

Radikale Veränderung und materielle Komplexität

**Eine Einführung in die
Philosophie der Chemie**

Joachim Schummer

HYLE. International Journal for Philosophy of Chemistry
js@hyle.org

2. Jahrestreffen der Senior Expert Chemists
Hanau, 9. Mai 2009

Einleitung

Wundersame Verwandlungen haben Naturphilosophen seit der Antike fasziniert

- Wasser wird fest oder gasförmig (Gefrieren, Sieden)
- Holz wird zu Feuer, Rauch und Asche (Verbrennen)
- Steine verwandeln sich in Metalle (Verhüttung)
- Nahrung geht über in Fleisch und Knochen (natürliches Wachstum)
- bestimmte Stoffe verwandeln einen kranken Körper in einen gesunden Körper (pharmaz. Heilung)

.....

Grundlegende Fragen

- Wie lassen sich die schier unendliche Verschiedenheit der Stoffe und ihre substanzialen Umwandlungen erklären?

Einleitung

Beispiele chemisch inspirierter Philosophie

- Aristoteles' Naturphilosophie auf der Grundlage der Elementenlehre (bis ins 18. Jahrhundert);
- die experimentelle Methodenlehre der Wissenschaft aus alchemistischer Laborpraxis (seit 17. Jhd., Fr. Bacon).

Philosophen über Chemie; Chemiker über Philosophie

- z.B. Hegel, Schelling, Engels, Bachelard...
- z.B. Liebig, Duhem, Ostwald, Polanyi...

Wissenschaftstheorie als Theorie der Physik/Mechanik

- z.B. Descartes, Kant, Carnap, Popper, Quine...
- philosophische Lückenschließung durch Chemiker, Chemiedidaktiker u. -historiker (É. Meyerson, Th. Kuhn).

Einleitung

Die neue soziale Formierung der Chemiephilosophie

- Wissenschaftstheorie vs. Philosophie der Einzelwissenschaften
- Nationale Gruppen in Holland, Italien, Deutschland etc. seit späten 1980ern; internationale Tagungen seit frühen 1990ern.
- Neue Zeitschriften
 - *Hyle: International Journal for Philosophy of Chemistry* (s. 1995)
 - *Foundations of Chemistry* (s. 1999)
- Monographie
 - Schummer 1996, Bensaude-Vincent 1998, Psarros 1999, van Brakel 2000, ...
- Internationale Gesellschaft mit jährlichen Tagungen seit 1997.

Gliederung

- 1. Was ist Chemie?**
- 2. Ist die Chemie auf Physik reduzierbar?**
- 3. Gibt es fundamentale Grenzen der chemischen Erkenntnis?**
- 4. Ist die chemische Forschung ethisch neutral?**

I. Was ist Chemie?

Chemie handelt von chemischen Substanzen, Reaktionen, Atomen und Molekülen.

Wie sind diese Begriffe miteinander verknüpft?

| | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| Substanzen (Dinge) | Prozesse | |
| chemische Substanzen | chemische Reaktionen | empirischer Bereich |
| Atome, Moleküle | interatomare Umordnungen | theoretischer Bereich |

I. Was ist Chemie?

Philosophische Differenzen entstehen aus Disputen über ontologische und epistemologische Prioritäten.

**Substanz-
Philosophie**

**chemische
Substanzen**

**Atome,
Moleküle**

**Prozess-
Philosophie**

**chemische
Reaktionen**

**interatomare
Umordnungen**

Empirismus

**Theoretizis-
mus**

I. Was ist Chemie?

1. Ontologische Dispute und zirkuläre Definitionen

Substanz-Philosophie vs. Prozess-Philosophie

Substanzen haben Priorität, weil chemische Reaktionen definiert sind über Substanzen ($A+B \leftrightarrow C+D$)

Wir können im Labor reine Substanzen herstellen und in Flaschen füllen.

Chemische Experimentalpraxis passt Materie im Labor an die Kategorien der Substanz-Philosophie an (Experimentalismus).

