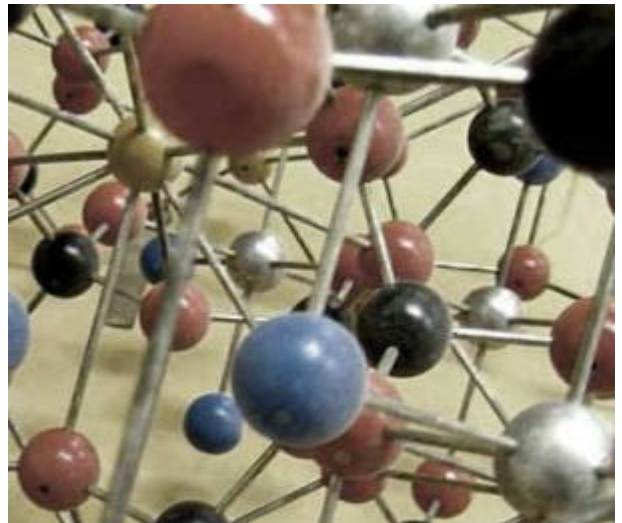


feature | Chemische Synergie

von [Robert Kretschmer](#)



Betrachtet man die Begriffe Kooperativität und Synergie unter chemischen Gesichtspunkten, so ist zunächst die Frage zu stellen, welche Teile hier in irgendeiner Weise zusammenarbeiten oder zusammenwirken. Bei Reaktionen sind es chemische Moleküle, bei Molekülen Atome und bei Atomen deren Kernbausteine, die die Eigenschaften des zu beschreibenden Systems bestimmen. Folgt man diesem Gedankengang, so kann die Chemie - zumindest die allgemeine - nicht unkooperativ sein. Alles hängt von einander ab, denn eine Änderung der Molekülzusammensetzung, eine Variation der Elementarteilchen oder des Reaktionsgemisches wirkt sich unweigerlich auf das gesamte Ensemble aus. Die Frage nach der Reziprozität in diesen kleinsten Systemen ist hierbei schwierig zu beantworten. Die wechselseitige Beeinflussung von Elementarteilchen, die Albert Einstein einst als „spukhafte Fernwirkung“ beschrieb und die in jüngster Zeit durch Experimente an Elektronen belegt wurde, gibt der Wissenschaft nach wie vor Rätsel auf.

Jenseits der Grundbegriffe von Kooperativität und Synergie haben sich in der Chemie die Termini der „kooperativen und synergetischen Effekte“ etabliert und gewinnen zunehmend an Bedeutung. Eine eindeutige Differenzierung der Begriffe scheint nicht zu bestehen, zumindest lässt sich diese in der Literatur nicht finden.¹⁾ Es fällt aber auf, dass damit durchaus unterschiedliche Phänomene beschrieben werden, nämlich:

- i) Die Interaktion zweier Systeme verstärkt die Wirkung gegenüber den Einzelsystemen (Überadditivität oder „1 + 1 > 2 Effekt“).
- ii) Aus der wechselseitigen Beeinflussung der systemischen Bestandteile ergeben sich neue Eigenschaften, die sich nicht allein aus den Eigenschaften der Einzelsysteme erklären lassen (Irreduzibilität).

Die im ersten Fall beschriebene Situation lässt sich in vielen Bereichen der Chemie beobachten. So kennt die medizinische Chemie die sich potenzierende Wirkung mehrere Wirkstoffe in sogenannten Kombinationspräparaten. Auch in der Biochemie finden sich solche Auswirkungen, z.B. bei der sukzessiven Bindung mehrerer Substratmoleküle (wie z.B. Sauerstoff) an ein Protein. Die makroskopische Struktur des Proteins wird dabei durch die Wechselwirkung mit den Substratmolekülen bestimmt. Auch in industriellen Prozessen, wie der großtechnischen Synthese von Essig, sind derartige Effekte relevant. Dort beeinflussen Cokatalysatoren etwa die Aktivität und Selektivität des eigentlichen Katalysators.

