Individuen und zwar ganz unregelmäßig auf.

Beob. Berechnet

m : m	= 110 : 110 = 74° 36'
m : c	= 110 : 001 = 76° 24'
p : c	= 111 : 001 = 37° 54'
p : p	= 111 : 111 = 45° 30' 45° 2'
p : m	= 111 : 110 = 38° 38' 38° 30'
p : m	= 111 : 110 = 71° 25'

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

Auch das analoge Anthracinodibromid hat Hr. Dr. Fock zu messen die Güte gehabt, wobei er folgende Resultate erhielt:

Die Krystalle sind monosymmetrisch:

$$a : b : c = 1.5009 : 1 : 1.4708.$$

$$\beta = 70^\circ 43'.$$

Beobachtete Formen:

$$c = o P(001), p = - P(111), o = + P(\bar{1}\bar{1}\bar{1}),$$

$$q = \frac{1}{2} P(\bar{0}12), w = + P(2\bar{1}2).$$

Schwach gelblich gefärbte Krystalle von 1–4 mm Größe und recht verschiedenartiger Ausbildung. Meistens herrschen die Flächen der vorderen Pyramide p und der Basis vor, während die übrigen nur ganz unregelmäßig ausgebildet sind. Bisweilen sind die Flächen der Pyramide w größer ausgebildet und zwar theilweise nur einseitig, so dass die Krystalle eine ganz verzerrte Ausbildung erhalten.

Abb. 1. Die ersten beiden Seiten eines typischen Artikels von 1888 [4].

von der Person, die sie präsentierte. Daraus folgte, diese Fakten so unemotional wie möglich darzustellen (also in der dritten Person zu schreiben), ohne Vorurteile über Ursachen und Strukturen (daher der unpersönliche Stil und Gebrauch des Passiven).

Die Auswirkungen dieses Strukturierungsprozesses waren enorm. Die besondere Betonung experimenteller Angaben sollte die Reproduzierbarkeit belegen. Die Prägnanz der deutschen Sprache schien wie geschaffen für die Formulierung von Paradigmen. Scharen von Chemikern wurden damals ausgebildet. Die Entwicklung der Farbenindustrie in England und Deutschland im Anschluß an diese Periode ist ein besonders gut untersuchtes Beispiel für die industrielle Anwendung der neuen, organisierten Chemie.

Die wissenschaftliche Publikation nahm in dieser Zeit eine kanonische oder rituelle Form an. Abbildung 1 zeigt

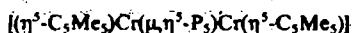
die ersten beiden Seiten eines typischen Artikels aus jener Zeit<sup>[4,5]</sup>. Die meisten Bestandteile einer modernen Veröffentlichung sind schon vorhanden: Quellenangaben, experimenteller Teil, Diskussion und Formeln. Was fehlt, ist lediglich die Danksagung an die Deutsche Forschungsgemeinschaft oder die National Science Foundation.

Mit Abbildung 2, einer erst vor kurzem erschienenen Zuschrift, sind wir in der Gegenwart. In diesem wichtigen Beitrag berichten O. J. Scherer und T. Brück<sup>[6]</sup> über ein Ferrocen-Analogon, in dem ein Cyclopentadienyl-Ring durch *cyclo-P*<sub>5</sub> ersetzt wurde. Die Befunde sind neuartig und bedeutend. Ich möchte aber das Augenmerk auf die Art der Präsentation und nicht auf den Inhalt richten. Was unterscheidet diese Veröffentlichung von einer hundert Jahre früher publizierten? Die dominierende Sprache ist nicht mehr – und dies hat interessante geopolitische

## $[(\eta^5\text{-P}_5)\text{Fe}(\eta^5\text{-C}_5\text{Me}_5)]_2$ , a Pentaphosphaferrrocene Derivative\*\*

By Otto J. Scherer\* and Thomas Brück

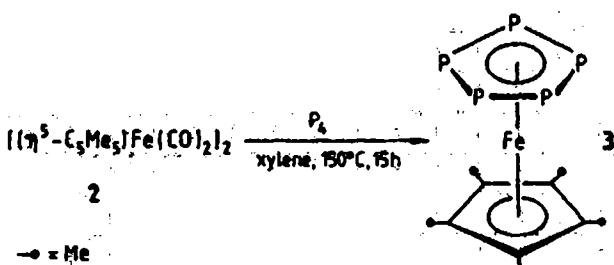
After having demonstrated that *cyclo-P*<sub>5</sub> could be stabilized as bridging ligand in the mixed-valence triple-decker complex **1**,<sup>[1]</sup> we then attempted to realize the classical



1

sandwich coordination of this ligand (*cyclo-P*<sub>5</sub> as 6π electron donor). Success was achieved upon cothermolysis of **2** with white phosphorus.

Pentamethylpentaphosphaferrrocene **3** forms sublimable, green crystals which can be handled in the presence of air and which begin to melt (with partial sublimation and slight decomposition) at 270°C when heated in a sealed tube. **3** is very soluble in dichloromethane, readily soluble in benzene and toluene, and moderately soluble in pentane.



In the <sup>1</sup>H-NMR spectrum (200 MHz, 293 K, C<sub>6</sub>D<sub>6</sub>, TMS int.) of **3** a sharp singlet is observed at δ = 1.08 which is shifted 0.6 ppm upfield compared to that of decamethyl-

[\*] Prof. Dr. O. J. Scherer, Dipl.-Chem. T. Brück  
Fachbereich Chemie der Universität  
Erwin-Schrödinger-Strasse, D-6750 Kaiserslautern (FRG)

[\*\*] This work was supported by the Fonds der Chemischen Industrie.

ferrocene  $[(\eta^5\text{-C}_5\text{Me}_5)_2\text{Fe}]$  **4**.<sup>[3]</sup> In comparison to the <sup>13</sup>C(<sup>1</sup>H)-NMR signals of **4**,<sup>[2,3]</sup> those of **3**<sup>[2]</sup> are shifted slightly downfield. The <sup>31</sup>P(<sup>1</sup>H)-NMR signal shows a continuous downfield shift within the series triple-decker **1** (δ = -290.5<sup>[1]</sup>), monophosphaferrrocene  $[(\eta^5\text{-C}_5\text{H}_5)\text{Fe}(\eta^5\text{-PC}_4\text{H}_4)]$  **5** (δ = -67.5<sup>[4]</sup>), **3** (81.01 MHz, C<sub>6</sub>D<sub>6</sub>, 85% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> ext., δ = 153.0 (s)), and Li(P<sub>5</sub>) (δ = 470<sup>[5]</sup>). In the mass spectrum,<sup>[2]</sup> the most intense peak is the molecular peak of **3**, followed by the peak for M<sup>+</sup> - P<sub>2</sub>. So far, all attempts to prepare a single crystal suitable enough for an X-ray structure analysis have failed, both by sublimation as well as recrystallization. *cyclo-P*<sub>5</sub> is probably formed from P<sub>3</sub> and P<sub>2</sub>.<sup>[6]</sup>

### Experimental

A mixture of **2** [7] (980 mg, 2.3 mmol) and P<sub>4</sub> (1500 mg, 12.1 mmol) in xylene (80 mL) was stirred under reflux for 15 h and the insoluble material removed by filtration on a D3 frit and extracted three times with 80 mL each of CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> (393 mg of residue after drying under high vacuum). The solvent was removed from the combined extracts under oil-pump vacuum. After three extractions with 50 mL each of pentane there remained 726 mg of a brown solid whose composition could not be unequivocally established. After removal of the solvent from the green extracts (oil-pump vacuum), the residue remaining behind was sublimed. At 60°C/0.01 torr, excess phosphorus was removed; between 90° and 110°C, green needles sublimed on the wall of the glass vessel. Recrystallization from pentane furnished 175 mg of **3** (yield 11%). Correct elemental analysis.