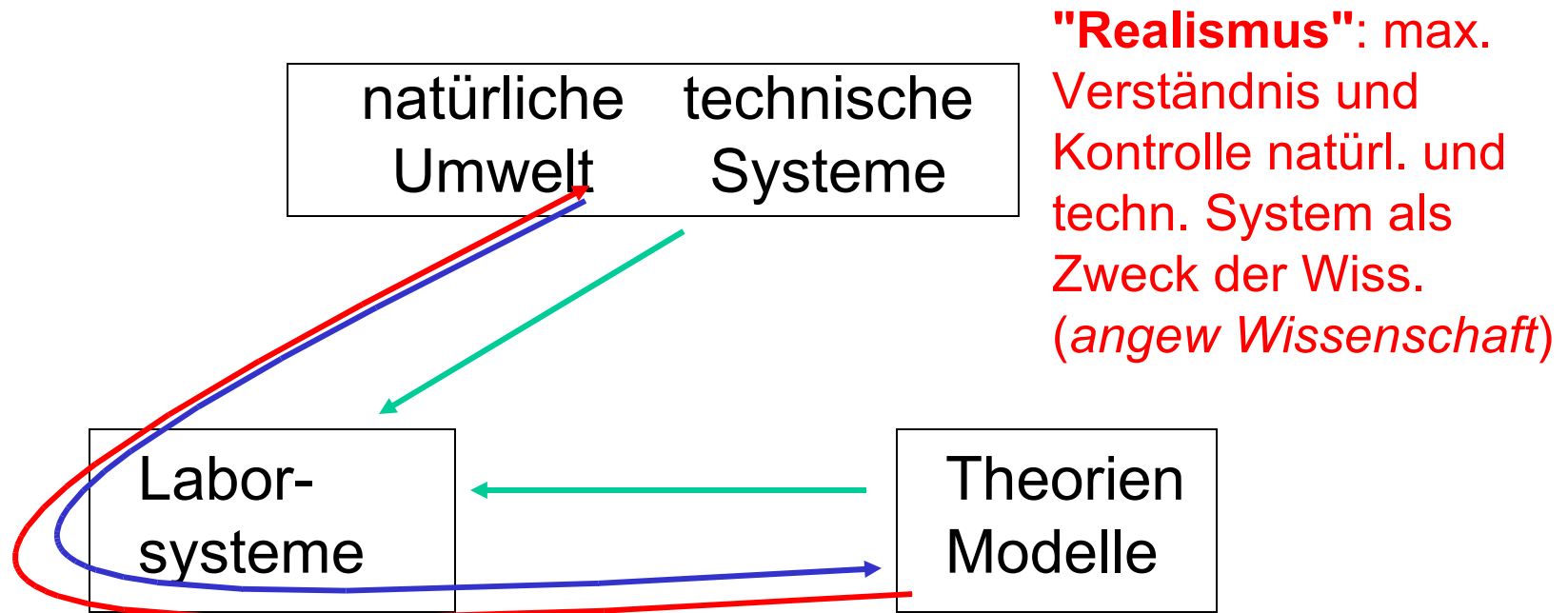
Außerhalb des Labors erscheint Materie (über)komplex im Rahmen der Substanz-Philosophie.

Prozesse haben Priorität, weil chemische Substanzen charakterisiert sind durch chemische Reaktivitäten, d.h. Prozesse.

Es gibt in der Natur keine reinen Substanzen; alles ist gemischt und im Fluss.

I. Was ist Chemie?

2. Epistemologische Dispute über Zwecke und Mittel



"Realismus": max. Verständnis und Kontrolle natürl. und techn. System als Zweck der Wiss. (*angew Wissenschaft*)

"Experimentalismus": max. Verständnis und Kontrolle von Labor-systemen als Zweck der Wiss. (*Experimentalwiss.*)

"Theoretizismus": Wahrheit der Theorien als Zweck der Wiss. (*theoret. Wissenschaftler*)

II. Ist Chemie auf Physik reduzierbar?

Unterscheide versch. Reduktionsbehauptungen

- Disziplinärer Chauvinismus: Kampf um öffentliches Prestige, Gelder und Aufmerksamkeit: erfordert soziologische Behandlung.
- Metaphysischer Physikalismus: alles, inkl. sozialer und geistiger Phänomene, ist physikalisch: ist leere Behauptung.
- Wissenschaftliche Behauptungen: eine bestimmte physik. Theorie (QM) kann bestimmte chemische Phänomene erklären: erfordert wiss. Bestätigung/Widerlegung.

Was bleibt übrig für Philosophen?

- Begriffliche Klärungen
- Aufdecken versteckter Annahmen und blinder Flecken

II. Ist Chemie auf Physik reduzierbar?

1. Begriffliche Klärungen

- Metaphysischer oder ontologischer Reduktionismus:
Die vermeintl. Gegenstände der Chemie sind nichts anderes als die Gegenstände der QM.
 - favorisiert Theoretizismus, ignoriert Theorie-Abhängigkeit.
- Epistemologischer oder Theorienreduktionismus:
Alle Theorien, Gesetze und Grundbegriffe der Chemie können aus QM abgeleitet werden.
 - ist z.Z. falsch, bleibt ein Versprechen.
- Methodologischer Reduktionismus: Für alle chemischen Probleme sind QM-Ansätze die erfolgreichsten.
 - ist z.Z. falsch, bleibt ein Versprechen auf der Grundlage des methodologischen Monismus (s.u.).

