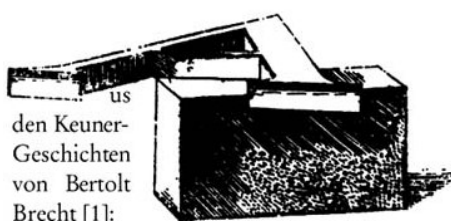


Das sind Stoffe

Jens Soentgen

Chemie: die Wissenschaft von den Stoffen?



us
den Keuner-
Geschichten
von Bertolt
Brecht [1]:

„Herr K. betrachtete ein Gemälde, das einigen Gegenständen eine sehr eigenwillige Form verlieh. Er sagte: „Einigen Künstlern geht es, wenn sie die Welt betrachten, wie vielen Philosophen. Bei der Bemühung um die Form geht der Stoff verloren. Ich arbeitete einmal bei einem Gärtner. Er händigte mir eine Gartenschere aus und ließ mich einen Lorbeerbaum beschneiden. Der Baum stand in einem Topf und wurde zu Festlichkeiten ausgeliehen. Dazu mußte er die Form einer Kugel haben. Ich begann sogleich mit dem Abschneiden der wilden Triebe, aber wie sehr ich mich auch mühte, die Kugelform zu erreichen, es wollte mir lange nicht gelingen. Einmal hatte ich auf der einen, einmal auf der anderen Seite zu viel weggestutzt. Als es endlich eine Kugel geworden war, war die Kugel sehr klein. Der Gärtner sagte enttäuscht: „Gut, das ist die Kugel, aber wo ist der Lorbeer?“

Man kann diese Geschichte, die den Titel „Form und Stoff“ trägt, ziemlich wörtlich auf den Umgang der Chemiker mit ihrem Forschungsobjekt beziehen. Denn auf der Suche nach klaren, quantitativen Zusammenhängen ist auch hier mit der Zeit der Stoff verlorengegangen; das Interesse verlagerte sich auf Atome und Moleküle.

So findet sich der Chemiker heute in einer Lage, die der Züricher Quantenchemiker Hans Primas vor einigen Jahren in dieser Zeitschrift so beschrieb:

„Der heutige Chemiker kann seine experimentelle Forschung auf eine vorzüglich fundierte Molekültheorie stützen, doch muß er sich bis heute mit den Rudimenten einer Theorie der Stoffe begnügen“ [2].

Der Aufsatz, in dem dies zu lesen ist, trägt den Titel: „Kann Chemie auf Physik reduziert werden?“ Primas zeigt, daß das nicht der Fall ist. Entsprechend läßt sich auch der Stoffbegriff nicht auf Begriffe der Physik reduzieren. Es ist nicht genug, zu sagen: Stoffe sind Zusammenscharungen von Atomen oder Molekülen der gleichen Sorte. Daß es Stoffe gibt, ist ein Phänomen, aber keine Folgerung aus der Quantenmechanik.

Nun mag der Praktiker einwenden: „Mag sein, daß es keinen brauchbaren Stoffbegriff gibt. Aber was macht das, man kann doch sehr gut ohne auskommen.“ An unbefriedigende Begriffe kann man sich genauso gewöhnen, wie an unbefriedigende technische Geräte. Wer jahrelang ein Telefon mit einer Wählscheibe bedient hat, wird vielleicht gar nicht verstehen, was gemeint ist, wenn ihm ein Fachmann die Nachteile dieser Art der Zahleneingabe erläutert: Daß man nicht sehen kann, was man gewählt hat, daß man immer wieder warten muß, bis man die nächste Nummer wählen kann usw. Man hat sich an die Wählscheibe gewöhnt, und das Umständliche und Ungekonnte daran findet mancher vielleicht sogar schön. Verbesserungsvorschläge werden abgelehnt. Derjenige, der solche unterbreitet, erscheint als Pedant oder Störenfried. – Es ist derselbe Gewohnheitseffekt, welcher den technischen und zugleich den kognitiven Fortschritt behindert.

Natürlich kann man erfolgreich Chemie betreiben, ohne in der Lage zu sein, auf die Frage, was denn eigentlich der Gegenstand dieser Wissenschaft ist, eine Antwort zu geben, die standhält. Dennoch haben Grundlagenreflexionen auch für die empirische Forschung einen Wert: Sie können historisch bedingte Ver-

engungen aufbrechen, Fehleinschätzungen korrigieren und Scheuklappen entfernen. Wer auf Reflexionen über den Stoffbegriff verzichtet, wird auf der Basis eines konventionellen Stoffbegriffs operieren. Dieser vermittelt das beruhigende Gefühl, wie alle anderen zu denken, und gibt außerdem die Sicherheit, man wisse schon Bescheid. Bei näherem Hinsehen erweist er sich als Akkumulation von Willkür und Ungereimtheiten.

Was Stoffe nicht sind

Die Lage, die Primas vor zehn Jahren beklagte, ist unverändert. Zwar gibt es mittlerweile einige Publikationen zum Stoffbegriff; aber diese befriedigen nicht. Ich zitiere zunächst einen Text aus dem „Römpp“ (*Römpps Chemielexikon*, 9. Aufl., Thieme, Stuttgart, 1989), Stichwort „Stoff“. Hier wird auf die Frage, wie der Stoffbegriff zu definieren sei, folgende Antwort gegeben:

„In der Chemie Bez. für jede Art von Materie, d. h. die Erscheinungsarten, die gekennzeichnet sind durch ihre gleichbleibenden charakterist. Eigensch., unabhängig von der äußeren Form.“ (Sp. 4322) [3].

Sollte das die von Primas geforderte Stofftheorie sein? Kaum, schon deshalb nicht, weil sie unklar ist. Der Hauptsatz sagt vollmundig: „Stoff = Bezeichnung für jede Art von Materie“, während der Nebensatz eine Einschränkung hinterherschleibt: offensichtlich doch nicht „jede Art“, sondern nur diejenigen „Erscheinungsarten [der Materie?]“, die gekennzeichnet sind durch ihre gleichbleibenden charakteristischen Eigenschaften, unabhängig von der äußeren Form.“ Ja, was denn nun? Stoff gleich Materie oder Stoff un-

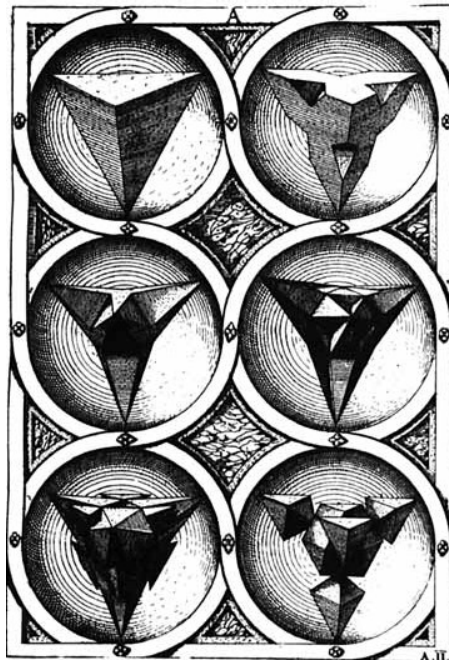
gleich Materie? Auch sonst ist die Definition wenig informativ, denn daß gewisse Dinge in der Welt durch gewisse gleichbleibende Eigenschaften gekennzeichnet sind, das gilt nicht nur von Stoffen, sondern von allen Gegenständen, die man überhaupt identifizieren kann. Ganz abgesehen vom Inhalt ist die Definition ferner formal unzulänglich: Worauf bezieht sich das Relativsatzfragment nach dem letzten Komma: „unabhängig von der äußeren Form?“: auf die Eigenschaften? auf die mysteriösen „Erscheinungsarten“? auf die Materie? Es ist merkwürdig, mit welcher Lässigkeit eines der Standardlexika der Chemie gerade jenen Begriff behandelt, auf dem diese Wissenschaft aufbaut [4].

In Erkenntnis dieser Lage hat sich der Arbeitsausschuß für chemische Terminologie am Deutschen Institut für Normung (DIN) mit dem Stoffbegriff befaßt. Die Definitionsempfehlung lehnt sich eng an Ostwald an [5]: Kurz zusammengefaßt besagt sie, daß Stoffe die Träger der stofflichen Eigenschaften sind. Aber das hilft auch nicht sehr viel weiter, sondern wirkt eher wie eine Tautologie, so, als bestimmte man den Kölner als „Träger der kölnischen Eigenart“. Übrigens war das Autorenteam dieses Vorschlags selbst unzufrieden mit dem Resultat: Fast resigniert hört sich die Bemerkung an, der Stoffbegriff sei „nicht normierbar“ [6].