Received: October 20, 1986;

supplemented: November 7, 1986 [Z 1957 IE]

German version: *Angew. Chem.* 99 (1987) 59

- [1] O. J. Scherer, J. Schwab, G. Wolmershäuser, W. Kaim, R. Gross, *Angew. Chem.* 98 (1986) 349; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 25 (1986) 363.
- [2] <sup>13</sup>C(<sup>1</sup>H)-NMR (50.28 MHz, C<sub>6</sub>D<sub>6</sub>, TMS intern) **3**: δ = 90.6 (s; C<sub>5</sub>Me<sub>5</sub>), 10.6 (s; CH<sub>3</sub>); **4**: δ = 78.5 (s; C<sub>5</sub>Me<sub>5</sub>), 9.8 (s; CH<sub>3</sub>). EI-MS (70 eV) of **3**: m/z 346 (M<sup>+</sup>, I<sub>rel</sub> = 100%), 284 (M<sup>+</sup> - P<sub>2</sub>, 91%), P<sub>4</sub> (19.8%), P<sub>3</sub> (7.9%), P<sub>2</sub> (53%), P (7.8%) and further, weak intensity lines.
- [3] Cf.: J. L. Robbins, N. Edelstein, B. Spencer, J. C. Smart, *J. Am. Chem. Soc.* 104 (1982) 1882.
- [4] F. Mathey, *Struct. Bonding (Berlin)* 55 (1983) 153.
- [5] M. Baudler, *Phosphorus Sulfur*, in press; M. Baudler, D. Düster, D. Ouzounis, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, in press.
- [6] Cf. also the theoretical studies on N<sub>5</sub><sup>3-</sup> and its complex stabilization. M. T. Nguyen, M. Sana, G. Leroy, J. Elguero, *Can. J. Chem.* 61 (1983) 1435; M. T. Nguyen, M. A. McGinn, A. F. Hegarty, J. Elguero, *Polyhedron* 4 (1985) 1721.
- [7] D. Catheline, D. Astruc, *Organometallics* 3 (1984) 1094, and references cited therein.

Abb. 2. Ein typischer Artikel aus unserer Zeit [6].

Gründe – Deutsch, sondern Englisch<sup>[7]</sup>. Doch ich sehe keine großen Veränderungen in der Gliederung und im Ton der chemischen Veröffentlichung. Gewiß, es werden wunderbare, völlig neue Sachen beschrieben. Messungen, die früher ein Forscherleben erforderten, werden heute in Millisekunden erledigt. Verbindungen, vor einem Jahrhundert undenkbar, werden heute leicht hergestellt und geben uns blitzschnell ihre Identität preis. All diese Ergebnisse werden mit besseren Graphiken und Computersatz in „schickeren“ Journalen, aber wahrscheinlich auf schlechterem Papier, gedruckt, jedoch im wesentlichen in der gleichen Form. Ist das gut oder schlecht?

Nun, ich denke, beides! Das Zeitschriften-Veröffentlichungssystem zur Verbreitung von Wissen hat bemerkenswert gut über mehr als zwei Jahrhunderte funktioniert. Allerdings birgt es auch Gefahren, die vor allem in der kanonischen Form der Artikel liegen; ich werde darauf am Ende noch zurückkommen. Meine Hauptsorte gilt dem, was sich beim Schreiben und Lesen eines wissenschaftlichen Artikels wirklich abspielt; dies ist weit mehr als die Weitergabe von Fakten. Um den Boden für eine Diskussion der Zeitschriftenveröffentlichung zu bereiten, muß ich zuvor erklären, was Naturwissenschaften und Chemie im besonderen für mich bedeuten.

## Meine Sicht der Chemie

Das Folgende ist lediglich meine ganz persönliche Ansicht, andere werden eine abweichende Meinung haben<sup>[8]</sup>:

### 1. Wissenschaft ist die Suche nach Erkenntnissen über die Welt

Bereits die Etymologie des englischen Wortes „science“ zeigt, ebenso wie die der deutschen Wörter „Wissenschaft“ und „Naturwissenschaft“, diesen Sinn. Der Begriff „Wahrheit“ hat hingegen keinen Bezug zu dieser Etymologie. Natürlich hängen Reproduzierbarkeit, Verifizierbarkeit und Zuverlässigkeit, die für jedes wissenschaftliche Unternehmen Voraussetzung sind, von einer *ehrlichen* Messung ab. Wissenschaftler meinen gern, daß sie nach Wahrheit streben (moralisch und ethisch betrachtet) und nicht nur Erkenntnisse gewinnen (was neutraler ist; denken Sie an den „Baum der Erkenntnis“ in der Schöpfungsgeschichte). Aber ich möchte meine Kollegen warnen; es ist gefährlich, der Welt das Bild von Wissenschaftlern als Suchende nach Wahrheit anstatt nach zuverlässigen Erkenntnissen (*reliable knowledge*<sup>[9]</sup>) zu zeichnen. Das würde uns zu Priestern machen, mit den damit verbundenen Gefahren. Mir scheint, viel von dem übertriebenen Interesse der Öffentlichkeit an den seltenen Fällen von Betrug in der Wissenschaft hat etwas von dem lüsternen Interesse der Welt an den moralischen Verfehlungen von Priestern und Geistlichen. Ich denke, wir erwerben Wissen, und dies so ehrlich wie möglich.

### 2. Wissenschaft ist teils Entdeckung, teils Kreation

Für mich bedeutet Entdecken das Offenlegen bisher unbekannt gebliebener Naturgesetze, Kreation oder Schaffen

hingegen das Entwickeln von Neuem. Beim Beschreiben ihrer Arbeit benutzen Wissenschaftler bevorzugt den Begriff Entdeckung, während die meisten Künstler vom Schaffen sprechen. Ich denke aber, daß vieles von dem, was wir in der Wissenschaft machen, ein Schaffen von Neuem ist, gerade in der Chemie. Die Synthese von Verbindungen, die es vorher auf der Erde nicht gab, ist ein klarer Beweis. Die chemische Synthese ist eine wunderbare Mischung aus Entdeckung und Kreation, die die Chemie der Kunst – und der Technik – ähnlich werden läßt<sup>[10]</sup>.

### 3. Wissenschaft wird von Menschen unter Zuhilfenahme von Werkzeugen betrieben

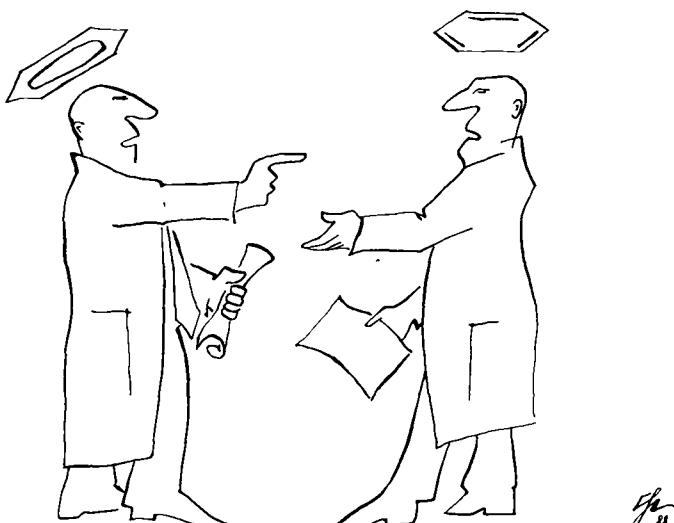
Und Menschen sind fehlbar. Die Triebkräfte zur Erforschung von Neuland sind sicherlich Neugier und uneignen-nützige, vernünftige Gründe. Aber der kreative Schaffensprozeß bezieht seine Impulse ebenso sicher aus den irrationalen dunklen, nebligen Tiefen der Psyche, wo Ängste, das Streben nach Macht, der Sexualtrieb und Kindheitstraumen schlummern. Man braucht nur *Puschkins „Mozart und Salieri“* oder seine moderne Reinkarnation, *Peter Schaffers* Theaterstück und den darauf basierenden Film „Amadeus“, zu verfolgen: Großartige Musik (lies Chemie) wird auch in derben Gefäßen in die Welt gebracht. Charakter und innerste Beweggründe sind nicht nur unwesentlich, ihre „schmutzige“ Seite kann sogar die Triebkraft für den Schaffensakt sein.

### 4. Die Wissenschaft entwickelt sich teilweise nach Regeln

Das moderne Modell der wissenschaftlichen Methode, das vielleicht in diesem Jahrhundert mit dem Namen *Karl Popper* verbunden wird, ist folgendes: a) Man macht meßbare, reproduzierbare Beobachtungen, b) die Befunde regen die Formulierung verschiedener Hypothesen oder Modelle an, c) durch weitere Experimente oder theoretische Überlegungen schließt man nacheinander die Hypothesen wieder aus, bis eine übrig bleibt, die höchstwahrscheinlich die richtige ist. Manchmal trifft dieser Ablauf zu<sup>[11]</sup>, interessanterweise allerdings meistens bei alltäglicher und nicht bei bahnbrechender Wissenschaft. Läßt sich aber nun dieses Modell auf die moderne Synthese einer nicht-natürlichen Verbindung wie beispielsweise Dodecahedran anwenden, wunderschöne C<sub>20</sub>H<sub>20</sub>-Moleküle, die so aussehen wie ihr Name? Oder etwa auf die Entwicklung der NMR-Spektroskopie, gleichermaßen nützlich für den Chemiker, um die räumliche Anordnung der Atome in einem Molekül herauszufinden, und für den Arzt, um einen Hirntumor aufzuspüren?