II. Ist Chemie auf Physik reduzierbar?

2. Versteckte Annahmen: methodologischer Monismus vs. methodologischer Pluralismus

- Methodologischer Monismus: Das Ziel der Wissenschaft ist die Einheit der Methoden und Theorien (durch Reduktion).
- Methodologischer Pluralismus: je mehr Methoden und Modelle wir haben, desto besser ist unser Wissen in flexibler Anpassung an versch. Gegenstände und Probleme.
 - z.B., QM für elektromagnetische Eigenschaften, chemische Strukturtheorie für Reaktionseigenschaften, etc.

Methodologischer Monismus ist Basis von Reduktionismus, leitet theoretische Physik. (Die Welt ist letztendlich einfach.)

Methodologischer Pluralismus ist eher Basis der Chemie und vieler Experimentalwiss. (Die Welt ist letztendlich komplex.)

II. Ist Chemie auf Physik reduzierbar?

3. Blinde Flecken: chem. Klassifikation und Synthese

Die Chemie liefert nicht nur (quantitative) Beschreibungen, Erklärungen und Voraussagen (wie die Physik), sondern auch

- Klassifikationen von Millionen chem. Substanzen & Reaktionen, notwendig wg. materieller Komplexität
- Synthese neuer chem. Substanzen, notwendig wg. chem. Eigenschaften als radikalen Veränderungen.

Klassifikation und Synthese erfordern Typen wiss. Begriffe, Theorien und Methoden, die in anderen Wissenschaften unbekannt sind.

Wissenschaftstheorie nach dem Modell der Physik ist blind bzgl. chemischer Klassifikation und Synthese.

III. Gibt es fundamentale Grenzen der chemischen Erkenntnis?

Unterscheide

- Grenzen spezieller Modelle:
sind wissenschaftlich zu bewerten aus Modellannahmen und Näherungen sowie über empirische Tests.
- Fundamentale Erkenntnisgrenzen:
müssen erkenntnistheoretisch aus den Erkenntnisansätzen und Methoden bewertet werden.
Bleibt das Wissen prinzipiell unvollständig, fehlerhaft?

Drei Quellen fundamentaler Erkenntnisgrenzen

1. die Idealisierung reiner Substanzen
2. der methodologische Pluralismus
3. die Vermehrung chemischer Gegenstände

III. Fundamentale Erkenntnisgrenzen

1. Die Idealisierung reiner Substanzen

Chemisches Wissen basiert auf dem Begriff reiner Substanzen, sowohl empirisch (z.B. Stoffklassifikation) als auch theoretisch (z.B. Molekülmodelle).

Reale Materie ist stets "unrein": prinzipielle Differenz zwischen idealen chemischen Begriffen und realen chemischen Gegenständen.

Im Labor können Stoffe nur angenähert gereinigt werden; geringe Verunreinigungen bestimmen evtl. chemische Eigenschaften.

Natürliche Stoffe bestehen i.d.R. aus hunderten von Substanzen in ständiger Wechselwirkung und Veränderung.

Jede exakte Beschreibung natürlicher Verhältnisse wird zu einer endlosen Faktenliste, zu komplex für theoret. Überlegungen.

Chemiker müssen zw. relevanten und irrelevanten Fakten unterscheiden.

III. Fundamentale Erkenntnisgrenzen

2. Methodologischer Pluralismus

Unterscheidung zw. relevanten und irrelevanten Fakten erfordert eine pragmatische Perspektive zur Entscheidung, was in jedem einzelnen Fall wichtig ist; anstelle einer absoluten Perspektive.

Pragmatische Perspektiven können flexibel variiert und erweitert werden durch neue Relevanzgesichtspunkte, neue Probleme und neue Methoden.

Methodologischer Pluralismus erlaubt flexiblen Umgang mit Komplexität durch Aufspaltung von Ansätzen nach Relevanzgesichtspunkten.

Methodologischer Pluralismus erzeugt Patchwork-Wissen, das niemals vollständig und perfekt ist (i.U. zum vereinheitlichten Wissen einer "Theory of Everything").

III. Fundamentale Erkenntnisgrenzen

3. Die Vermehrung chemischer Gegenstände

Chemische Eigenschaften beschreiben, ob und wie ein Stoff A mit anderen Stoffen reagiert zu weiteren Stoffen ($A+B \rightarrow C+D$).

Je mehr Stoffe $B_1, B_2, B_3 \dots$ existieren, desto mehr Eigenschaften von A sind möglich.

tatsächliches Wissen = Anzahl getesteter Eigenschaften
Wissenslücke = Anzahl ungetesteter Eigenschaften

Jeder Test, der in der Synthese eines neuen Stoffs resultiert, vergrößert die Wissenslücke mehr als das tatsächliche Wissen.

Da die Wissenslücke schneller wächst als das Wissen, bleibt chemisches Wissen grundsätzlich unvollständig.