Noch ein weiterer Versuch, zu sagen, was Stoffe sind, soll erwähnt werden. Er stammt vom Wissenschaftstheoretiker Peter Janich. Der Vorschlag lautet: Stoffe gibt es gar nicht, sondern wann immer von Stoffen die Rede ist, redet jemand über seine Rede [7]. Diese Bemerkung wirkt außerordentlich subtil. Sie wird sich aber kaum durchsetzen, weil die Chemiker wahrscheinlich darauf bestehen werden, daß sie tatsächlich Stoffe erforschen und beschreiben, die es in der Natur oder jedenfalls in ihrem Labor auch wirklich gibt, und nicht nur wie die Linguisten sprachliche Metareflexionen anstellen [8].

Hier kann ich nur auf einige wenige aktuelle Publikationen, und auch auf diese nur pauschal eingehen [9].

Etwas ausführlicher möchte ich den unbewußten Stoffbegriff diskutieren, auf das Bild, das ein Chemiker mit dem Wort „Stoff“ verbindet. Die meisten Chemiker werden an ein reines, kristallines Pulver denken, das sich in einem Schliffgefäß befindet, auf dem ein Etikett mit einer chemischen Formel klebt. Ver-



mutlich ist es dieses Bild, das vielen die Sicherheit gibt, sie wüßten schon, was Stoffe sind, auch wenn sie es nicht richtig formulieren könnten. Was ist von dieser Vorstellung zu halten? Sie ist ausgesprochen verengend, denn sie rückt nur einen bestimmten Typ von Stoffen in den Vordergrund, die Präparate. Präparate sind denaturierte Stoffe, Substanzen ohne Alter, ohne Herkunft, rein, homogen, von konstanter Zusammensetzung, also Stoffe, deren Komplexität reduziert wurde. Weil die Komplexität dieser Substanzen im Verlauf einer aufwendigen Bearbeitung reduziert wurde, lassen sich für sie exakte Formeln angeben. Und solche Formeln lassen sich umgekehrt angeben, weil die Stoffe selbst exakt, präzise sind (exakt kommt ja von lat. exigere = heraustreiben; präzise kommt von lat. praecidere = abschneiden); vgl. die eingangs zitierte Brechtsche Geschichte.

Wo die Chemie noch nicht als Untersuchung von Atomen und Molekülen betrieben wird, da praktiziert man sie als Erforschung des Verhaltens von Präparaten. Die Verkürzung, die damit einhergeht, wurde schon vor ziemlich genau hundert Jahren von dem Chemiker F. Wald beschrieben:

„... ich kann meine Ansicht über die Natur der chemischen Verbindungen nicht besser kennzeichnen, als wenn ich alle die chemischen Präparate als eine wohl wunderbar reichhaltige, schöne und nützliche Sammlung, aber doch nur als eine Raritätensammlung betrachte, welche ein nur unvollstän-

diges, teilweise sogar verzerrtes Bild der Natur liefert ...

Wir Chemiker haben uns in unser Raritätenkabinett von Präparaten so eingelebt, daß wir alle Stoffe als Mischungen von Präparaten betrachten. Es fällt uns schwer, sich mit dem Gedanken anzufreunden, daß diese (oft mit viel Mühe und Sorge hergestellten) Präparate im Haushalt der Natur keine höhere Bedeutung haben sollten, als das Rohmaterial, aus welchem wir sie gewonnen haben: Es ist schmerzlich, wenn sich der Chemiker eingestehen soll, daß der Wert dieser Präparate ein rein subjektiver ist, und daß sie uns nur deshalb bei der Erforschung der Natur gute Dienste geleistet haben, weil sie uns eine Unzahl weiterer Fragen auf eine Zeit lang vergessen ließen“ [10].

Ich fasse die Kritik in einigen prägnanten Sätzen zusammen:

- Stoffe sind nicht die „Erscheinungsarten der Materie“
- Stoffe sind nicht die „Träger der stofflichen Eigenschaften“
- Stoffe sind keine sprachlichen Kunstgriffe
- Stoffe sind mehr als Präparate.

Worauf bei der Definition des Stoffbegriffs zu achten ist

Im folgenden stelle ich einen eigenen Vorschlag für die Definition des Stoffbegriffs vor. Folgende methodische Prinzipien leiten die Ausarbeitung:

- Die Definition darf aus den genannten Gründen nicht zu eng sein: Sie darf sich keinesfalls nur auf diejenigen Gegenstände beziehen, die die Chemiker als „Stoffe“ bezeichnen, sondern muß auch solche umfassen, die von anderen Berufsgruppen oder im Alltag als Stoffe behandelt und benannt werden. An einem Beispiel erläutert: Die Definition sollte sowohl gestatten, Kaliumhexacyanoferrat(II) als Stoff zu bezeichnen, als auch das Eichenholz; und im Zweifelsfall sollte sie eher zum Eichenholz passen, als zu Kaliumhexacyanoferrat(II). Wenn die Definition zu eng geschrieben wird, läuft sie Gefahr, die Vorurteile und Denkwänge einer bestimmten Profession zu reproduzieren.

Mit diesem Prinzip werden die Leser dieses Beitrags die meisten Schwierigkeiten haben. Denn die Paradigmen, an denen sich die folgende Beschreibung orientiert, sind nicht Chemikalien, sondern Alltagsstoffe wie der

Hausstaub, die Schreibkreide, Erde oder Holz. Das heißt, ausgerechnet solche Stoffe, die für Chemiker allenfalls „Substanzen zweiter Klasse“ sind. Darin kommt eine historisch bedingte Verengung des chemischen Stoffverständnisses zum Ausdruck. Ich werde später darauf eingehen.

● Die Definition sollte möglichst ohne Verwendung von disziplinspezifischen Fachtermini gebaut sein, da sie andernfalls außerhalb der betreffenden Disziplin nicht anschlussfähig ist. Mit anderen Worten: Sie sollte mit möglichst einfachen, muttersprachlichen Wörtern gearbeitet werden.

● Die Definition kann nicht nach dem aristotelischen Muster „obere Gattung + spezifische Differenz“ (z. B. Stoff = Materieart mit formunabhängigen Eigenschaften) gearbeitet sein, da diese Definitionsform ein allgemein akzeptiertes Weltbild voraussetzt, welches die obere Gattung liefert. Ein solches gibt es aber nicht mehr. Daher scheint es angemessen, das anspruchslosere Verfahren der beschreibenden Definition zu versuchen (*definitio descriptiva*), das einfach darin besteht, daß man so viele Merkmale der zu definierenden Sache aufzählt, bis die Definition scharf ist. Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß der Sinn des zu definierenden Wortes mit mehreren Halterungen stabilisiert werden kann, während bei der aristotelischen Methode, bildlich gesprochen, alles an einem einzigen Nagel hängt.

Um den Stoffbegriff zu definieren, muß man sich also fragen: Welche elementaren Charakteristika haben alle Stoffe gemein? Die Antwort darauf findet man nicht durch Experimentieren. Falsch wäre es auch, die modernsten physikalischen Theorien solange durcheinanderzurühren, bis eine neue Größe entsteht, die man dann als den gesuchten Begriff identifizieren kann.

Eher dürfte sich lohnen, den bewährten, in Jahrhunderten gewachsenen Stoffbegriff zu explizieren, den wir *im Alltag* verwenden. Es ist ein sinnvolles und gängiges Verfahren, beim Auftreten von Verständigungsschwierigkeiten auf Alltagssprachliche Begriffe zurückzugreifen. Diese Begriffe haben zwar meistens leicht verschwommene Ränder, der Kernbereich ihrer Bedeutung läßt sich aber in der Regel gut fassen.

Im wesentlichen geht es also um ein Sammeln, Sichten und Zusammenfügen von Kriterien, die jeder Alltagsmensch anwendet,

wenn er Stoffe von Nichtstoffen unterscheidet. Bemühungen dieser Art bezeichnet man traditionell als Phänomenologie, d. h. im folgenden wird ein phänomenologischer Stoffbegriff vorgestellt [11].

Die phänomenologische Methode ist dadurch gekennzeichnet, daß sie sich an leicht zugängliche Erscheinungen hält, und in ihrer Beschreibung auf Hypothesen über unsichtbare Gegenstände (z. B. Atome und Moleküle) verzichtet. Dieses simple Verfahren erzeugt außerordentlich robuste Beschreibungen. Es hat sich in den verschiedensten naturwissenschaftlichen und geisteswissenschaftlichen Disziplinen bewährt, und zwar gerade dort, wo Anfangsbeschreibungen für Theoriebildungen gesucht werden.

Meinen Vorschlag kann ich in fünf Sätzen zusammenfassen:

1. Stoffe sind portionierbar.
2. Stoffe sind materiell.
3. Stoffe kommen vor.
4. Stoffe sind natürliche Arten.
5. Stoffe haben Neigungen.

Ich erläutere diese Sätze der Reihe nach.