### 5. Wissenschaft lebt von Argumenten

Das Wort „Argument“ hat durchaus verschiedene Bedeutungen. Es kann – vor allem im Englischen – einfach „Schlußfolgerung“ oder „Tatsachenbehauptung“ bedeuten, aber auch „Streitfrage“ und „Auseinandersetzung“ um Gegensätze. Für mich sind beide Bedeutungen wichtige Elemente in der Wissenschaft: die logisch-nüchterne Schlußfolgerung und die leidenschaftlich verfochtene These, daß ein Modell, eine Theorie, eine Messung richtig und



eine andere falsch ist. Meinem Gefühl nach hat wissenschaftliche Kreativität ihren Ursprung in jener inneren Spannung eines einzelnen Menschen, zu wissen, daß er oder sie recht hat, daß aber diese Überzeugung zu anderer Leute Zufriedenheit bewiesen werden muß. Durch eine Veröffentlichung.

### **6. Wissenschaft als System funktioniert**

Der einzelne Wissenschaftler ringt um Erkenntnisse, und ein komplexes Geflecht von Motivationen treibt ihn an. Da Forscher Menschen sind, sind sie mitunter ungenau und manchmal auch für Vorurteile anfällig. Bemerkenswerterweise haben jedoch Irrtümer und Vorurteile von einzelnen Chemikern keinen Einfluß auf den Fortschritt der Chemie. Chemie als Naturwissenschaft, die gemeinsame Aktivität von einer halben Million Menschen in der Welt, so viele Chemiker gibt es etwa, schreitet voran, trotz der Fehler einzelner<sup>[12]</sup>. Die Naturwissenschaft hat eine Vielzahl von Selbstkorrekturmechanismen: Am wichtigsten ist, daß eine Beobachtung oder Theorie um so eher von jemand anderem überprüft wird, je bedeutender sie ist – oft aus gänzlich „falschen“ Gründen, getrieben aus schlichtem Mißtrauen, entstanden aus der Überzeugung, daß die ursprüngliche Beobachtung falsch sein muß. Es kommt allerdings nicht darauf an, warum ein Chemiker eine wichtige Synthese wiederholt oder eine alternative Theorie prüft – es dient dem Fortschritt in der Chemie.

Und doch, daß ein Chemiker *versucht*, den Mechanismus eines anderen zu widerlegen oder eine Verbindung zuerst zu synthetisieren, ist wesentlich. Denn ohne den menschlichen Impuls würde nichts erreicht werden. Sie ist etwas Merkwürdiges, unsere Wissenschaft – ein unglaublich robustes, aufregendes und nützliches System von Erkenntnissen, aufgebaut von fehlbaren Menschen, wobei der Fortschritt abhängig ist von eben deren Unvollkommenheit.

### **7. Chemie ist die Wissenschaft von den Molekülen**

Muß ich noch mehr sagen? Es gibt Grenzen dieser Definition, aber Moleküle, von zweiatomigen bis zur Carboanhydrase und zu  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ , sind unser Metier. Sie sind

auch ein großes Geschäft:  $10^{11}$  Kilogramm Schwefelsäure werden jährlich auf der ganzen Welt produziert und mehr Pfund Ammoniak als Menschen die Erde bevölkern.

### **8. Chemie ist nicht auf Physik reduzierbar**

Seit zwei Jahrhunderten haben wir uns mit dem Reduktionismus auseinanderzusetzen. Mit diesem Ausdruck meine ich die Aufstellung einer hierarchischen Ordnung der Wissenschaften: Sozialwissenschaften, Biologie, Chemie, Physik und die These, daß wirkliches Verstehen in einer Wissenschaft letztlich nur im Rahmen der in der Hierarchie unter ihr stehenden möglich ist (Reduktion)<sup>[13]</sup>. Mein Gefühl ist, daß Wissenschaftler den Reduktionismus als eine Ideologie übernehmen, aber er hat mit der Wirklichkeit der produktiven Arbeit in irgendeinem Fach nichts zu tun, und die Idee ist gefährlich. Ich werde auf die Gefahren noch zu sprechen kommen. Ich denke, in der Wirklichkeit ergibt sich aus jeder menschlichen Aktivität ein Satz von Zielen, Fragen und Konzepten. Wir könnten diese Kategorien nennen. Verständnis kann vertikal, in einer reduktionistischen Weise, oder aber horizontal, basierend auf den Konzepten und Fragen der jeweiligen Wissenschaft, definiert werden. Die meisten nützlichen Konzepte in der Chemie sind unpräzise (z. B. die Aromatizität, die funktionelle Gruppe, der sterische Effekt und die Molekülspannung); reduziert auf Physik, verflüchtigen sie sich<sup>[14]</sup>. Aber sie waren und sind der Quell wunderbarer Chemie.

### **Was wirklich in einer chemischen Publikation passiert**

Man könnte fortfahren und andere Gesichtspunkte über Wissenschaft und Chemie anführen, aber mir genügen diese, um eine Diskussion über die chemische Veröffentlichung, und was in ihr geschieht, zu beginnen.

Oberflächlich betrachtet, ist ein Artikel eine Mitteilung von Tatsachen, vielleicht eine Diskussion, immer leidenschaftslos und rational, über alternative Mechanismen oder Theorien mit einer mehr oder weniger überzeugenden Wahl zwischen ihnen, oder die Vorstellung einer neuen Meßtechnik, einer neuen Theorie. Und es funktioniert! Ein Experiment, das z. B. in der „Angewandten Chemie“ in Deutsch oder Englisch beschrieben wurde, kann wiederholt werden (wie leicht es wiederholt werden kann, ist eine andere Geschichte<sup>[15]</sup>), auch von jemandem mit nur geringen Deutsch- oder Englisch-Kenntnissen, in Okazaki oder in Krasnojarsk. Dieses grundlegende Merkmal der möglichen oder wirklichen Reproduzierbarkeit ist für mich der eigentliche Beweis, daß Wissenschaft zuverlässige Erkenntnisse schafft<sup>[16]</sup>.

Aber auf vielerlei Weise steckt mehr in wissenschaftlichen Artikeln als augenscheinlich ist. Ich sehe das an den folgenden Themen; viele davon werden auch in einem demnächst erscheinenden, wichtigen Buch von David Locke eingehender beschrieben und analysiert<sup>[17]</sup>.

### **Kunst**

Die chemische Veröffentlichung ist ein Kunstwerk. Lassen Sie mich ausführen, was als radikale Übertreibung an-

gesehen werden kann. Was ist Kunst? Ganz Verschiedenes für verschiedene Leute. Ein Aspekt der Kunst ist die Ästhetik, ein anderer, daß sie Emotionen hervorruft. In einem weiteren Versuch, eine Definition dieser lebenserhöhenden menschlichen Aktivität zu geben, möchte ich sagen, Kunst ist die Suche von Menschen nach dem Wesentlichen eines Teilespektes der Natur oder von Gefühlen. Kunst ist konstruiert, menschlich und offensichtlich unverständlich.

Was in einer wissenschaftlichen Zeitschrift gedruckt erscheint, ist keine genaue und wahrheitsgetreue Wiedergabe dessen, was geschehen ist (ob es so etwas überhaupt geben kann, wäre zu diskutieren). Es ist auch kein Laborjournal, und wir wissen, daß selbst diese nur eine teilweise verlässliche Beschreibung dessen geben, was im Laboratorium passierte. Es ist ein mehr oder weniger (man wünschte sich mehr) sorgfältig konstruierter, von Menschen erstellter *Text*. Die meisten der Hindernisse bei einer Synthese oder beim Bau eines Spektrometers sind herausgefiltert worden. Die, die im Text erwähnt sind, dienen der rhetorischen Absicht (die deshalb nicht weniger stark ist, weil sie unterdrückt ist), den Autor in einem besseren Licht erscheinen zu lassen. Die bewältigten Hindernisse heben den Erfolg der ganzen Geschichte hervor.

Die chemische Publikation ist eine von Menschen konzipierte, konstruierte Abstraktion der chemischen Geschehnisse. Wenn man Glück hat, wird beim Lesen eine emotionale oder ästhetische Resonanz hervorgerufen.

