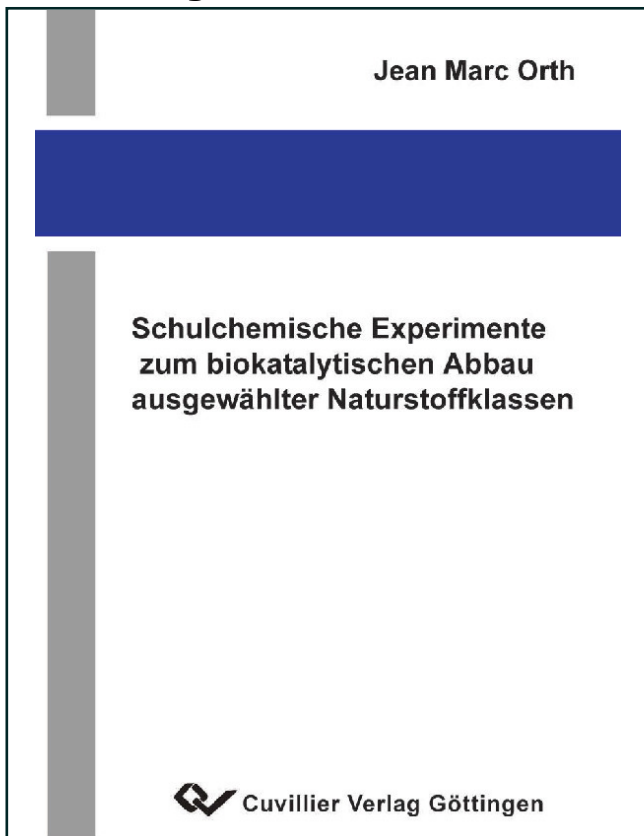




Jean Marc Orth (Autor)

## **Schulchemische Experimente zum biokatalytischen Abbau ausgewählter Naturstoffklassen**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/3363>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,  
Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>

## 1 EINLEITUNG

Der italienische Chemiker und Romanist Primo Levi schreibt in seinem Buch ‚Das periodische System‘<sup>[1]</sup> Erlebnisse aus seinem Leben nieder. In seiner Erzählung „Wasserstoff“ berichtet er über eine Jugenderinnerung aus den 30er Jahren:

„Wir waren sechzehn Jahre [...] für uns stand fest, wir würden Chemiker werden. [...] Für mich war die Chemie eine ins Ungewisse verschwimmende Wolke künftiger Möglichkeiten, sie hüllte meine Zukunft in dunkle, von Feuerblitzen zerrissene Rauchschwaden, wie jene die den Berg Sinai verdunkelten. Wie Moses erwartete ich von dieser Wolke mein Gesetz, die Ordnung in mir, um mich herum und in der Welt. Ich hatte die Bücher satt, die ich dennoch in maßloser Gier verschlang, und suchte nach einem anderen Schlüssel für die höchsten Wahrheiten: einen Schlüssel musste es doch geben, und ich war überzeugt, dass ich ihn von der Schule auf Grund irgendeiner ungeheuren Verschwörung gegen mich und die Welt nicht bekommen würde. In der Schule verabreichte man uns tonnenweise Wissen, das ich fleißig verschlang, das mein Blut aber nicht in Wallung brachte.“

In seiner Erzählung schildert Levi ein Phänomen, das ein zentrales Element der chemiedidaktischen Probleme der heutigen Zeit beschreibt. Es ist der Versuch der Schule, die Schüler zu einem Erkenntnisgewinn anzuleiten. Die hier erwähnte „Verabreichung von Wissen“ gibt nicht nur die Methodik der italienischen Schulen in den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts wieder, sondern trifft häufig auch auf den Chemieunterricht deutscher Schulen am Ende desselben Jahrhunderts zu. Das anfängliche Interesse<sup>[2]</sup> und die positive Einstellung der Schüler zur Chemie wird durch die Vermittlung einer Flut von Theorien und Vorgabe scheinbarer Lebensnähe – vom Schüler als Betrug empfunden - konsequent erstickt<sup>[3]</sup>. Die Folge: Der Chemieunterricht wird mit fortschreitender Erteilung unbeliebter<sup>[4]</sup>. In den drei Jahren des Chemieunterrichtes der Sekundarstufe I fällt die Fachbeliebtheit drastisch und dieser Trend hält im Unterricht der Sekundarstufe II an<sup>[5]</sup>. So ist es nicht verwunderlich, dass viele Chemielehrer seit einiger Zeit einen Rückgang an interessierten und motivierten Schüler in der Sekundarstufe II beklagen. Nur noch wenige Schüler werden - wie der jun-