Stoffe sind portionierbar

Es gehört zu den bekanntesten Eigentümlichkeiten von Stoffen, daß sie sich portionieren lassen. So weit, so klar. Aber was heißt das eigentlich? Was ist eine Portion? Offenbar ein Teil von etwas. Aber es gibt viele Sorten von „Teilen von etwas“, es gibt außer Portionen noch Glieder, Bruchstücke, Fetzen, Ruinen, Überbleibsel, Reste usw. Was ist da das Besondere von Portionen? Mein Vorschlag lautet: Portionen sind Teile, die das Ganze enthalten, und welche wieder in Teile, die das Ganze enthalten, zerteilt werden können. Aber wie kann eine Portion das Ganze enthalten, und trotzdem nur ein Teil sein? Nehmen wir etwa eine Portion einer beliebigen Kreidesorte. Alle Eigenschaften, die diese Kreidesorte hat, hat auch jedes noch so kleine Stück von ihr. *Qualitativ* ist also in jeder Portion alles enthalten. Aber *quantitativ* handelt es sich eben nur um ein Bruchstück: Es gibt auf der Erde, in Vortragsälen und Klassenzimmern noch sehr viel mehr Kreide.

Das meine ich, wenn ich sage: Portionen sind Teile, die das Ganze enthalten.

Bei Stoffen ist nun das Besondere, daß sie sich innerhalb weiter Spielräume immer weiter zerteilen lassen, ohne dabei ihre Identität zu verlieren.

Das heißt: Ich kann ein Stück Kreide zerbrechen, ich erhalte immer wieder Kreideportionen. Die Linguisten sagen dazu: Stoffnamenotenote sind teilbar, ohne daß ein Namenswechsel erforderlich wird [12].

Für Stoffportionen gibt es umgangssprachlich eine Fülle von Bezeichnungen. Sie lassen sich je nach Umfang hierarchisch ordnen. Vom Wasser gibt es etwa eine Wanne, einen Eimer, eine Karaffe, ein Glas voll. Man könnte denken, daß sich diese Reihe immer weiter fortsetzen ließe, daß jede Wasserportion, wie klein sie auch sei, immer in noch kleinere Wasserportionen geteilt werden kann.

Wie steht es mit dieser Ansicht? Ist sie wahr? Lassen sich Stoffe beliebig fein portionieren? Kann man zum Beispiel einen Tropfen Wasser in immer neue, nur kleinere Wassertröpfchen zerteilen? Phänomenologisch ist das nicht der Fall. Schon weit oberhalb der molekularen Ebene gibt es einen Größenbereich, ein nicht scharf abgrenzbares Spektrum von Mikroportionen, die sich zwar noch teilen oder verteilen lassen, die dabei aber nach und nach die charakteristischen Eigenschaften des Stoffes verlieren. Dieser Sachverhalt spiegelt sich auch in den Bezeichnungen. Man kann Wassertröpfchen vielleicht mit etwas Geschick noch weiter zerteilen oder verreiben und verschmieren, aber was dann noch übrigbleibt, heißt nicht mehr Wasser, sondern unspezifisch „Feuchtigkeit“.

Es gibt also einen unteren Grenzbereich der Portionierbarkeit: Bei Sand beginnt er beim Sandkorn, bei der Erde beim Krümel, bei Holz beim Splitter. Wenn die Körner, Krümel und Splitter weiter zerkleinert werden, heißt das Resultat unterschiedslos „Staub“.

Wenn es also einen unteren Grenzbereich gibt, gibt es dann auch eine obere Grenze? Das scheint nicht der Fall zu sein; auf jeden Haufen kann man noch beliebig viel daraufwerfen, ohne daß sich Entscheidendes ändert, und ohne daß man gezwungen wäre, den Haufen mit einem neuen Wort zu benennen. Butterberge können ins Unendliche wachsen, sie bleiben doch *Butterberge*. Es gibt nur eine

untere Grenze der Portionierbarkeit. Aber diese untere Grenze ist eine wichtige Einschränkung unserer Aussage.

Resümee: Die Aussage „Stoffe sind portionierbar“ gilt nicht streng, sondern nur in einem eingeschränkten Bereich. Dennoch ist sie der wichtigste oder jedenfalls bekannteste Haltepunkt für den Stoffbegriff.

Notiz: Stoff und Form

Stoffe sind portionierbar. In der Regel sind sie auch formbar. Oft wird daraus gefolgert, daß Stoffe überhaupt von Natur aus formlos sind. Das ist ein ähnlicher Fehlschluß, als schlosse man aus dem Umstand, daß sich Haare färben lassen, darauf, daß sie eigentlich farblos sind. Zwar bilden nur wenige Stoffe auffällige makroskopische Formen aus wie der Basalt seine sechseckigen Säulen. Aber im Kleinen zeigen sich doch stets charakteristische Gestaltbildungen, wie die Maserung beim Holz, der muschelige Bruch bei Glas, die poröse Oberfläche bei Ton usw. Stoffe haben durchaus spezifische Eigenformen, an denen man sie in der Regel auch auf den ersten Blick erkennt [13]. Weil wir diese Eigenformen intuitiv erkennen, können wir auch ohne weiteres eigenwüchsige Stoffportionen, z. B. Scherben oder Brocken oder Krümel, von künstlich hergestellten unterscheiden.

Einen Stoff zu formen erfordert Geschicklichkeit, denn jeder Stoff setzt der Formung charakteristische Widerstände entgegen. Ein Kupferblech z. B. kann man nicht beliebig lange hämmern, es wird mit jedem Schlag spröder, bis es schließlich reißt. Nur wenn man es immer wieder erwärmt, kann man die Formung bis zu einer gewissen Grenze fortsetzen. Einen Stoff zu formen ist etwas anderes, als eine Figur in den leeren Raum zu zeichnen. Letzteres gelingt immer, aber die Formung kann fehlschlagen, weil man leicht einen Punkt erreicht, an dem der Stoff vorzugsweise eigene Formen ausbildet: Das Werkstück springt, bricht oder zerreißt.

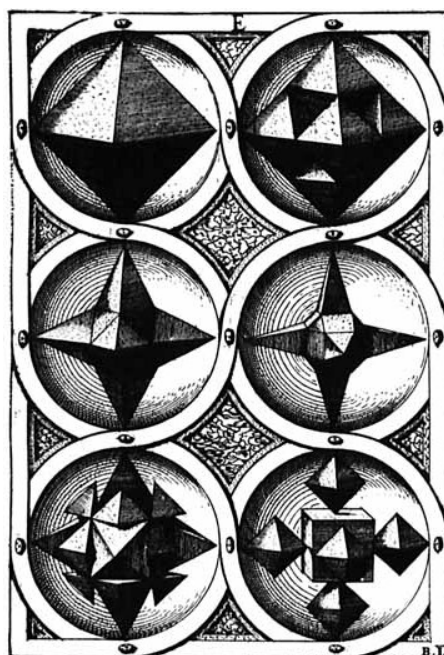
Aus der Perspektive des Arbeitenden war der Stoff in solchen Fällen „spröde“; objektiv gesehen folgte er lediglich auf eine äußere Anregung hin seiner Eigendynamik. Einen Stoff zu formen bedeutet also stets, seine Eigenformen mit einer gewählten Form zu überlagern.

Auch Flüssigkeiten haben charakteristische Eigenformen, die Tropfen. Hinzu kommen noch charakteristische Bewegungsformen wie

Wirbel und Wellen, die je nach Flüssigkeit sehr unterschiedlich ausfallen können [14]. Flüssigkeiten sind also keineswegs formlos. Sie gelten als besonders leicht formbar, doch genau besehen sind sie auch das nicht. Man kann allenfalls sagen, daß man sie in Gefäßen von beliebiger Form aufbewahren kann.

Lange Zeit wurden die Eigenformen der Stoffe übersehen, was vielleicht zum einen auf die starke Tradition der neoplatonischen Philosophie zurückzuführen ist, welche lehrte, daß die Materie formlos sei, zum anderen auch darauf, daß die Eigenformen der Stoffe sich nicht recht in den Formenkanon der Euklidischen Geometrie einfügten. Ein weiterer Faktor mag es sein, daß die Chemie, die Wissenschaft von den Stoffen, die Eigenformen der Stoffe durch Pulverisieren zerstörte.

Heute ist ein gestiegenes Interesse an den Eigenformen der Stoffe zu beobachten. Daran hat sicher die Entwicklung der fraktalen Geometrie, mit der sich diese Gebilde berechnen lassen, einen wichtigen Anteil. Wichtiger war aber vermutlich der unterschwellige Einfluß durch die Stilentwicklung in der Architektur, insbesondere das von Semper propagierte „materialgerechte Bauen“ sowie der Einfluß durch die Stilentwicklung in der Kunst des zwanzigsten Jahrhunderts (z. B. Tachismus und Materialkunst).