Sollten wir beschämt sein zuzugeben, daß unsere Artikel keine perfekten Wiedergaben, sondern in wesentlichen Teilen literarische Texte sind? Ich denke nicht. Im Gegenteil, ich finde, es ist etwas außergewöhnlich Schönes in unseren Artikeln. Diese „Botschaften, die uns verlassen“, um ein Wort von *Jacques Derrida*<sup>[18]</sup> sinngemäß zu gebrauchen, verlassen uns in der Tat und werden zu sorgfältigen Lesern in jedes Land der Welt geschickt. Dort werden sie gelesen, in ihrer ursprünglichen Sprache, und verstanden, dort rufen sie Wohlgefallen hervor *und* können in chemische Reaktionen, wirklich neue Sachen, umgesetzt werden. Es wäre kaum zu glauben, geschähe es nicht Tausende von Malen jeden Tag.

### Geschichte

Eines der oft zitierten Merkmale, in denen sich die Wissenschaft von der Kunst unterscheidet, ist der offensichtliche Sinn für Chronologie in der Wissenschaft. Das wird deutlich im reichlichen Gebrauch von Quellenangaben. Aber ist das die wirkliche Geschichte, oder ist es eine geschönte Version?

Eine bekannte Stilfibel für chemische Veröffentlichungen warnt:

“... one approach which is to be avoided is narration of the whole chronology of work on a problem. The full story of a research may include an initial wrong guess, a false clue, a misinterpretation of directions, a fortuitous circumstance; such details possibly may have entertainment value in a talk on the research, but they are probably out of place in a formal paper. A paper should present, as directly as possible, the objective of the work, the results and the conclusions; the chance happenings along the way are of little consequence in the permanent record.”<sup>[19]</sup>

Ich begrüße kurze, prägnante Darstellungen. Aber der Ratschlag dieser Stilfibel führt, falls man ihm folgt, zu Verbrechen gegen die menschliche Natur des Wissenschaftlers. Denn um einen „keimfreien“, mustergültigen Bericht über eine chemische Studie zu liefern, unterschlägt man viele der wirklich kreativen Taten. Darunter jene, wie der menschliche Geist und die Hände auf die „zufälligen Ereignisse“, die „glücklichen Umstände“ – alle Elemente von Serendipität und kreativer Eingebung – reagieren<sup>[20]</sup>.

Aus anderer Sicht betrachtet, demonstriert der oben zitierte Rat für einen guten wissenschaftlichen Stil sehr deutlich, daß der chemische Artikel *keine* wahre Darstellung dessen ist, was geschah oder was gelernt wurde, sondern daß er ein konstruierter Text ist.

### Sprache

Wissenschaftler neigen zu der Annahme, daß das, was sie sagen, nicht von der Sprache, die sie benutzen, beeinflußt sei, weder von der Sprache als Ganzes (Deutsch, Französisch, Chinesisch), noch von der Wortwahl innerhalb einer Sprache. Sie denken, daß die verwendeten Wörter, vorausgesetzt, sie sind gut definiert, lediglich Spiegelungen einer zugrundeliegenden materiellen Wirklichkeit sind, die sie, die Wissenschaftler, entdeckt oder mathematisiert haben. Weil Wörter getreue Abbilder dieser Wirklichkeit sind, sollten sie problemlos in jede Sprache übersetbar sein.

Dieser Standpunkt *ist* vertretbar – sobald die Synthese des neuen Hochtemperatur-Supraleiters  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  beschrieben war, *wurde* sie reproduziert, in Hunderten von Laboratorien rund um die Welt.

Aber die wirkliche Situation ist viel komplexer. In einem bestimmten Sinn sind Wörter alles, was wir haben. Und die Wörter, die wir haben, sind in jeder Sprache unklar definiert, doppeldeutig. In einem Wörterbuch beißt sich die Katze in den Schwanz – versuchen Sie es nur, und sehen Sie selbst, wie schnell sich eine Kette von Definitionen in sich selbst schließt. Beweisführung und Argumentation, so wesentlich für die Kommunikation in der Wissenschaft, gehen in Worten vor sich. Und je heftiger die Auseinandersetzung, desto einfacher und bedeutungsvoller die Worte<sup>[21]</sup>.

Wie kommt der Chemiker da heraus? Vielleicht, indem er sich vergegenwärtigt, was einige unserer Kollegen in Linguistik und Literaturkritik während des letzten Jahrhunderts gelernt haben<sup>[22]</sup>. Das Wort ist ein Zeichen, Teil eines Codes. Es bezeichnet etwas, das ist sicher, aber was es bezeichnet, das muß vom Leser selbst entschlüsselt oder ausgelegt werden. Wenn zwei Leser verschiedene Entschlüsselungsmechanismen haben, dann werden sie von einem Text verschiedene Lesarten, verschiedene Bedeutungen erhalten. Der Grund, daß Chemie überall in der Welt praktizierbar ist, so daß die BASF eine Fabrik in Deutschland oder Brasilien bauen kann, in der Erwartung, daß sie funktioniert, liegt darin, daß Chemikern in ihrer Ausbildung der gleiche Satz von Zeichen beigebracht wurde.

Ich denke, dies ist ein Teil dessen, was *Carl Friedrich von Weizsäcker* in einem scharfsinnigen Artikel über die „Sprache der Physik“<sup>[23]</sup> zum Ausdruck gebracht hat: Wenn man einen wissenschaftlichen Physik- (oder Che-

mie-)vortrag im Detail untersucht, so findet man ihn voller ungenauer Ausdrücke, unvollständiger und nicht zu Ende geführter Sätze etc. Es wird gewöhnlich ohne Manuskript vorgetragen; Geisteswissenschaftler lesen hingegen einen Text meistens ab. Die Sprache der Physik- oder Chemievorträge ist oft ungenau. Doch die Fachkollegen verstehen diese Darstellungen (naja, einige wenigstens). Der Grund ist, daß der Vortragende sich eines Codes bedient, und daß Vortragender und Zuhörer ein zumindest bezüglich der Grundlagen gemeinsames Wissen haben. Der oder die Vortragende muß also den Satz gar nicht beenden – die meisten wissen nach der Hälfte, was gemeint ist.

### Graphische Darstellungen

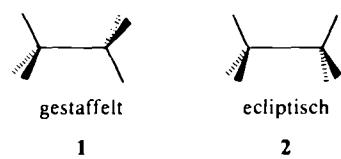
Die Semiotik der Chemie wird am deutlichsten in den Strukturen der Moleküle, die fast jede Seite einer Chemiezeitschrift schmücken und einen Artikel auf den ersten Blick als chemisch ausweisen<sup>[24, 25]</sup>. Seit etwas mehr als einem Jahrhundert weiß man, daß die Struktur eines Moleküls wesentlich ist. Es geht nicht nur darum, welche atomaren Bestandteile vorhanden sind, sondern auch darum, wie sie verknüpft sind, wie sie im dreidimensionalen Raum angeordnet sind und wie leicht sie sich aus ihren Gleichgewichtspositionen herausbewegen. Die Struktur eines Moleküls, hiermit meine ich die Anordnung von Atomkernen und Elektronen im Raum, und zwar sowohl die statische Gleichgewichtsstruktur als auch die Dynamik, bestimmt jede seiner physikalischen, chemischen und letztendlich biologischen Eigenschaften.

Es ist entscheidend für Chemiker, Informationen über dreidimensionale Strukturen untereinander auszutauschen. Die Medien für diese Kommunikation sind jedoch lediglich zweidimensional – ein Blatt Papier, eine Leinwand. Somit stößt man sofort auf das Problem der Darstellung.

Eigentlich ist das Problem bereits anderweitig vorhanden. Was ist ein Kugel-Stab-Modell eines Moleküls? Entspricht es der Wirklichkeit? Bestimmt nicht. Das Modell ist lediglich eine Darstellung der Gleichgewichtspositionen der Atomkerne, wobei einige weitere Annahmen über die Bindung gemacht wurden. Ein lehrreiches Videoband aus dem Laboratorium von F. P. Brooks, Jr. von der Universität von North Carolina trägt den Titel: „Wie sieht ein Protein aus?“ Das Videoband zeigt 40 verschiedene Darstellungen (was mir die Holzschnittserie von *Hokusai* mit dem Titel „36 Ansichten des Berges Fuji“ in Erinnerung rief) von Superoxid-Dismutase: ein Kugel-Stab-Modell, ein Kalottenmodell, das elektrostatische Feld um das Molekül, das mit einer Punktladung erfaßt werden kann etc.<sup>[26]</sup>.