ge Levi - vom unbeirrbaren Willen gepackt, die Geheimnisse der Natur zu entdecken. Dieser unbeirrbare Wille, von Psychologen als intrinsische Motivation bezeichnet, muss viel früher von den Lehrenden aufgegriffen werden und in Kombination mit extrinsischen Motivationen zu einem überdauernden Interesse ausgebaut werden. Intrinsische Orientierungen führen im Durchschnitt zu besseren Leistungen als extrinsische<sup>[6]</sup>, d.h. ein Lernen nur für eine gute Note im Test, um danach wieder alles zu vergessen, erbringt nicht den gewünschten Langzeiterfolg. Das Ergebnis dieser fehlenden intrinsischen Motivation liegt derzeit in unseren Schulen vor: Grundkurse kommen nur mit kleiner Schülerzahl zustande, und Leistungskurse in Chemie können teilweise nur dann gebildet werden, wenn Schulen den organisatorischen Aufwand auf sich nehmen und mit anderen Schulen kooperieren. Oft bleibt diese Initiative allerdings aus und der Kurs entfällt mangels Teilnehmern. Die meisten Schüler der Oberstufe in Nordrhein-Westfalen belegen ihren Pflichtteil in den Naturwissenschaften in den Fächer Mathematik und Biologie; sehr zum Leidwesen der experimentellen Naturwissenschaften Chemie und Physik. Dieses mangelnde Interesse machte sich anschließend auch an den Hochschulen bemerkbar. Die Studierendenzahlen im Studienfach Chemie sind stark stagnierend<sup>1</sup>. So stellt das Bundesamt für Statistik seit 1993 einen Rückgang der Zahl der Chemiestudierenden und Studienanfänger um 30 Prozent fest<sup>[8]</sup>. Letztlich bekommt auch die Chemische Industrie den Mangel an ausgebildetem Fachpersonal zu spüren. Sie ist z.T. schon darauf angewiesen, in diesen Jahren angesichts mangelnden Fachpersonals die Arbeitskräfte aus dem Ausland heranzuziehen, um den Bedarf an Chemikern zu decken.

In jüngster Vergangenheit zeigten internationale Vergleichsstudien, dass nicht nur die Quantität sondern vielmehr auch die Qualität unseres naturwissenschaftlichen Nachwuchses in Deutschland dem internationalen Vergleich nicht standhalten kann.

Diese Sachverhalte gaben der Politik sowie der Industrie den Anlass zu handeln. Die Chemie soll in der Öffentlichkeit mehr Toleranz durch Aufklärung erfahren, vertreten durch landesweite PUSH-Projekte (Public Understanding of

---

<sup>1</sup> Die Gesellschaft Deutscher Chemiker stellt allerdings für das Jahr 2001 einen Anstieg an Studierenden, sowohl für Diplom-Chemie als auch für Lehramt Chemie in beiden Sekundarstufen, fest. Die Zahl der Abschlüsse lag jedoch weiter auf einem niedrigen Niveau<sup>[7]</sup>.