Stoffe sind materiell

Es gibt viele Gegenstände in der Welt, die zwar wie Stoffe portionierbar sind, jedoch immateriell sind; z. B. Daten. Es ist also wichtig, die Bedeutung der Aussage „Stoffe sind materiell“ genauer zu bestimmen. Ich werde mich dabei kurz fassen, weil sich dieses Merkmal, im Gegensatz zu den anderen, die ich hier vorschlage, nicht recht in Beziehung zu chemischen Fragestellungen setzen läßt.

Wodurch also unterscheiden sich materielle und immaterielle Gegenstände?

Man denke an die Situation, wenn während eines Sommergewitters die Sonne durch Wolken und Regenschleier bricht. Die Strahlen durchqueren glatt und schnurgerade die wirbelnden Massen. Man sieht gleichzeitig und im Kontrast zwei Ordnungen: Die Ordnung der materiellen Gebilde, die vom Gewitter in Mitleidenschaft gezogen werden, und die Lichtstrahlen, welche zur Ordnung der immateriellen Gebilde gehören [15].

Dieses Gewitterbild habe ich vor Augen, wenn ich versuche, der Unterscheidung materiell/immateriell Kontur zu verleihen.

Ich schlage vor, die Unterscheidung so zu fassen: Materielle Objekte unterscheiden sich von immateriellen in drei Punkten:

- ihre sinnliche Komplexität ist größer [16];
- sie sind beständiger, das heißt, auch wenn man sie einmal nicht vor Augen hat, geht man davon aus, daß die konstante Möglichkeit besteht, sie wieder zum Erscheinen zu bringen [17];
- sie haben höhere kausale Relevanz, schränken unsere Handlungsmöglichkeiten stärker ein als immaterielle Gegenstände [18].

Für jeden *Stoff* dagegen ist wesentlich,

- daß er sinnlich komplex ist: das heißt reichhaltige Angebote für alle Sinne bereithält;
- daß er beständig ist: deshalb kann man Stoffe aufbewahren, und mit ihnen handeln;
- daß er kausal relevant ist: Stoffe machen uns gesund oder krank, vergiften oder heilen uns.

Deshalb sage ich, daß Stoffe materiell sind, und meine damit nicht nur eine Tautologie, sondern ein informatives Charakteristikum von Stoffen formuliert zu haben. Verzichtet man nämlich auf diesen Punkt, dann ergibt sich, daß z. B. auch eine Datenmenge ein Stoff ist [19]. – Ein Ergebnis, das sowohl das spontane Denken als auch einen naturwissenschaftlich geschulten Kopf befremdet hätte.

Stoffe haben Neigungen

Mit Stoffen kann man umgehen. Man kann Wasser trinken, man kann es schöpfen, man kann es in andere Gefäße füllen, und es nimmt dabei deren Form an. Eigenschaften dieser Art werden meistens mit Adjektiven bezeichnet, die in der Regel nach folgendem Plan gebildet sind: Verbstamm plus ein Suffix wie -bar oder -lich. Beispiele: trinkbar, tropfbar, löslich.

Die analytische Philosophie spricht von Dispositionsprädikaten, die als „universelle Implikationen“ dargestellt werden: „Salz ist löslich“ bedeutet: „Für alle Salzproben gilt: Wenn man sie in Wasser gibt, lösen sie sich auf“. Das ist eine zwar korrekte und klare, aber rein formale Erklärung. Es gibt mindestens zwei ganz verschiedene Sorten von Dispositionsprädikaten: Eignungen und Neigungen. Unter einer Eignung verstehe ich im Anschluß an Leibniz eine passive Möglichkeit [20]. Beides, Eignungen und Neigungen sind Dispositionen, die realisiert werden können. Aber bei der Eignung ist die Ursache der Realisierung *außerhalb* der Sache, bei der Neigung *in* der Sache. Das Gold hat etwa die *Eignung*, daß man es sehr fein auswalzen kann. Aber von sich aus bildet es oktaedrische Kristalle: dies ist seine *Neigung*. Es handelt sich um etwas, das das Gold – wenn geeignete Bedingungen vorliegen – von selbst macht.

Synonym mit „Eignung“ wäre der Ausdruck „verwendbar für“, statt „Neigung“ könnte man von „Tendenz“ oder vielleicht auch von „Trieb“ sprechen. Ich verwende das Wortpaar Eignung/Neigung, weil es in sinnvoller Weise durch den Klang verbunden ist.

Meine Behauptung ist: Alle Stoffe haben Neigungen. Sie sind nicht nur neutrale Massen, die wir unseren Handlungsplänen in der einen oder anderen Weise einspannen können, sondern aktive Einheiten. Sei es dadurch, daß sie bestimmte Formen schaffen, etwa Kristal-

le oder fraktale Gebilde, oder dadurch, daß sie mit anderen Stoffen interagieren, sich etwa auflösen, oder aber chemisch reagieren. Sogar die trägsten Stoffe, die man kennt, die Edelgase, haben Neigungen, z. B. die Neigung, sich über die Welt zu verstreuen. Chemiker kennen das Phänomen, daß die meisten Stoffe die Neigung haben, sich zu mischen, was für manche Probleme beim Experimentieren und beim Reinhalten der Chemikalien sorgt.

Es gibt Phänomene in der Welt, die keine Neigungen haben, und sich unter anderem dadurch von Stoffen unterscheiden, Farben und Töne. Die Farbe Rot etwa hat keine Neigung, sie verändert sich nicht von sich aus. Sie hat allerdings Eignungen, und kann deshalb in vielen Kontexten eingesetzt werden, insbesondere als Signalfarbe. Neigungen haben erst wieder rote *Stoffe*, rote Farbstoffe z. B., oder das Blut, das etwa dazu neigt, zu koagulieren.

Also halten wir fest: Stoffe haben Neigungen.

Dagegen könnte folgender Einwand erhoben werden: Das ist ein Anthropomorphismus, nur Menschen können Neigungen haben, etwa die Neigung, zu trinken, oder Witze zu machen, aber Stoffe sind unbelebt, und man kann lediglich von ihnen sagen, daß sie bestimmten Gesetzen unterliegen.

Darauf ist zu entgegnen: Ein Anthropomorphismus würde vorliegen, wenn ich gesagt hätte, daß Stoffe Tugenden und Laster haben, denn das sind anthropomorphe Prädikate, die eine entscheidungsfähige Person voraussetzen.

Beim Wort Neigung liegen die Dinge aber anders. Man kann von Neigung sprechen, ohne so etwas wie Persönlichkeit vorauszusetzen. Ja, es ist sogar so, daß sich das Wort „Neigung“ laut Grimms Wörterbuch ursprünglich *nur* auf unbelebte Gegenstände bezog; von dort wurde es dann auf Menschen übertragen.

Auch wenn das Wort „Neigung“ mehr Farbe und Assoziationstiefe hat als die Wörter, die heute normalerweise in der Wissenschaft verwendet werden, besteht kein Anlaß für methodologische Nervosität.

Was leistet nun die Aussage „Stoffe haben Neigungen?“ Das Wichtigste ist, daß sie Dynamik in den Stoffbegriff hineinbringt. Stoffe sind alles andere, aber nicht jene passiven und

inerten Gegenstände, als die sie in so vielen Beschreibungen erscheinen.

Stoffe kommen vor

Während ein Einzelding, zum Beispiel der Kölner Dom, sich zu einer bestimmten Zeit nur an einem bestimmten Ort befindet, gilt von einem Stoff, daß er über die Welt verstreut ist, das heißt, daß er an verschiedenen Orten zugleich zu finden ist.

Für diesen Sachverhalt hält die philosophische Tradition den Begriff der Universalie (oder: allgemeiner Gegenstand) bereit. Man kennt die jahrhundertalte Debatte, die sich um diesen Begriff knüpft, genannt Universalienstreit. Dieser Diskurs zeichnet sich aus durch zunehmenden Erfahrungsverlust, bei gleichzeitiger Komplexitätssteigerung der logischen Konstruktionen. Er ist damit fast ein Musterbeispiel für jene Gesetze der Diskursentwicklung, die der britische Sozialpsychologe Sir Frederic Bartlett in den dreißiger Jahren entdeckt hat [21].

Die Diskussion über Universalien bedarf einer phänomenologischen Frischzellenkur: Die Grundbegriffe müssen ausgetauscht werden, insbesondere der sonderbare Begriff der „Universalie“, mit dem sich die Spezialisten bis heute gegenseitig ergötzen, der aber außerhalb der Philosophie nur die Frage provoziert, was das denn nun wieder sei.