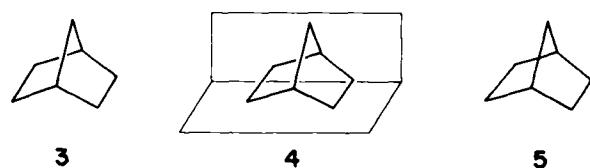
Lassen Sie mich zum Problem der Kommunikation zurückkehren. Chemiker sind gezwungen, Informationen über dreidimensionale Strukturen zweidimensional weiterzugeben. Aber sie sind nicht gerade begabt dafür. Junge Leute entscheiden sich nicht nach ihren künstlerischen Fähigkeiten und werden auch nicht danach ausgewählt, Chemiker zu werden. Es wird also von Leuten verlangt, etwas zu tun, wofür sie nicht begabt sind. Das ist auch gleich eine Definition des Lebens! Chemiker werden damit fertig, indem sie als Notbehelf einen Code für die Weitergabe dreidimensionaler Strukturen erfanden. Und sie trainieren den Nachwuchs, diesen Code zu beherrschen. Verschiedene Elemente dieses Codes sind Chemikern als Fischer- oder

Newman-Projektionen oder als Keil-Strich-Formeln bekannt. Ein Ethanmolekül, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, wird in zwei möglichen Geometrien, 1 und 2, dargestellt.



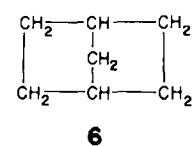
(Beachten Sie einen anderen Teil des Codes: die Kohlenstoffatome sind die Kreuzungspunkte von vier Linien in der Zeichnung, aber diese sind nicht mit C bezeichnet. Wasserstoffatome sind an den Endpunkten der Linien; sie sind ebenfalls nicht als solche gekennzeichnet.) Das Zeichensystem ist einfach: Ein durchgezogener Strich liegt in der Ebene des Papiers, ein Keil weist vor, eine gestrichelte Linie („Flohleiter“) hinter die Papierebene. Dies mag für einige Leute genügen, damit sie diese Strukturen dreidimensional sehen, aber in das Nervennetz, das Darstellungen wahrnimmt und verarbeitet, werden sie für immer eingeprägt, wenn man mit einem Kugel-Stab-Modell spielt (mit den Händen, nicht mit einem Computer), während man diese Bilder betrachtet.

Es ist faszinierend, diese vielen chemischen Strukturen auf den Seiten jeder Chemiezeitschrift zu sehen und sich klarzumachen, daß mit Hilfe dieser minimalen Informationen Menschen wirklich Moleküle vor ihrem geistigen Auge erblicken. Die Anhaltspunkte für das räumliche Sehen sind minimal. Die Moleküle schweben, und es wird einem gewöhnlich abgeraten, Bezugsebenen als Sehhilfe einzzeichnen (3/4).



Einige Chemiker verlassen sich so sehr auf den Code, daß sie nicht 3, sondern 5 zeichnen. Worin liegt der Unterschied? Eine Linie „kreuzt“, anstatt zu „unterbrechen“. Was für ein einfaches Hilfsmittel für die räumliche Vorstellung, daß ein Teil eines Moleküls hinter einem anderen liegt, wird in 3 gegeben und fehlt in 5! Die Person, die 5 zeichnet, setzt beim Leser viel voraus, und ich wette, er oder sie denkt darüber kaum nach.

Die redaktionellen Gepflogenheiten von Zeitschriften, ihre wirtschaftlichen Grenzen und die verfügbare Technik setzen nicht nur dem Schranken, was gedruckt wird, sondern auch, wie wir über, z. B. Moleküle, denken. Nehmen wir Norbornan, C<sub>9</sub>H<sub>12</sub>, Molekül 3. Bis ungefähr 1950 war keine Zeitschrift in der Welt vorbereitet, die Strukturformel 3 zu drucken. Norbornan wurde durch Formel 6 dar-



gestellt. Jedoch wußte jeder seit 1874, daß das Kohlenstoffatom tetraedrisch ist, was bedeutet, daß die vier von ihm ausgehenden Bindungen wie die Strahlen vom Zentrum eines Tetraeders zu seinen Spitzen verlaufen. Sie können diese Geometrie an den beiden Kohlenstoffatomen der Strukturen 1 und 2 erkennen. Modelle der Moleküle waren vorhanden oder konnten relativ leicht hergestellt werden. Doch ich vermisse, daß das Bild von Norbornan, welches ein typischer Chemiker um 1925 im Kopf hatte, wie 6 und nicht wie 3 aussah. Er wurde durch das geprägt, was er in einer Zeitschrift oder einem Lehrbuch sah – eine Abbildung. Er wurde zum Handeln bewegt, z. B. bei der Synthese eines Derivates dieses Moleküls, durch diese unrealistische Darstellung.

Vielleicht ist das aber nicht so verschieden von der Art, wie wir „ans Verlieben gehen“, ausgestattet mit einem nur stückweise verlässlichen Satz von Bildern aus Romanen und Filmen.

### Stil

Jedes Handbuch des wissenschaftlichen Schreibstils, das ich gesehen habe, ermahnt Sie, einen unpersönlichen, zeitlosen, superrationalen Stil zu benutzen. Bitte geben Sie uns nur die Fakten, meine Herren, nichts als die Fakten! Doch der eigene Stil bricht immer wieder durch. Meine Veröffentlichungen sind in einem Journal schon am Platzanteil für graphisches Material erkennbar oder der Art, wie ich meine Orbitale „aufstelle“. R. B. Woodwards Publikationen waren an der (konstruierten) Eleganz ihrer wissenschaftlichen Handlung und an der nicht minder eleganten Wahl und Abfolge seiner Worte erkennbar. Ich kann eine Veröffentlichung von Jack Dunitz, Rolf Huisgen, Rudolf Hoppe oder Bill Doering lesen und höre ihre Stimmen in diesen Artikeln, genauso sicher wie ich auch die Stimme von A. R. Ammons, einem großen amerikanischen Dichter, oder von Bertold Brecht vernehme, wenn ich ihr Werk auf einer gedruckten Seite sehe.

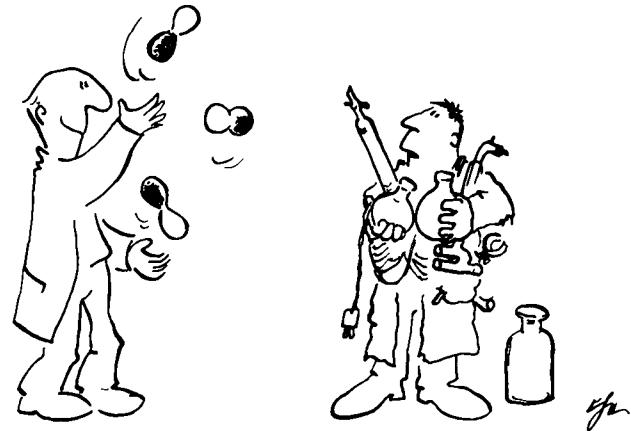
Es liegt in der Natur von kreativen Menschen, einen eigenen Stil zu haben. Warum sollte ich über meine Theorien genauso schreiben wie Bill Goddard, ein Theoretiker, den ich bewundere, über seine; man erwartet ja auch nicht von Karlheinz Stockhausen und Pierre Boulez, daß sie gleichklingende Klavierstücke komponieren.

### Dialektische Auseinandersetzungen

Ein ausgewogen und wohlformulierter wissenschaftlicher Artikel kann starke Emotionen, rhetorische Manöver und Machtansprüche verdecken. Einer wurde bereits erwähnt – der Wunsch zu überzeugen, herauszuschreien: „Ich habe recht, ihr habt alle unrecht!“, wobei man mit den etablierten Anstandsregeln in Konflikt gerät, von denen man erwartet, daß sie auch für den Umgang von Gelehrten miteinander gelten. Wo man die Grenze zieht, hängt vom Individuum ab.

Eine andere unausgesprochene Rivalität herrscht zwischen Experiment und Theorie. Es ist nichts Besonderes in der Haßliebe zwischen Experimentatoren und Theoretikern in der Chemie. Man kann „Schriftsteller“ und „Kritiker“ einsetzen und über Literatur reden oder die entspre-

chenden Charakteristika aus der Wirtschaftswissenschaft finden. Die Beziehungen können leicht karikiert werden – Experimentatoren halten Theoretiker für realitätsfremd, für Wolkenkuckucksheimbauer. Doch sie brauchen die theoretischen Konzepte, die die Theoretiker liefern. Theoretiker mögen Experimenten mißtrauen oder wünschen, jemand möge das noch fehlende Experiment durchführen, aber wo wären die Theoretiker ohne irgendeinen Kontakt zur Wirklichkeit.