IV. Ist chem. Forschung ethisch neutral?

1. Die besondere kulturelle Einbettung der Chemie

Wundersame Fähigkeiten zur stofflichen Veränderung und Erzeugung haben stets Ängste und Hoffnungen provoziert und die öffentliche Bewertung der Chemie bestimmt (i.U. zu allen anderen Wissenschaften):

- christl. Dämonisierung chem. Handwerke; mad scientist
- Allmachtsphantasien von der Alchemie über die chem. Industrie bis zu Nanotech-Visionen.

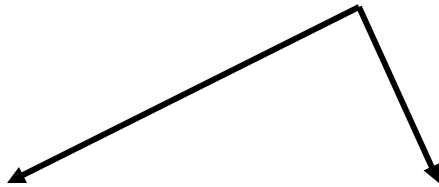
Vor jeder Bewertung / ethischen Beurteilung ist zu fragen:

Ist chemische Forschung überhaupt Gegenstand ethischer Beurteilung oder ist sie "ethisch neutral", d.h. nur Gegenstand epistemischer Bewertung?

IV. Ist chem. Forschung ethisch neutral?

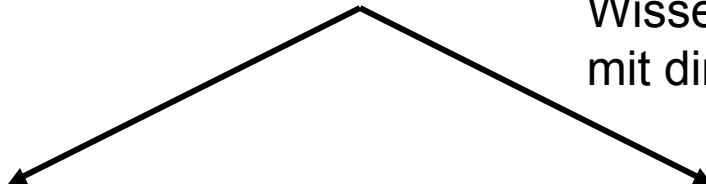
Industrie vs. Akademie

Industrie produziert Güter nach nicht-epistemischen Werten mit direkten Auswirkungen für Menschen.



Ing.-wiss. vs. Naturwiss.

Ingenieurwissenschaften produzieren Wissen nach nicht-epistemischen Werten mit direkten Auswirkungen für Menschen.



Synthese

Synthese ändert die materielle Welt, mit potentiell drastischen Folgen;

z.B. neuer Stoff ist giftig und entweicht aus Labor.

charakteristisch für die Chemie:
bes. Verantwortung der Chemiker.

Analyse

Analyse produziert ambivalentes Wissen für gute und schlechte Zwecke;

z.B. Biochemie für bessere Ernährung und effektivere Vergiftung.

Typisch für alle Wissenschaften:
bes. Verantwortung der Wissenschaftler.

IV. Ist chem. Forschung ethisch neutral?

3. Besonderheit der Chemie

- Die Chemie unterminiert Standardunterscheidungen zwischen
 - Naturwissenschaft als ethisch neutraler Naturbeschreibung
 - Technik als ethisch relevanter Naturveränderung.
- Untersuchung radikaler Veränderungen erfordert Synthese (Naturveränderung) als epistemische, nicht-technische Praxis.
- Die epistemische Praxis der Synthese ist weder Technik noch ethisch neutral, da sie die materielle Welt verändert.

Schlussfolgerungen

Eine selektive Einführung in die Chemiephilosophie über 4 Fragen

1. Was ist Chemie?
2. Ist die Chemie auf Physik reduzierbar?
3. Gibt es fundamentale Grenzen der chemischen Erkenntnis?
4. Ist die chemische Forschung ethisch neutral?

deckt verschiedene Gebiete der Philosophie ab, inkl. Metaphysik, Ontologie, Epistemologie, Methodologie und Ethik.

In jedem Bereich erwächst das Charakteristische der Chemie im Vergleich zu anderen Wissenschaften aus:
radikaler Veränderung & materieller Komplexität

Schlussfolgerungen

Radikale Veränderung

- kann nicht adäquat durch Physik erfasst werden,
- ermöglicht chemische Synthese,
- macht chemisches Wissen prinzipiell unvollständig,
- macht chemische Forschung ethisch relevant.

Materielle Komplexität

- erfordert die Anpassung der Materie im Labor an spezifisch chemische Konzepte, die nicht auf Physik reduzierbar sind,
- erfordert methodologischen Pluralismus,
- setzt der chemischen Erkenntnis grundsätzliche Grenzen, insbes. außerhalb des Labors.

Schlussfolgerungen

Wozu dient Chemiephilosophie?

- Philosophie hilft niemals bei der Lösung von chemischen Alltagsproblemen, sondern bei ...
- Verständnis der Besonderheiten der Chemie im Vergleich zu anderen Wissenschaften, inkl. Stärken und Schwächen und der besonderen Rolle in der Gesellschaft (wichtig für Chemiker und Nichtchemiker).
- Weiterentwicklung der Chemie in Krisenzeiten durch Reflexion auf die Besonderheiten und Stärken, statt blind Meinungsmachern oder Moden zu folgen.
- "Wer nichts als Chemie versteht, versteht auch die nicht recht."
(Georg Christian Lichtenberg, *Sudelbücher*, J 860, ca. 1793)