Eine sinnvolle Alternative ist der Begriff des *Vorkommens*, den der Phänomenologe Hans Lipps geprägt hat. Dieser Begriff hat sich bis heute nicht verbraucht, weil das Werk von Hans Lipps, der im Zweiten Weltkrieg fiel, von den Philosophen (mit wenigen Ausnahmen) vergessen wurde. „Vorkommen“ gehört zum Wortfeld der Verben der Existenz, es ist ein Verb der speziellen Existenz. Es bedeutet, daß etwas an bestimmten Orten oder bei bestimmten Gelegenheiten in Erscheinung tritt. Lipps schreibt: „Eine Farbe, ein Stoff . . . existieren, sofern sie ‚vorkommen‘. [Sie haben] insofern nicht die ‚Existenz‘ im Sinne des Vorhandenseins“ [22]. „Stoff, Farbe, usw. kommen vor, insofern als man sie entdeckend ‚trifft‘“ [23].

Ich sage also: Stoffe kommen vor. Das bedeutet nicht einfach: Es gibt Stoffe. Es bedeutet, daß jeder Stoff bestimmte Orte, etwa Lagerstätten hat, wo man ihn finden kann. Stoffe sind über die Welt verstreut, sie haben ihre jeweils spezifische Verbreitung.

Die Formulierung „Stoffe kommen vor“ ist besser als die scheinbar gleichwertige: „Stoffe sind Universalien“, weil sie nicht nur metaphysische und historische Reminiszenzen stimuliert, sondern empirische, sachliche Überlegungen anregt. Der Begriff des Vorkommens führt sofort wieder zum Stoff und seinen Eigenschaften und Neigungen zurück. Er ist nicht nur ein abstraktes Charakteristikum aller Stoffe, sondern auch ein brauchbares Instrument empirischer Forschung.

Denn es ist möglich, nach *Arten des Vorkommens* von Stoffen zu fragen. (Während es nicht ohne weiteres möglich wäre, nach „Arten der Universalität“ zu fragen.) Man kann fragen, wo und wie ein Stoff vorkommt, und die Informationen, die man auf diese Weise erhält, sind auch Informationen über den Stoff. Das Verstreutsein der Stoffe über die Welt ist verschiedener qualitativer Modifikationen fähig. Stoffe sind nicht statistisch delokalisiert, Stoffe bilden sich im Verlauf komplexer geochemischer Prozesse, verteilen sich über die Erdkruste, und sammeln sich dann in Ablagerungsprozessen in Taschen, Nischen, Adern, Spalten und anderen Fallen [24]. So bilden sich Vorkommen durch natürliche Prozesse. So sammelt sich etwa das Gold an: Es wird zum Beispiel aus einem Berg von einem Bach transportiert, und setzt sich da ab, wo die Kraft des Wassers nachläßt. Insbesondere an den Sandbänken auf den Innenseiten von Krümmungen, oder vor und hinter großen Blöcken, und, wegen der großen Dichte dieses Metalls, immer in der tiefsten Schicht der Flußablagerungen, nahe dem Flußboden.

Naturstoffe zeigen oft die Spuren der Prozesse, die sie hervorgebracht haben: Das Holz zeigt eine Maserung, Jahresringe, an denen sich die Bedingungen seiner Entstehung recht genau ablesen lassen, Natursteine zeigen Schichtungsstrukturen usw. Bei industriell gefertigten Stoffen dagegen fehlen solche Wuchsspuren; werden solche Stoffe, z. B. das Resopal, in Inneneinrichtungen verwendet, dann wirken sie oft ungeschichtlich und kalt.

Stoffe kommen vor: Das bedeutet, daß sie über die Welt verstreut sind. Und sie sind nicht etwa zufällig verstreut, sondern weil es ihren Neigungen entspricht: Die Aussage „Stoffe kommen vor“ hängt zusammen mit der Aussage: „Stoffe haben Neigungen“. Sie soll den Stoffbegriff gewissermaßen ökologisieren, das heißt, daran erinnern, daß Stoffe ähnlich wie Pflanzen und Tiere in den größte-

ren Zusammenhang der Natur eingebunden sind, sie haben Stätten, an denen sie sich ansammeln oder bilden, ähnlich wie Pflanzen und Tiere ihre Lebensräume haben.

Nun kann man einwenden: „Die Aussage, daß Stoffe vorkommen, stimmt nur bei einigen wenigen natürlichen Stoffen, etwa bei Erzen oder Braunkohle oder Quellwasser. Die meisten Stoffe, die heute bekannt sind, kommen aber überhaupt nicht vor, sondern müssen hergestellt werden.“ In diesem Einwand meldet sich wieder der „unbewußte Stoffbegriff“, der an den Präparaten abgelesen ist. Ich sagte bereits, daß Präparate simplifizierte Stoffe sind; und diese Verkürzung betrifft besonders die Herkunft, d. h. den Bezug auf das Vorkommen. „Rohstoffe“ werden im Labor solange bearbeitet, bis ihr Lokalkolorit fast vollständig entfernt ist. Präparate haben also im Gegensatz zu den natürlichen Stoffen, solange sie im Labor bleiben, keine „Ökologie“. Sie scheinen zeitlos zu sein, sie befinden sich in einer Art „splendid isolation“. Doch dies ändert sich oft schneller, als man denkt, ein defektes Rohr, ein Riß in einem Kessel reichen aus, und auch diese Stoffe verbreiten sich nach eigenem Plan in die Umwelt, und fädeln sich in die Kreisläufe der Natur ein.

Stoffe sind natürliche Arten

Die Unterscheidung zwischen natürlichen und künstlichen Arten ist der Sache nach alt, sie findet sich etwa in den „Nouveaux Essais“ von Leibniz. Der analytische Philosoph Saul Kripke hat sie in seiner Untersuchung über Eigennamen reformuliert und auf Stoffe angewandt [25]. Sein Resultat: Stoffe sind natürliche Arten. Diese Aussage übernehme ich in meine Definition.

Der Satz bedeutet nicht, daß alle Stoffe, die man kennt, auch in der Natur vorkommen, sondern, daß ein Stoff ein Gegenstand ist, der „seine Einheit selbst besorgt“. Umgekehrt heißt das: Stoffe sind keine Abstrakta, d. h. Stoffe sind nicht Gegenstände, die ihre Einheit einer Verstandesleistung verdanken.

Die Ansicht, daß Stoffe Abstrakta seien, wurde meines Wissens erstmals von Wilhelm Ostwald formuliert [26], sie wird bis heute von namhaften Autoren vertreten. Etwa von Johann Weninger, dem langjährigen Mitglied des Ausschusses für chemische Terminologie am Deutschen Institut für Normung. Er schreibt:

„Konkret sind allein die Dinge, und nicht die Stoffe. Den Begriff des Stoffes gewinnen wir nur, wenn wir bei den Dingen von deren Quantumsgrößen (Masse, Volumen. . .), Zustandsgrößen (Temperatur. . .) und formkennzeichnenden Größen absehen und nur die übrig bleibenden und als stoffliche Eigenschaften bezeichneten Größen berücksichtigen. Der Träger dieser übrig bleibenden Eigenschaften, den wir als Stoff bezeichnen, ist notwendig ein Abstraktum“ [27].

Die Pointe dieser Überlegung ist klar: Stoffe gehören nicht zum konkreten Bestand unserer Umwelt, sondern sind Ergebnis der abstrahierenden, reflektierenden und kombinierenden Arbeit unseres Verstandes. Konkret und unmittelbar sind danach nur die Dinge, die Stoffe dagegen sind vermittelte Korrelate von Denkprozessen. Sie verdanken ihre Einheit einer intellektuellen Leistung.

Genau dies ist die Auffassung, die Saul Kripke in seiner Untersuchung über „Naming and Necessity“ widerlegt hat. Das wichtigste Argument ist folgendes: Stoffe gäbe es in der Natur auch dann, wenn kein Mensch seinen Verstand betätigte. Was uns fehlen würde, wenn niemand nachdächte, wären lediglich *Stoffbegriffe*. Stoffe aber gehören zur natürlichen Ausstattung des Universums, deshalb sind Stoffe natürliche Arten.

Auf die gegenteilige Ansicht kommt Weninger durch ein Fehlkonzent, das besonders in Deutschland verbreitet ist, indem er die Betrachtung der Sache durch die Betrachtung ihres Begriffs ersetzt.

Er sagt: Den Begriff des Stoffes gewinnt man durch Abstraktion – also sind Stoffe Abstrakta. Die Art, wie man den Begriff einer Sache gewinnt, sagt aber gar nichts über die Sache selbst aus.

Stoffe sind keine Konstruktionen, die ihre Einheit nur einer gedanklichen Arbeit verdanken. Stattdessen bezeichne ich sie als natürliche Arten, das heißt als Einheiten, die aus sich selbst heraus stabil sind. Es sind Einheiten, die nicht erst durch menschliches Denken entstehen, sondern diesem Denken vorausliegen.