Eine amüsante Manifestation der Gefühle in dieser An-gelegenheit kann in den gelegentlich ausgedehnten quasi-theoretischen Diskussionsteilen von experimentellen Publika-tionen gefunden werden. Teilweise enthalten diese Abschnitte ein aufrichtiges Bemühen um Verständnis, aber mitunter wird der Versuch gemacht, das Ideal im reduktionistischen Sinn (mit einem übertriebenen Betonen des Mathe-matischen) zu benutzen ... um die Kollegen zu beein-drucken. Ich nehme oft mehr Literaturstellen über experi-mentelle Arbeiten in meine theoretischen Artikel auf, als ich muß, in der Hoffnung, daß mir die Experimentatoren in der Leserschaft eher glauben und mehr Zeit schenken. Wenn ich experimentellen Chemikern zeige, daß ich über ihre Arbeiten Bescheid weiß, so nehmen sie sich vielleicht etwas Zeit für meine wilden Spekulationen.

Eine andere Auseinandersetzung, der ersten verwandt, existiert zwischen der reinen und der angewandten Che-mie. Es ist interessant, daß diese Entfremdung ihre Wurzeln wahrscheinlich ebenfalls in Deutschland hat, in der Mitte des 19. Jahrhunderts; es erscheint mir, daß sich in der anderen chemischen Großmacht jener Zeit, in Eng-land, die Trennung weniger stark ausprägte. Es ist typisch, in Veröffentlichungen der chemischen Grundlagenfor-schung mögliche industrielle Anwendungen zu erwähnen, auch wenn es „weit hergeholt“ ist. Zugleich beobachtet man ein Zurückweichen, einen Unwillen, sich mit der oft widerspenstigen, schrecklich komplizierten Welt der, sagen wir, industriellen Katalyse zu befassen. Und in industriel-len Umgebungen versucht man, akademische Würden zu erlangen (relativ typisch z. B. für die Leiter der chemischen Industrie in Deutschland).

### Das Es will heraus

Ich benutze den Begriff des Es im psychoanalytischen Sinne, bezogen auf den Komplex von instinktiven Wün-

schen und Ängsten, die dem Unbewußten innwohnen. Einerseits sind diese irrationalen Impulse, von denen der Sexual- und der Aggressionstrieb am deutlichsten zu Tage treten, unser dunkler Teil, andererseits liefern sie die motivierende Kraft für kreative Handlungen<sup>[27]</sup>.

Das Irrationale scheint im geschriebenen wissenschaftlichen Wort erfolgreich unterdrückt zu sein. Aber natürlich sind Wissenschaftler auch Menschen, gleichgültig, wie sehr sie in ihren Veröffentlichungen auch vorgeben, daß sie es nicht seien. Ihre inneren unlogischen Kräfte drängen nach draußen. Wohin? Wenn man sie nicht ans Tageslicht läßt, auf die gedruckte Seite, dann kriechen sie heraus oder explodieren in der Nacht, wo die Dinge versteckt sind, und keiner sieht, wie gemein man ist. Ich beziehe mich natürlich auf das anonyme Begutachtungsverfahren und die mitunter unglaublich irrationalen Stellungnahmen, die es guten und ansonsten vernünftigen Wissenschaftlern entlockt. Man muß sich irgendwann einmal gehen lassen ...

Ich bin überzeugt, daß die Tatsache, daß die Sprache unter Druck steht, die chemischen Veröffentlichungen vor Langweiligkeit bewahrt. Wir versuchen, Dinge mit Worten zu vermitteln, die vielleicht gar nicht in Worten ausgedrückt werden können, sondern anderer Zeichen bedürfen – Strukturen, Gleichungen, graphischer Darstellungen. Und wir versuchen angestrengt, Gefühle aus dem auszumerzen, was wir sagen. Was unmöglich ist. Daher werden die Worte, die wir benutzen, gelegentlich mit der Spannung von all dem überladen, was *nicht* gesagt worden ist.

...

Es passiert also sehr viel in einem wissenschaftlichen Artikel. Ich will Ihnen lange Listen von Phrasen ersparen, die ich in vielen Laboratorien habe hängen sehen und die gefeilte Texte in das übersetzen, was sie wirklich bedeuten. Zum Beispiel: „Ein Prozeß langsamen Abkühlens über einen Zeitraum von vier Wochen ergab in 90% Ausbeute schwarze Kristalle von ...“ bedeutet „Ich ging in Urlaub und vergaß den Kolben auszuspülen. Als ich zurückkam ...“ Und so weiter.

Ich möchte zu der Schwierigkeit zurückkehren zu entscheiden, was Wahrheit im wissenschaftlichen Prozeß ist. In einem 1985 erschienenen Aufsatz befaßt sich *Harald Weinrich*<sup>[28]</sup> mit dem klassischen „Nature“-Artikel von *Watson* und *Crick* über die Struktur der DNA, veröffentlicht im Jahre 1953. Er ist prägnant, vortrefflich begründet, elegant. *David Locke* analysiert in seinem Buch die rhetorische Struktur und den Gebrauch der Ironie im selben Artikel<sup>[17]</sup>. Ich denke, die meisten Leser waren sofort überzeugt, daß *Watson* und *Crick* in ihrer Publikation die Wahrheit schrieben, daß es so sein mußte. Und es stimmte tatsächlich (abgesehen von kleineren Änderungen im System der Wasserstoffbrückenbindungen in ungewöhnlichen Formen der DNA). Das Watson-und-Crick-Modell war und ist richtig; was will man mehr?

Aber dann schreibt *Watson* 1968 ein Buch, „Die Doppel-Helix“, in welchem er die Geschichte erzählt, wie sie sich wirklich abspielte. Natürlich ist es eine egozentrische Geschichte und nicht freundlich oder gerecht gegenüber *Rosalind Franklin* und anderen. *Watsons* Geschichte ist wie eine der vier Ansichten eines Ereignisses in *Akira Kurosawas* meisterhaftem Film „Rashomon“. Man braucht andere Ansichten, welche einige Historiker beigesteuert

haben. Aber es ist keine Frage, daß *Watsons* Bericht pakend und voller Leben ist. Hierin erzählt er uns, wie er die Wahrheit sieht, es ist ein großartiges Buch.

Aber (und hier folge ich *Weinrich*) was ist die Wahrheit: Ist es die Publikation aus dem Jahre 1953 von *Watson* und *Crick* oder ist es *Watsons* Buch aus dem Jahre 1968? Läßt dieses jene Veröffentlichung geringer erschienen? Es macht nachdenklich.

## Was muß getan werden?

Ich habe versucht, den wissenschaftlichen Artikel zu dekonstruieren (um in der Sprache der kritischen Theorie zu sprechen), der in seiner gegenwärtigen Form seit über hundert Jahren verknöchert ist. Ich denke, ich hätte dies besser anhand eines spezifischen Texts tun können, aber dann wäre ich Gefahr gelaufen, wegen Verleumdung verklagt zu werden oder Freunde zu verlieren. Und es liegt nun einmal in der Natur der Menschen, die eigene Arbeit nicht aufrichtig, gründlich kritisieren zu können; auch ich bringe es nicht fertig. Aber ich bin sicher, jeder Chemiker würde einige hervorragende Beispiele für das, auf was ich anspleie, speziell in den Arbeiten seiner weniger geschätzten Kollegen.

Die Dekonstruktion geschieht von mir nicht aus böser Absicht, sondern aus Sorge. Ich liebe diese Molekulwissenschaft. Ich liebe ihren Reichtum und die zugrundeliegende Einfachheit, aber am meisten die ergiebige, lebenspendende Vielfalt und die Verknüpfungen der gesamten Chemie. Lassen Sie mich ein Beispiel geben (Abb. 3): Ich sehe C<sub>2</sub> in einem Kohlenstofflichtbogen ebenso wie im Schweif des Halleyschen Kometen<sup>[29a]</sup>. Ich sehe C<sub>2</sub> in Acetylen, Ethylen und Ethan. Ich sehe es in den schönen Molekülkomplexen von *P. Wolczanski*<sup>[29b]</sup>, *M. I. Bruce*<sup>[29c]</sup> und *G. Longoni*<sup>[29d]</sup> und ihren jeweiligen Mitarbeitern. Ich sehe es in CaC<sub>2</sub> und in den Carbiden der Seltenerdmetalle von *W. Jeitschko*<sup>[29e]</sup> und *A. Simon*<sup>[29f]</sup> und ihren Mitarbeitern. Es ist überwältigend!