Science and Humanity), und der Nachwuchs soll schon früh, möglichst bereits im Vorschulalter, für alle Naturwissenschaften interessiert werden<sup>z.B. [9]</sup>. Ziel ist es, dieses Interesse durch die ganze Schullaufbahn bis hin zum Studium aufrechtzuerhalten. Damit wird Wagenscheins Vermutung, dass die ablehnende Haltung vieler Erwachsener gegenüber den Naturwissenschaften in einem Nichterfüllen von Verstehenshoffnungen und -forderungen im jugendlichen Alter gründet<sup>[10]</sup>, wieder aufgegriffen. Im Bereich der Neuen Medien, wie interaktive CD-Lehrmaterialien oder Internetseiten, finden sich viele Projekte, die darauf abzielen, Interesse zu wecken und zu fördern. In Wissenschaft, Politik und Industrie wird zudem versucht, durch gezielte Förderung von Schüler- und Mitmachlabors, wie das an der Bielefelder Universität angesiedelte *teutolab* oder das Mitmachlabor "H<sub>2</sub>O und Co." der BASF, bundesweit Erfolge zu erzielen. Und damit wird ein weiteres zentrales Element der fachdidaktischen Forschung aufgegriffen. Das Experiment wird als zentrales Motivationselement zum Erkenntnisgewinn in der Naturwissenschaft wiederentdeckt. Die Forderung nach selbständigem Handeln ist nicht neu. Schon für den englischen Franziskanermonch Roger Bacon (1214-1294) gab es drei Quellen der Erkenntnis: Autorität, Vernunft und Empirie. Letztere konnte nur durch persönliche Erfahrung durch die eigenen Sinne und selbst angestellte Experimente gewonnen werden<sup>[11]</sup>. Das Verlangen nach pragmatischem Lernen setzte sich beständig fort und fand sich durch die Epochen in den Theorien der zeitgenössischen Wissenschaftler wieder.

Das durchgängige Aufrechterhalten der durch die neuen Bemühungen geweckten naturwissenschaftlichen Interessen bei den Heranwachsenden kann nur Aufgabe der Schule sein, die neben dem Erziehungsauftrag auch den Bildungsauftrag innehat. Die Qualität der Lehre ist von verschiedenen mehr oder weniger beeinflussbaren Faktoren, wie beispielsweise Bildungsziele, Ausbildung der Lehrkräfte oder Lehrinhalte, abhängig. Die prinzipielle Frage, welche naturwissenschaftlichen Inhalte den Lernenden dargeboten werden sollen und welche Form der Darbietung zu präferieren ist, wird für den Schulbetrieb durch die Lehrpläne der Bildungsministerien der Länder beantwortet. Trotz der Vorgaben aus den Ministerien ergeben sich aber für den Lehrenden einige Spielräume in der Auswahl des Unterrichtsinhalts. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit lässt sich überdies sagen, dass die fachdidaktische Arbeit an den

Hochschulen in der Entwicklung von neuen schulchemischen Experimenten als unabhängig von den gültigen Lehrplänen zu betrachten ist. Ziel der hochschulischen Fachdidaktik muss es viel mehr sein, auf eine ideale Lehrplangestaltung hin zu wirken. So wurde die von Wenck<sup>[12]</sup> in den 70er Jahren gestellte Forderung, die Teilgebiete Physikalische Chemie und Biochemie verstärkt in die Lehrpläne für den Chemieunterricht einzubringen, bis heute größtenteils realisiert. In der Behandlung der Biochemie sieht Wenck ein enormes Motivationspotential. Die Faszination des Lebendigen erweckt häufig bei den Schülern das Interesse an biochemischen Fragestellungen. Ein wichtiges Gebiet der Biochemie ist die Biokatalyse, die durch das Faszinosum Katalyse – große Stoffumsätze, gesteuert mit kleinen Mengen - einen zusätzlichen motivierenden Aspekt in die Biochemie einbringt. Bei genauer Betrachtung des Themas kann man eine strikte Parallellität zwischen „klassischer“ Katalyse und Biokatalyse erkennen. Dieser Zusammenhang kann in ein anwendungsbezogenes Lehrkonzept<sup>[13]</sup> gefasst werden, in dem die klassischen und biochemischen Katalysatoren in 5 Einsatzgebiete eingeordnet werden: Synthese, Reaktionslenkung, Energiewandlung, Entsorgung und Analytik. Der Anwendungsbezug dieses Konzeptes soll durch Experimente zu den einzelnen Gruppen deutlich gemacht werden. Die Form des Chemieunterrichts sollte nach Möglichkeit grundsätzlich durch die Durchführung eines Experiments geprägt sein, da diese in der Chemie die wichtigste Quelle der Erkenntnisgewinnung ist und zur Bildung von Hypothesen und Gesetzen sowie zur Entwicklung von Modellvorstellungen und Theorien führe<sup>[14]</sup>. Hiermit schließen sich die zitierten Richtlinien der von Francis Bacon gestellten historischen Forderung an. Damit der Lehrende das Experiment gut und gezielt in seinem Unterricht einbauen kann, ist es notwendig, dass ihm ein ausreichender Pool an durchführbaren Experimenten zur Verfügung gestellt wird, die Aktualität besitzen und mit einer gewissen Sicherheit didaktisch zielgerichtet zum fachlich richtigen Ergebnis führen. Für das Katalysekonzept ist dieses größtenteils gelungen und in der Monographie ‚Katalyse - Biokatalyse‘ von Wenck und Höner<sup>[15]</sup> festgehalten worden. Die Autoren weisen jedoch bei der biokatalytischen Entsorgung darauf hin, dass es sich schulchemisch um ein noch weitgehend unerschlossenes Feld handelt.