Das Adjektiv „natürlich“ in der Formulierung besagt nicht, daß es nicht möglich wäre, im Labor Stoffe herzustellen, die in der Natur nicht vorkommen. Ein Kunststoff wie Papier ist genauso eine natürliche Art wie etwa das Holz. „Natürlich“ bedeutet nur, daß etwas selbst seine Einheit stabilisiert, so daß man es mit einem Eigennamen taufen kann.

Notiz über die chemische Formel

Es ist üblich, Stoffarten durch Angabe ihrer chemischen Formel zu definieren. Diese Gewohnheit hat zu dem Vorurteil geführt, daß jeder Stoff eine chemische Formel „habe“, und gelegentlich hört man sogar die Auffassung, daß ein chemischer Stoff durch seine chemische Formel vollständig beschrieben werden könne [28].

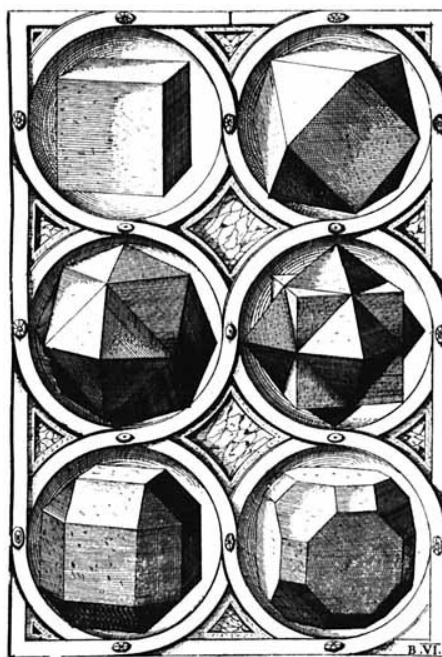
In beiden Ansichten kommt eine Überschätzung des Instruments der chemischen Formel zum Ausdruck [29]. Zum einen werden Stoffe keineswegs durch ihre Strukturformel vollständig beschrieben. Schon in den zwanziger Jahren wies der Physikochemiker J. D. van der Waals darauf hin, daß nicht einmal das Wasser durch „H₂O“ erschöpfend charakterisiert sei, da außer diesem selbst in reinstem Wasser noch sehr viele weitere Moleküle und Molekülcluster vorkommen [30]. Entsprechend gibt es auch Stoffe, die zwar die gleiche chemische Konstitution haben, aber doch nicht identisch sind, was insbesondere bei Legierungen oft der Fall ist, die sich auch bei gleicher elementarer Zusammensetzung je nach Herstellungsprozeß in ihren Eigenschaften erheblich unterscheiden können.

Auch gibt es zahlreiche Stoffe, für die sich gar keine Strukturformeln angeben lassen, wie etwa hochpolymere Substanzen oder Legierungen. In solchen Fällen kann man aber alternative Beschreibungen vorlegen, etwa indem man den Fundort beschreibt, oder das Herstellungsverfahren angibt, oder einen Satz von definierenden Kenngrößen aufführt.

Der Jurist und Chemiker Fritjoff Hirsch, Richter am Bundespatentgericht in München, und als solcher beruflich mit der Abgrenzung von Stoffarten beschäftigt, faßt den Sachverhalt so zusammen:

„In der Regel sind Stoffe gleicher chemischer Zusammensetzung als identisch anzusehen. Es ist aber nicht ausgeschlossen, daß zwei Stoffe mit gleicher Molekülstruktur eigenständige Individuen sind, wenn sie sich durch zuverlässige Parameter voneinander unterscheiden. Die Verschiedenheit von Stoffen gleicher chemischer Konstitution hinsichtlich ihrer Form, etwa einer besonderen Makrostruktur, wie das bei polymorphen Stoffen der Fall ist, kann Ursache sein für unterschiedliche physikalische Eigenschaften der Stoffe“ [31].

Daraus ergibt sich, daß die chemische Formel „nur eines von verschiedenen Mitteln zur Definition eines Stoffes [ist]. Der Umstand, daß die Formel in der Regel die beste Definition ist, schließt also andere Definitionen nicht aus“ [32].



Die Rolle der Formel in der Geschichte der Chemie ist durchaus ambivalent. In vielen Hinsichten war und ist sie ein fruchtbares Instrument; die Suche nach chemischen Formeln hat zu zahlreichen Entdeckungen geführt. Die Formel ist eine originelle Beschreibungsmethode, durch die sich die Chemiker nicht zuletzt auch als soziale Gemeinschaft nach außen abgrenzen: Formeln (vor allem der Benzolring) werden oft wie Wappen oder Fahnen verwendet, um chemische Institutionen zu repräsentieren. Insofern stiften Formeln auch Identität.

Die Leidenschaft für Formeln scheint aber auch zu einer Vereinseitigung der chemischen Forschung geführt zu haben, insbesondere zu einer Vernachlässigung derjenigen Stoffarten, deren Zusammensetzung veränderlich ist, so daß sich für sie keine exakten chemischen Formeln angeben lassen, jedenfalls keine der herkömmlichen Art, zum Beispiel die Legierungen oder die Kolloide. Man bezeichnet diese Stoffarten als (homogene oder heterogene) Mischungen, aber damit wird man ihnen nicht gerecht. Denn bei einer Mischung geht man davon aus, daß sich die Eigenschaften als Summe der Eigenschaften der Ausgangsstoffe ableiten lassen – dies ist aber nur bei sehr wenigen Mischungen der Fall. Oft zeigen schon Mischungen aus nur zwei Komponenten völlig neuartige Eigenschaften. Man weigert sich aber, sie als chemische Individuen, das heißt als eigenständige Stoffarten anzuerkennen,

weil ihre Zusammensetzung in einem gewissen Rahmen schwankt und weder dem Gesetz der konstanten noch dem Gesetz der multiplen Proportionen folgt. Mit anderen Worten: Diese Substanzen werden als „Stoffe zweiter Klasse“ behandelt, weil sich für sie keine chemische Formel angeben läßt. Man verfährt dann so, daß man diese Stoffe in ihre „Bestandteile“ zerlegt, das heißt, in Verbindungen mit konstanter Zusammensetzung, und sie dann als „Gemisch“ ausgibt, statt erst einmal ihr eigenartiges Verhalten zu studieren.

Die Bevorzugung der Stoffe mit konstanter Konstitution ist psychologisch verständlich und forschungsstrategisch sinnvoll, dennoch sollte man sich daran erinnern, daß es sich bei diesen Stoffen sowohl praktisch als auch theoretisch um Grenzfälle handelt. Praktisch deshalb, weil diese Substanzen in der Natur fast nirgends vorgefunden werden, sondern erst durch aufwendige Behandlungen erzeugt werden müssen. Theoretisch deshalb nicht, weil es diese Substanzen gar nicht gibt; es handelt sich genau besprochen um Idealisierungen, um Fiktionen.

Man kann die Vereinseitigung der chemischen Forschung übrigens als Folge des historischen Triumphes von Proust über Berthollet verstehen: Berthollet hatte behauptet, daß die Zusammensetzung von Stoffen in aller Regel veränderlich ist. Proust wies dagegen nach, daß es sehr viele Stoffe gibt, die eine konstante Zusammensetzung haben. Daraufhin konzentrierte sich die Chemie auf das Studium dieser Substanzen. Jene Stoffarten hingegen, deren Zusammensetzung (in gewissen Spielräumen) variabel ist, gerieten mehr oder weniger in Vergessenheit. Gelegentlich werden sie als „Berthollide“ bezeichnet. Die Vernachlässigung der Berthollide kommt darin zum Ausdruck, daß zahlreiche Begriffe für die Beschreibung von Stoffen sich ausschließlich auf Stoffe mit konstanter Zusammensetzung beziehen. Ein Beispiel ist der Begriff der Reinheit eines Stoffes. Man bezeichnet in der Chemie eine Substanz als rein, wenn ihr Schmelz- und/oder Siedepunkt konstant ist. Dieser Begriff ist auf Berthollide nicht anwendbar; und doch ist reines Quellwasser nicht dasselbe wie destilliertes Wasser [33].