Ich weiß, daß dieser Reichtum von Menschen geschaffen wurde. Daher bin ich unglücklich, daß sie ihre Menschlichkeit selbst unterdrücken, wenn sie einen Artikel schreiben. Ich behaupte auch, daß die gegenwärtige geistige Haltung der Wissenschaftler und ihre rituelle Form der Verständigung einige wirkliche Gefahren birgt: Die Hinnahme einer gefälligen reduktionistischen Philosophie, die Aneignung einer vertikalen Art und Weise des Verständnisses als einzige Form, schafft eine Kluft zwischen uns und unseren Freunden in der Kunst und in den Geisteswissenschaften. Diese wissen sehr wohl, daß es nicht nur ein „Verständnis“ vom oder einen Umgang mit dem Tod eines Elternteils, eine Einschätzung einer politischen Wahl oder eine Betrachtungsweise eines Holzschnittes von *Ernst Ludwig Kirchner* gibt. – Die Welt da draußen ist widerspenstig gegenüber Reduktion, und wenn wir darauf bestehen, daß sie reduzierbar sein muß, so kapseln wir uns nur ab. Wir untersuchen dann in einer schönen kleinen Nische eine kleine Gruppe von Problemen, die einem reduktionistischen Verständnis zugänglich sind.

Eine zweite Gefahr, die spezifisch den wissenschaftlichen Artikel betrifft, ist, daß wir durch die Entmenschlichung unserer Form der Verständigung, durch die Entfer-

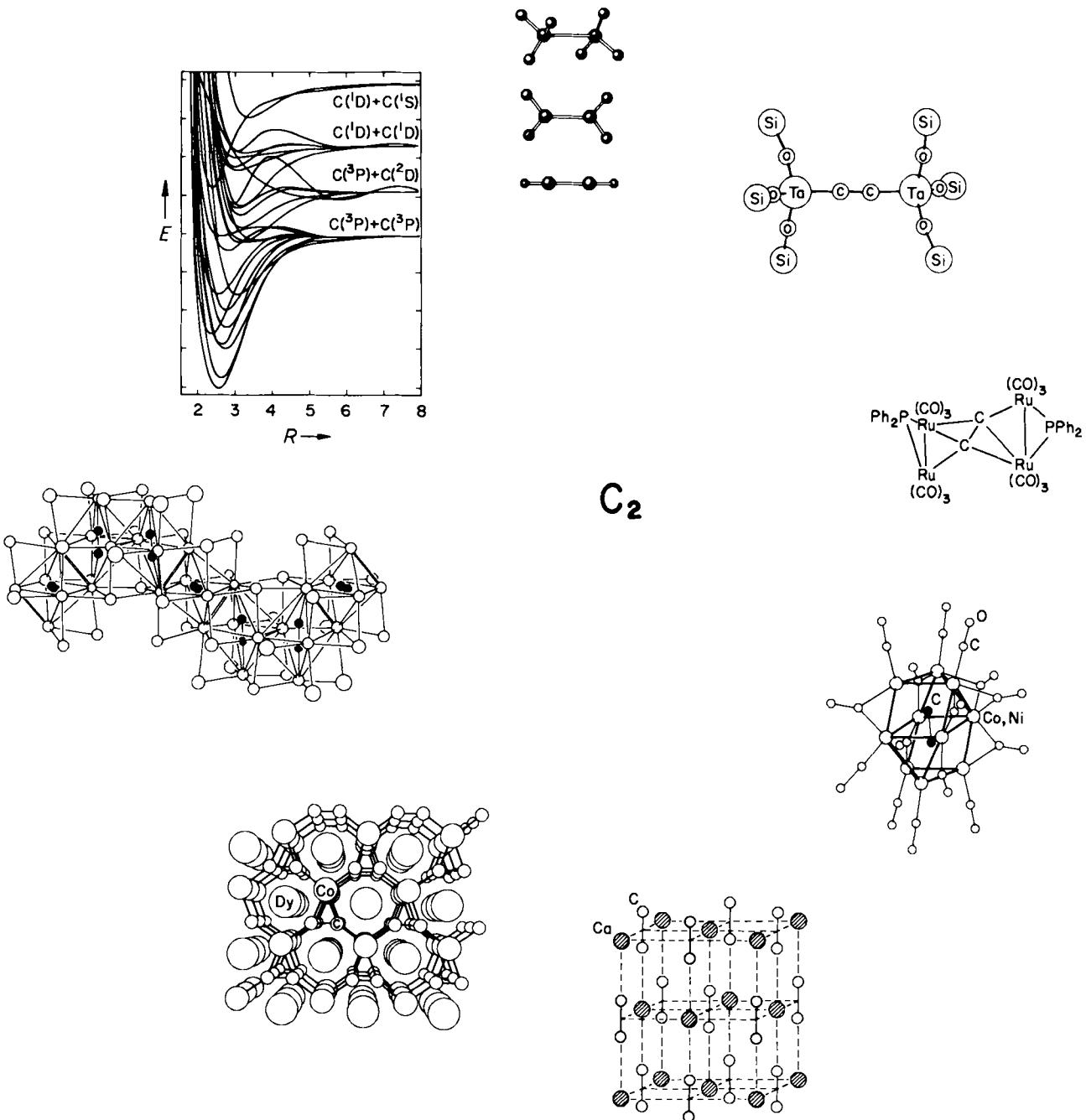


Abb. 3. Einige Beispiele, in denen  $C_2$  seinen Weg in diese Welt findet. Im Uhrzeigersinn bei 10 Uhr 30 beginnend: a) einige berechnete Kurven der potentiellen Energie für zweiatomiges  $C_2$  [29a]; b) Ethan, Ethylen, Acetylen; c) ein zweikerniger  $C_2$ -verbrückter Tantal-Komplex [29b]; d) ein  $Ru_4C_2$ -Cluster [29c]; e)  $C_2$  innerhalb eines  $Co_3Ni_7$ -Clusters [29d]; f) Calciumcarbid; g)  $DyCoC_2$  [29e]; h)  $Gd_{12}C_6I_{17}$  [29f].

nung von Emotionen, Motivationen und dem gelegentlich Irrationalen tatsächlich weitaus mehr getan haben dürfen, als die Naturphilosophen davon zu jagen. Dies haben wir auf jeden Fall erreicht. Aber 150 Jahre später haben wir ein mechanisches ritualisiertes Produkt geschaffen, das  $3 \times 10^5$  mal im Jahr die Vorstellung verbreitet, Wissenschaftler seien trocken, gefühllos und nur für Kurven in einem Spektrum empfänglich. Die Öffentlichkeit beurteilt uns nach unseren Produkten. Wie kann sie es anders, wenn wir keine ausreichenden Anstrengungen unternehmen, der Öffentlichkeit zu erklären, was das ist, was wir in unserer vom Fachchinesisch verbarrikadierten Welt tun?

Was muß getan werden? Ich plädiere für eine allgemeine Humanisierung des Veröffentlichungsprozesses. Laßt uns die Zwänge bezüglich der Wortwahl, die uns von den Redaktionen oder von uns selbst auferlegt werden, etwas lockern und von Motivationen, persönlichen oder wissenschaftlichen, von Gefühlen, von geschichtlichen Begebenheiten, selbst von etwas Irrationalem in einer Originalveröffentlichung schreiben. Was macht es schon, wenn es etwas mehr Platz beansprucht? Wir können mit der chemischen Literatur Schritt halten und die Masse der Routinearbeiten ohne große Schwierigkeiten von dem, was wirklich innovativ ist, unterscheiden. Der menschliche Ton

wird nicht ablenken; er kann uns sogar dazu bringen, die Hauptsache des Gesagten sorgfältiger zu lesen. Ich möchte für ein Bewerten und Lehren des Stils in den geschriebenen und gesprochenen Muttersprache und auch in Englisch plädieren. Die Chemie hat viel zu gewinnen von einer Wiederbelebung des persönlichen, emotionalen Stils bei der Beschreibung der Anstrengungen, die Welt der Moleküle zu entdecken und kreativ zu erweitern.