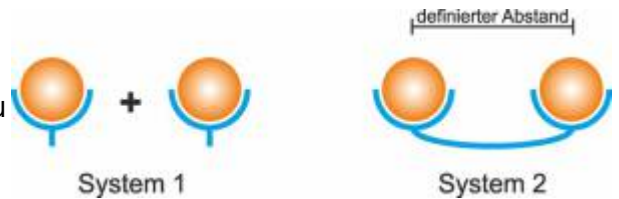
Im Gegensatz dazu lässt sich das Ergebnis der Wechselwirkung im zweiten Fall nicht auf die Eigenschaften der Bestandteile zurückführen sondern ergibt sich (nur) aus dem Zusammenspiel. Auch

solche Effekte lassen sich, beispielsweise in der Biochemie, beobachten. Hier bewirkt die Interaktion eines Substrats mit einem Protein eine Änderung der Eiweißstruktur (Faltung), die dann wiederum eine neue Interaktion des Substrat-Protein-Komplexes mit einem anderen Protein ermöglicht. Beide Prozesse sind isoliert voneinander nicht zu beobachten. Ein weiterer Bereich, in dem derartige Effekte beobachtet werden, ist die Festkörperchemie. Durch Aggregation mehrere Atome ergeben sich in Abhängigkeit von Anzahl, Art und Anordnung der Atome neue Eigenschaften und Reaktivitäten, über die die einzelnen Atome nicht verfügen.

Während die zuvor beschriebenen Effekte auf der Kombination einzelner unabhängiger Moleküle beruhen, wurden in den letzten Jahren Systeme beschrieben, die die Einzelbestandteile in einem Molekül zusammenfassen. Zur Illustration dient folgendes Beispiel, bei dem die Reaktivität von zwei Molekülen, die jeweils ein aktives Zentrum (d.h. der Ort, an dem eine Reaktion abläuft) enthalten (System 1), mit der Reaktivität eines Moleküls, das zwei aktive Zentren enthält (System 2), verglichen wird.

Aus dieser Interaktion können verschiedene Ergebnisse hervorgehen:

- i) System 2 zeigt eine geringere Aktivität im Vergleich zu System 1.
- ii) Beide Systeme zeigen die gleiche Aktivität.
- iii) System 2 weist eine gesteigerte Aktivität im Vergleich zu System 1 auf, die aber vom gleichen Typ ist (Überadditivität).
- iv) Die von System 2 ausgehende Aktivität ist eine völlig andere verglichen mit System 1 (Irreduzibilität).



Die Fälle iii und iv finden in der aktuellen Forschung, anders als die Szenarien i und ii, großes Interesse. Dabei zeigte sich, dass für den Fall iii die Anordnung der beiden aktiven Zentren innerhalb eines bestimmten Abstands erfolgen sollte (3.5 - 6 Ångström),²⁾ damit kooperative Effekte gegenüber System 1 beobachtet werden können. Verlässt man diesen Bereich, so kann es passieren, dass sich die Szenarien i bzw. ii ergeben.

Die Begriffe Synergie und Kooperativität (bzw. synergetischer und kooperativer Effekt) finden in der Chemie eine vielseitige und zum Teil synonyme Verwendung und werden zur Beschreibung der Phänomene der Überadditivität wie auch der Ausbildung irreduzibler Eigenschaften komplexer Systeme genutzt. Gerade für letzteren Fall bietet sich aber die Verwendung der Emergenzbegriffes an (lat. emergere Auftauchen), da sich die resultierenden Eigenschaften nicht aus einer Aufsummierung der Eigenschaften der zugrundeliegenden Bausteine ergeben.

In der Chemie gibt es viele Formen des „Zusammenwirkens“, die jeweils eige Begriffe haben, an deren eindeutiger Verwendung aber noch gearbeitet werden muss. Es bietet sich daher an, Synergie und Kooperativität dann zu verwenden, wenn eine „reine Überadditivität“ beschrieben wird, während die Ausbildung irreduzibler Eigenschaften durch das Zusammenwirken einzelner Bestandteile besser als Emergenz zu bezeichnen ist.

[Chemie, chemisch, Übersummativität, übersummativ, System, Kooperation, Synergie synergetisch, chemische Reaktion, Interaktion, Synthese, Molekül](#)

Zitierung:

Robert Kretschmer: Über das „Zusammenwirken“ in der Chemie, in: Tatjana Petzer (Hg.): SynergieWissen. Interdisziplinäres Forum & Open Access Lexikon, 01.05.2016, <http://www.synergiewissen.de>

1)

Für Beispiele siehe folgende Übersichtsartikel: a) A. E. Allen, D. W. C. MacMillan Chem. Sci. 3, 2012, 633 - 658; b) I. Bratko, M Gómez Dalton Trans. 42, 2013, 10664 - 10681; c) P. Buchwalter, J, Rosé, P. Braunstein Chem. Rev. 115, 2015, 28 - 126.

2)

E. K. van den Beuken, B. L. Feringa Tetrahedron 54, 1998, 12985 - 13011.

From:

<https://synergiewissen.de/> - °°° synergiewissen

Permanent link:

https://synergiewissen.de/doku.php?id=features:chemische_synergie

Last update: **2022/04/29 00:13**