Zusammenfassung

Das ist soweit die von mir formulierte Beschreibung, von der ich meine, daß sie auf alle Stoffe zutrifft. Und sie trifft nur auf Stoffe zu. Jeder einzelne Punkt ist notwendig, zusam-

men sind die Punkte gerade hinreichend, um Stoffe von Nichtstoffen zu unterscheiden. Deshalb wage ich zu behaupten, daß die Kategorie „Stoff“ durch diese Beschreibung definiert ist. Die Definition müßte aber in einen Kontext weiterer stoffbezogener Begriffe gesetzt werden. Erst wenn dieser Kontext ausgearbeitet ist, könnte man sagen, daß eine Theorie der Stoffe, wie sie Primas gefordert hat, vorliegt. So müßten etwa jene Begriffe kritisch rekonstruiert werden, mit denen wir stoffliche Prozesse [34] beschreiben: Wodurch unterscheiden sich Reaktion und Mischung? [35]. Was bedeutet es, zu sagen, daß ein Stoff schmilzt, verdunstet, gefriert usw.? Was ist ein Aggregatzustand? In einem solchen Milieu vermittelnder Begriffe könnte die hier vorgeschlagene Definition ihren Sinn reichhaltiger entfalten, insofern sie einerseits durch das einbettende Wortfeld weiter geklärt würde und andererseits auch genauer und vielfältiger mit spezifisch chemischen Fragestellungen verbunden werden könnte. An dieser Terminologie wird gearbeitet [36]. Das von Primas formulierte Projekt einer Theorie der Stoffe ist eine anregende intellektuelle Herausforderung. Ansätze liegen vor, die weiter verfolgt werden müssen. Das Ziel ist, historisch bedingte, heute entbehrliche Verkürzungen aufzubrechen und wieder die ganze, unverkürzte Welt der Stoffe in den Blick zu bekommen.

Summary

Although chemistry is said to be the science of substances, a clear definition of the notion of substance is still missing. First the author criticizes some propositions that seem to be too narrow. Afterwards he develops his own concept. Using the phenomenological method Soentgen gives a descriptive definition (*definitio descriptiva*). His notion of substance can be summed up by five sentences: Substances can be portioned out. Substances are material. Substances have inclinations. Substances occur. Substances are natural kinds. With regard to some historical and present lines of discussion Soentgen emphasizes the methodological relevance of his approach.

Dank

Diese Arbeit wurde gefördert durch ein Promotionsstipendium der Technischen Hochschule Darmstadt. Für wichtige Hinweise und gründliche Kritik danke ich: Prof. Dr. Gernot Böhme (Darmstadt), Prof. Dr. Her-

mann Schmitz (Kiel); Nicola Bosbach M. A. (Berlin), Dr. Kai-Uwe Bux (Frankfurt a. M.), Ulrich Gießel (Berlin), Dr. Hans-Dieter Mutschler (Frankfurt a. M.), Sven Sellmer M. A. (Kiel), Ing. Erich Soentgen (Köln).

Literatur

[1] Bertolt Brecht, *Gesammelte Werke*, Suhrkamp, Frankfurt a. M., 1967.

[2] „Kann Chemie auf Physik reduziert werden? Zweiter Teil: Die Chemie der Makrowelt“: Hans Primas, *Chem. unserer Zeit* 1985, 19, 160–166 (162).

[3] Diese Formulierung findet sich übrigens schon in der von Ühlein besorgten Ausgabe von 1969. Fast die gleiche Formulierung steht auch im großen Brockhaus von 1957, auch im großen Brockhaus von 1973, und im Brockhaus Naturwissenschaften und Technik, Bd. 5, 1983. Im großen Brockhaus von 1993 liest man eine in gleiche Richtung zielende, aber syntaktisch begradigte und mit weiteren Informationen angereicherte Version. Frühere Brockhaus-Ausgaben (1836, 1895, 1934) erwähnen übrigens nur die Stoffbegriffe der Nationalökonomie, der Philosophie, der Papierfabrikation, und der Textilindustrie, erklären aber nicht, was Chemiker unter diesem Wort verstehen.

[4] Diese Vernachlässigung zeigt sich schon quantitativ: Den Themen „Materie“, „Atom“, „Molekül“ wird in Römpps Lexikon ein Vielfaches an Platz eingeräumt.

[5] Vgl. etwa W. Ostwald, *Grundlinien der organischen Chemie*, 3. Aufl., Theodor Steinkopff, Dresden und Leipzig, 1912, S. 1 f.

[6] Vgl. J. Busemann, *Betrachtungen über das Wort „Stoff“ und seinen Gebrauch in der chemischen Fachsprache in die Sprache der Chemie* (Hrsg.: P. Janich und N. Psarros, Königshausen und Neumann, Würzburg 1996, S. 47–54 (54). Wie mir Dr. Busemann am 19. 2. 1996 brieflich mitteilte, hat er sich bei der Abfassung „strikt an die vom Ausschuß für Chemische Terminologie (Acht) (heutige Kurzbezeichnung: NMP 911) absegneten Formulierungen gehalten“. Die Behauptung, daß der Stoffbegriff nicht normierbar ist, wird schon durch die seit langem gebräuchlichen juristischen Normierungen widerlegt, vgl. Gesetz zur Neuordnung des Arzneimittelrechts, § 3: Stoffbegriff. (Bundesgesetzblatt, Jg. 1976, Teil I, S. 2448.) Vielleicht befriedigt die juristische Definition keine weiterreichenden Erkenntnisansprüche, eine gültige Norm aber ist sie allemal.

[7] Vgl. P. Janich, *Chem. unserer Zeit* 1994, 28, 139–146 (145).

[8] Janich scheint übrigens noch eine zweite Definition vorzuschlagen, nämlich daß Stoffe dasjenige sind, was entsteht, wenn man Dinge homogenisiert (wobei es sein kann, daß das Verhalten der Homo-

genisierung zufälligerweise überflüssig ist, weil der Gegenstand bereits homogen ist). Dies ist eine „konstruktive Definition“ (*definitio constructiva*), wie sie besonders in der Mathematik verwendet wird, wenn etwa ein Kreis durch seine Herstellungsvorschrift definiert wird; ähnlich versucht hier Janich, Stoffe durch ein bestimmtes Herstellungsverfahren zu definieren. Das ist ein interessanter Gedanke, aber die Durchführung greift zu kurz, weil Homogenität kein notwendiges Kennzeichen von Stoffen ist. Wenn es eine Praxis gibt, die aus Dingen Stoffe macht, dann ist es allenfalls das Portionieren, nicht aber das Homogenisieren.

[9] Ausführlichere Kritik findet sich bei J. Soentgen, *Das Unscheinbare*, Akademie Verlag, Berlin, 1997. Vgl. dort besonders die Abschnitte 29–32.

[10] „Die Genesis der stöchiometrischen Grundgesetze II.“ F. Wald, *Z. phys. Chem.* 1896, 19, 607–624 (616 f.).

[11] Die Stärke der phänomenologischen Methode wird heute vor allem durch das geniale Werk des Kieler Philosophen H. Schmitz dokumentiert. Vgl. H. Schmitz, *System der Philosophie*, Bouvier, Bonn 1964–1981, und die Kurzfassung: H. Schmitz, *Der unerschöpfliche Gegenstand*, Bouvier, Bonn, 1990. Die Anregungen von Schmitz wurden von G. Böhme aufgegriffen und weitergeführt. Vgl. zuletzt G. Böhme, *Atmosphäre*, Suhrkamp, Frankfurt a. M., 1995.

[12] Vgl. R. Harweg, *Stoffnamen und Gattungsnamen in Z. Phon. Sprachwiss. Kommunik. Forsch. (ZPSK)* 1987, 40, 798, zit. Lit.

[13] Vgl. nähere Beschreibungen bei J. Soentgen, *Fraktale Gebilde in Phänomenologie der Natur* (Hrsg.: G. Böhme und G. Schieman), Suhrkamp, Frankfurt a. M., 1997, S. 256–272.

[14] Vgl. die sehr unterschiedlichen Strömungsge- stalten verschiedener Wassersorten in *Sensibles Wasser* 2, Institut für Strömungswissenschaften, Herrschried, 1993.

[15] Das Beispiel stammt von A. Schopenhauer: *Die Welt als Wille und Vorstellung*, Brockhaus, Wiesbaden Bd. 2, 1949, S. 342.

[16] Vgl. zu diesem Punkt P. Strawson, *Einzelnding und logisches Subjekt*, Reclam, Stuttgart, 1972, S. 50.

[17] Die Idee, das Prädikat „materiell“ bzw. den Begriff der Materie durch den Begriff der konstanten Möglichkeit zu explizieren, stammt von J. St. Mill, Vgl. J. St. Mill, *An Examination of Sir William Hamiltons Philosophy*, 6th Ed., Lo. Green & Co. London, 1889; Kap. XI und den darauf Bezug nehmenden Appendix. An Mill schließt an der Phänomenologe A. Grote, *Die Grundlagen einer Phänomenologie der Erkenntnis*, Meiner, Hamburg, 1972, insbesondere S. 69–72, er spricht statt von „Mate-

rialität“ von „Substantialität“, und betont zu Recht, über Mill hinausgehend, daß es sich um eine konstante Möglichkeit handeln muß, die ich durch Handeln aktualisieren kann.

[18] Die Idee, Gegenstände in der Umwelt nach ihrer kausalen Relevanz zu unterscheiden, verdanke ich dem Wahrnehmungspsychologen F. Heider; vgl. F. Heider, *Wahrnehmung und Attribution*, in *Symposium über Attribution* (Hrsg.: D. Görlitz), Klett-Cotta, Stuttgart, 1978, S. 13–18. Heider hat seinen Gedanken allerdings nicht mit der Unterscheidung materiell/immateriell korreliert.