Aus den dargelegten Gründen sollen in der vorliegenden Arbeit Experimente zur Biochemie der natürlichen Abbauvorgänge vorgestellt werden. Eine Re-

cherche in der gängigen Experimentalliteratur<sup>z.B. [16]-[19]</sup> zeigt, dass bereits einige Versuche auf diesem Gebiet entwickelt worden und bereits seit Jahren erfolgreich im Chemieunterricht zum Einsatz gekommen sind. Bei genauerer Betrachtung zeigen sich jedoch Lücken, und man kann erkennen, dass die Schwerpunkte der Experimente auf den Abbau von Proteinen sowie der Biopolymere von Glucose gelegt werden.

Die Experimente zum Themenbereich des Abbaus von Proteinen weisen meist eine Betrachtung der Denaturierung der Edukte auf. Über die entstandenen Produkte kann beim Lernenden kein Erkenntnisgewinn erzielt werden, da diese nicht in den Ergebnissicherungen diskutiert werden. Der weitere Verlauf beim Abbau der Zwischenprodukte bis hin zu Endprodukten des Abbaus bleibt unklar und unbehandelt. Um dieses Defizit in der schulchemischen Experimentalliteratur zu beheben, sollen hierzu weitergehende Experimente entwickelt werden, die grundlegende Mechanismen des Abbaus von Proteinen, Peptiden und Aminosäuren darstellen.

Die in der Literatur vorhandenen schulgeeigneten Experimente im Themenbereich des Kohlenhydratabbaus beschränken sich derzeit auf die Hydrolyse zweier Biopolymere der Glucose: Stärke und Cellulose. Sicherlich nehmen diese Polymere in der Natur einen großen Stellenwert ein, jedoch werden weitere wichtige Polymere - hier seien exemplarisch die Hemicellulosen oder das Pectin genannt - hierdurch vernachlässigt. Diese Vernachlässigung ist jedoch wenig akzeptabel und daher sollen auch Experimente zum Abbau weiterer Kohlenhydratpolymere, deren Bausteine nicht oder nicht ausschließlich aus Glucose bestehen, entwickelt werden.

In der Experimentalliteratur findet sich zum Abbau der Kohlenhydratmonomere generell die Biotransformation der Glucose wieder; meist im Themenkomplex ‚Alkoholische Gärung‘. Diese Experimente sollen überprüft und gegebenenfalls durch weitere Experimente ergänzt werden.

Kritiker der experimentellen Dynamischen Biochemie in der Schule argumentieren häufig, dass die Experimente hohe Kosten verursachen. Beim kommerziellen Erwerb der biochemischen Agenzien ist diese Kritik sicherlich angebracht. Daher sollen zu den Versuchen einfache Präparationen der verwendeten biokatalytisch aktiven Proteine erarbeitet werden. Sie sollen für die Schule zugänglich sein, ohne finanzielle oder apparative Hürden darzustellen.