Eingegangen am 13. März 1988 [A 701]  
Übersetzt von Daniela und Christoph Janiak  
Cartoons: Constanze Heller

- [1] Die „Angewandte Chemie“ ist für mich immer sehr wichtig gewesen; ich widme deshalb diesen Beitrag den ehemaligen und gegenwärtigen Redaktionsmitgliedern.
- [2] E. Garfield: *Essays of an Information Scientist*, ISI Press, Philadelphia, USA 1981, S. 394–400, zit. Lit.
- [3] a) S. Shapin, *Social Stud. Sci.* 14 (1984) 487; b) P. Dear, *Isis* 76 (1985) 145; c) F. L. Holmes in P. Dear (Hrsg.): *The Paper Laboratory*, University of Pennsylvania Press, Philadelphia, USA, im Druck.
- [4] F. Goldmann, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* 21 (1888) 1176.
- [5] Für eine Diskussion der Entwicklung des wissenschaftlichen Schreibens siehe: B. Coleman, *New York Times Book Review*, 27. September 1987, S. 1; R. Wallsgrove, *New Sci.* 116 (1987) Nr. 24, S. 55.
- [6] O. J. Scherer, T. Brück, *Angew. Chem.* 99 (1987) 59; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 26 (1987) 59.
- [7] Die hier gezeigte Version ist in englischer Sprache. Die „Angewandte Chemie“ ist die einzige wissenschaftliche Chemiezeitschrift, die (seit 27 Jahren) sowohl in Englisch als auch in Deutsch erscheint.
- [8] Eine anschauliche Darstellung der Vielfalt von Einstellungen dazu, was Wissenschaft ist, bietet die Diskussion in der Zeitschrift „Nature“ 330 (1987) 308, 689; 331 (1988) 129, 558, die von einem Artikel von T. Theodoridis und M. Psimopoulos (*Nature* 329 (1986) 595) ausgelöst wurde.
- [9] Der Ausdruck wird zitiert nach J. Ziman: *Reliable Knowledge*, Cambridge University Press, Cambridge, England 1978. Ich stimme mit einigen Punkten dieses Buches nicht überein, aber es gibt keine bessere, keine menschlichere Beschreibung dessen, was Wissenschaft ist und sein sollte, als diesen kleinen Band.
- [10] M. Berthelot: *Chimie Organique Fondée sur la Synthèse*, Tome 2, Mallet-Bachelier, Paris 1860. Siehe auch: J.-P. Malrieu, *L'Actualité Chimique* 1987, Nr. 3, S. IX; A. F. Bochkov, V. A. Smit: *Organicheskii Sintez* (Organische Synthese), Nauka, Moskau 1987; R. Hoffmann: *In Praise of Synthesis*, unveröffentlicht.
- [11] Zu den gegensätzlichen Standpunkten über die Art und Weise, wie Wissenschaft funktioniert, siehe a) P. Feyerabend: *Wider den Methodenzwang*, Suhrkamp, Frankfurt am Main 1976; b) B. Latour, S. Woolgar: *Laboratory Life*, Princeton University Press, Princeton, NJ, USA 1986; c) K. Knorr-Cetina: *Die Fabrikation von Erkenntnis*, Suhrkamp, Frankfurt am Main 1984.
- [12] Ich wurde an die Wichtigkeit der Unterscheidung zwischen Individuum und System durch ein Gespräch mit Barry Carpenter erinnert. Ich bin ihm dankbar für eine Diskussion über die in diesem Essay angeschnittenen Punkte, ebenso einem anderen Kollegen, Bruce Ganem, für seine Anregungen.
- [13] Mehrere Spielarten des Reduktionismus müssen unterschieden werden. Siehe hierzu die interessante Debatte zwischen S. Weinberg (*Nature* 330 (1987) 443; 331 (1988) 475) und E. Mayr (*Nature* 331 (1988) 475) und die dort zitierte Literatur.
- [14] Siehe unter anderem: K. Mislow, P. Bickart, *Isr. J. Chem.*, 15 (1976/77) 1; D. W. Theobald, *Chem. Soc. Rev.* 5 (1976) 203.
- [15] R. G. Bergmann zitiert in einem unveröffentlichten Vortrag zum Thema „Values in Science“ einige faszinierende, noch nicht überprüfte Daten zu dieser Frage, die die Erfahrung mit *Organic Synthesis* und *Inorganic Synthesis* entstammen.
- [16] Latour und Woolgar ([11b], S. 183) verachten eher die Bewunderung von Verifizier- und Reproduzierbarkeit wissenschaftlicher Fakten, die ich teile. Ich vermisse, sie haben sich im beständigen Hinterfragen und in der skeptischen Gedankenwelt ihrer ansonsten treffenden anthropologischen Untersuchungen, wie wissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen wurden, verfangen. Sie sollten sich die weltweite, systematische, industrielle Produktion von Arzneimitteln anschauen, um nur ein Beispiel für reproduzierbare experimentelle Aktivitäten zu nennen.
- [17] D. Locke: *Science as Writing*, unveröffentlicht.
- [18] J. Derrida in seinem Essay über „Signature Event Context“ in *Marges de la Philosophie*, Editions Minuit, Paris 1972, S. 365–393; englische Übersetzung (von A. Bass): *Margins of Philosophy*, University of Chicago Press, Chicago 1982, S. 307–330.
- [19] L. F. Fieser, M. Fieser: *Style Guide for Chemists*, Reinhold, New York 1960, S. 51–52.
- [20] P. B. Medawar, *Saturday Review*, 1. August 1964, S. 42; er führt auch aus, daß das Standardformat der wissenschaftlichen Veröffentlichung die Denkprozesse, die zu Entdeckungen führen, falsch wiedergibt.
- [21] Siehe R. Hoffmann, *Am. Sci.* 75 (1987) 619; 76 (1988) 182.
- [22] Zur Einführung in die modernen Literaturtheorien siehe T. Eagleton: *Literary Theory*, University of Minnesota Press, Minneapolis, USA 1983.
- [23] C. F. von Weizsäcker: *Die Einheit der Natur*, dtv, München 1974, S. 61–83.
- [24] Zur Beschreibung der geometrischen und topologischen Informationsverarbeitung in der Organischen Chemie siehe: N. J. Turro, *Angew. Chem.* 98 (1986) 872; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 25 (1986) 882.
- [25] Pierre Laszlo hat einen aufschlußreichen Artikel über technische Illustrationen verfaßt („The Pictures of Science“), der wichtig für meine Diskussion ist. Die englische Version ist noch unveröffentlicht; eine französische erscheint demnächst in der Zeitschrift „ECALE“, die von der Ecole Cantonale d'Art in Lausanne (Schweiz) herausgegeben wird.
- [26] M. Pique, J. S. Richardson, F. P. Brooks, Jr., *Invited Videotape*, 1982 SIGGRAPH Conference. Ich danke J. S. Lipscomb dafür, daß er mir das Videoband vorgeführt hat.
- [27] P. B. Medawar sagt in der gleichen Richtung, daß Wissenschaftler sich nicht genieren sollten zuzugeben, daß Hypothesen ihnen auf unbekannten Gedanken-Seitenwegen in den Sinn kommen können (siehe [20]).
- [28] H. Weinrich, *Merkur* 39 (1985) Nr. 436, S. 496. Ich danke P. Göltz für einen Hinweis auf diese Publikation.
- [29] a) Die Kurven der potentiellen Energie für  $C_2$  sind nach P. P. Fougere und R. K. Nesbet (*J. Chem. Phys.* 44 (1966) 285) gezeichnet. b)  $[(tBu_3SiO)_3Ta]_2C_2$ : R. E. LaPointe, P. T. Wolczanski, J. F. Mitchell, *J. Am. Chem. Soc.* 108 (1986) 6382; c)  $[Ru_4C_2(PPh_3)_2(CO)]_2$ : M. I. Bruce, M. R. Snow, E. R. T. Tieckink, M. L. Williams, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* 1986, 701; d)  $[Co_3Ni_2C_2(CO)]_3^{10^-}$ : G. Longoni, A. Ceriotti, R. Della Pergola, M. Manassero, M. Perego, G. Piro, M. Sansoni, *Phil. Trans. R. Soc. London, Ser. A* 308 (1982) 47; e) DyCo<sub>2</sub>: W. Jeitschko, M. H. Gerss, *J. Less Common Met.* 116 (1986) 147; f) Gd<sub>12</sub>C<sub>6</sub>I<sub>7</sub>: A. Simon, E. Warkentin, *Z. Anorg. Allg. Chem.* 497 (1983) 79.