[19] Solche Gegenstände bezeichne ich als Quasistoffe. Vgl. J. Soentgen, *Über das Unscheinbare*, Akademie Verlag, Berlin, 1997, Abschnitt 21.

[20] Diese Unterscheidung stammt von Leibniz. Vgl. seine *Nouveaux essais*, S. 155: „On peut donc dire que la puissance, en general est la possibilité du changement. Or le changement ou l'acte de cette possibilité, estant action dans un sujet, et passion dans un autre, il y aura aussi deux puissances, passive et active. L'active pourra estre appellée faculté, et peut estre que la passive pourroit estre appellée capacité ou receptivité.“ (zitiert nach der Ausgabe von C. J. Gerhardt, Berlin, 1882, Neudruck Olms, Hildesheim, 1978). Vgl. auch seinen Aufsatz: *De ipsa natura sive de vi insita actionibusque creaturarum* in G. W. Leibniz, *Philosophische Schriften* herausgegeben und übersetzt von Herbert Herring, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 1992.

[21] Vgl. F. Bartlett, *Remembering*, Cambridge University Press, Cambridge, 1932.

[22] H. Lipps, *Untersuchungen zur Phänomenologie der Erkenntnis, Zweiter Teil: Aussage und Urteil*, Cohen, Bonn, 1928, S. 60 f. A. Grote, der ein Schüler von H. Lipps war, übernahm das Wort, verspielte aber einen großen Teil des semantischen Gewinns, indem er den empirischen Bezug der ursprünglichen Konzeption fallen ließ, und den Begriff wieder transzendentalisierte: „[Vorkommen] des ist etwas, das aus einem ihm immanenten Bereich heraus hier und da und dort in das anschaulich-Sinnliche sich vorschiebt, ohne mit seinem Selbst, so wie das Vorhandene, darin aufzugehen ...“ (*Die Grundlagen einer Phänomenologie der Erkenntnis*, Meiner, Hamburg, 1972, S. 364 f. Vgl. für nähere Kritik J. Soentgen, *Das Unscheinbare*, Akademie-Verlag, Berlin 1997, Abschnitt 15, 1 („Terminologische Notiz“).

[23] H. Lipps, *Untersuchungen zur Phänomenologie der Erkenntnis, Zweiter Teil: Aussage und Urteil*, Cohen, Bonn, 1928 A.a.O., S. 62.

[24] Dazu die Darstellungen der Lagerstättenkunde: W. E. Petrascheck, *Mineralische Bodenschätze*, Suhrkamp, Frankfurt a. M., 1970; R. Schönenberg, *Geographie der Lagerstätten*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 1973. Zur Geschichte der Theorien der Lagerstättenkunde vgl. W. Fi-

scher, *Gesteins- und Lagerstättenbildung im Wandel der wissenschaftlichen Anschauung*, Schweizerbart, Stuttgart, 1961.

[25] S. Kripke, *Name und Notwendigkeit*, Suhrkamp, Frankfurt a. M., 1993.

[26] Vgl. etwa W. Ostwald, *Grundlinien der anorganischen Chemie*, 3. Aufl., Theodor Steinkopff, Dresden, Leipzig, 1912 S. 1.

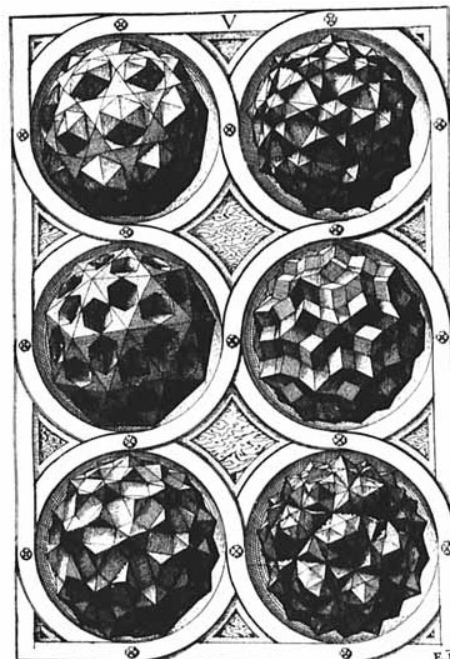
[27] W. Dierks und J. Weninger, *Stoffe und Stoffumbildungen, Bd. III*, Klett, Stuttgart, 1988, S. 75. Diese Auffassung ist übrigens weitgehend identisch mit derjenigen des bereits erwähnten „Ausschuß für Chemische Terminologie“ im Deutschen Institut für Normung (DIN). J. Weninger hat jahrelang in diesem Ausschuß mitgearbeitet.

[28] Vgl. zu verschiedenen Formeltypen der Chemie: „Darstellungen in der Chemie – die Sprache der Chemiker“: R. Hoffmann und Pierre Laszlo, *Angew. Chem.* 1991, 103, 1–16.

[29] Vgl. zur Entwicklung und Logik der chemischen Formel J. Bradley, *Cannizzaros Methode: Der Schlüssel zur modernen Chemie*, B. Franzbecker, Bad Salzdetfurth 1990. Vgl. auch die aufschlußreichen Bemerkungen von E. Cassirer, auf den Bradley nicht eingeht, in ders., *Philosophie der symbolischen Formen, 1. Teil: Die Sprache*, 4. Aufl., Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 1964 (1923), S. 45.

[30] J. D. van der Waals und P. Koonstamm, *Lehrbuch der Thermostatik* (= 3. Auflage d. Lehrbuchs der Thermodynamik), Barth, Leipzig, 1927, S. 227–235.

[31] Vgl. F. Hirsch, *Chemie-Erfindungen und ihr Schutz nach neueren Gerichtsentscheidungen*



(GRUR-Abhandlungen, Heft 10), VCH, Weinheim, 1980, S. 46. Besonders problematisch ist übrigens die Beschreibung von Mineralien mit chemischen Formeln. Dazu: „Namensgebung in der Mineralogie“: R. Tatje, *Fachsprache* 1990, 12, 28–35.

[32] F. Hirsch, *Chemieerfindungen und ihr Schutz nach neueren Gerichtsentscheidungen* (GRUR-Abhandlungen, Heft 10), Verlag Chemie, Weinheim, 1980, S. 47.

[33] Vgl. auch die aufschlußreichen Bemerkungen von F. Wald, *Kritische Studie über die wichtigsten chemischen Grundbegriffe in Annalen der Naturphilosophie* 1902, 1, 182–216.

[34] Vgl. die ausgezeichnete Studie von W. de Vos, *Vernachlässigte Aspekte des Reaktionskonzepts im Anfangsunterricht des Fachs Chemie in Struktur-bildende Prozesse bei chemischen Reaktionen und natürlichen Vorgängen* (Hrsg.: M. Minssen), Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN), Kiel, 1995.

[35] Vgl. J. Soentgen, *Das Unscheinbare*, Akademie-Verlag, Berlin, 1997, Abschnitt 27.

[36] Vgl. insbesondere den dreibändigen, von Johann Weninger konzipierten und herausgegebenen Lehrgang „Stoffe und Stoffumbildungen“, Klett, Stuttgart, 1979 und folgenden Jahre. Es ist übrigens nicht weiter erstaunlich, daß die Arbeit an den Grundbegriffen vor allem von Chemiedidaktikern vorangetrieben wird: Denn daß ein Begriff unklar ist, bemerkt man am ehesten dann, wenn man sich erfolglos bemüht ihn zu erklären.

Abbildungsnachweis: Die Polyederdarstellungen in diesem Beitrag stammen von Wenzel Jamnitzer (1508–1585). In seinem Werk „*Perspectiva Corporum Regularium*“ (1568) ordnete er regelmäßigen Körpern die „Elemente“ Erde, Feuer, Luft, Wasser, Himmel und die Vokale a, e, i, o, u zu.

Jens Soentgen, geboren 1967, studierte in Frankfurt Chemie, Soziologie und Philosophie. Staatsexamen 1993. Promotion 1996 mit einer Arbeit über den Stoffbegriff: „Das Unscheinbare“ (Berlin 1997). Soentgen arbeitet als Journalist für das FAZ-Magazin und für den WDR (TV). Die phänomenologische Methode und ihre Anwendungen erläutert er ausführlicher in zwei Büchern, die im kommenden Jahr erscheinen: „Aufklärung in Bodennähe – Essays zur Phänomenologie“ und „Hermann Schmitz zur Einführung“. Für die „*Chemie in unserer Zeit*“ hat er bereits einen Beitrag über die chemischen Bezüge in Goethes Wahlverwandtschaften verfaßt (*Chem. unserer Zeit* 1996, 30).

Korrespondenzadresse:

Dr. Jens Soentgen, Heidestraße 105, 60385 Frankfurt/Main.