

Leonie Lieber<sup>1</sup>  
Nicole Graulich<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Justus-Liebig-Universität Gießen

## **Denken in Alternativen – Ein Aufgabendesign für Lernende in der Organischen Chemie**

### **Einleitung und theoretische Perspektive**

Problemlösestrategien adaptiv zu nutzen ist eine zentrale Fähigkeit, die Experten in ihren Fachgebieten charakterisiert. Novizen hingegen neigen eher dazu immer wiederkehrende Strategien zu nutzen ohne abzuwägen, ob die Strategie überhaupt passend für die Lösung des gegebenen Problems ist (Cartrette & Bodner, 2010). Um in der Organischen Chemie Entscheidungen über Reaktionsverläufe treffen zu können, sind Problemlösestrategien unabdingbar. In Studien ist jedoch aufgefallen, dass Studierende ihre Entscheidungen häufig nur auf der Grundlage einzelner Variablen, meist aufgrund von Oberflächenmerkmalen, treffen (Talanquer, 2006; Anzovino & Bretz, 2015, Talanquer, 2017). Die Schwierigkeit dabei ist, dass diese expliziten Merkmale nicht notwendigerweise relevant sind, um einen Mechanismus nachvollziehen zu können. Nach Evans (2003) lassen sich Entscheidungsprozesse, wie zum Beispiel beim Bearbeiten von Aufgaben in zwei Typen, Typ 1 und Typ 2 Denken, einteilen. Typ 1 Denken ist dadurch charakterisiert, dass Entscheidungen schnell und intuitiv getroffen werden. Als Teil dieser Kategorie werden auch Heuristiken verstanden, die sehr nützlich sein können, allerdings keine absoluten Erfolge bei Entscheidungen garantieren. Heuristiken sind dabei für systematische Fehler mitverantwortlich, die beim Abschätzen und Entscheiden auftauchen, insbesondere wenn implizite Merkmale involviert sind (Graulich, 2015). Für einfache Mechanismen sind Heuristiken damit zwar nützlich, je komplexer ein Mechanismus aber wird, desto hinderlich können Heuristiken auch sein. Typ 2 Denken hingegen wird durch abstraktes und analytisches Denken charakterisiert, was jedoch auch eine zeitintensivere Beschäftigung mit den Inhalten bedeutet. In der Organischen Chemie ist dies jedoch wichtig, weil Eigenschaften und Reaktionszentren abgewogen werden müssen. Um Studierende jetzt zu einem analytischeren Denken in Form von Typ 2 Denken zu bringen, kann die Erzeugung eines kognitiven Konflikts hilfreich sein. Bei einem kognitiven Konflikt werden dabei Merkmale erkannt, die vorher entweder als irrelevant wahrgenommen wurden oder erst gar nicht bemerkt wurden (Festinger, 1957). Der kognitive Konflikt entsteht dabei dann, wenn man einen Konflikt zwischen dem eigenen Wissen und Beobachtungen bemerkt (Linenberger & Bretz, 2012). Dieser Konflikt kann in der Regel dazu führen, dass Studierende ihre Entscheidung entweder verteidigen oder revidieren und über ihre möglicherweise fehlerhaften Ansätze nachdenken (Festinger, 1957).

### **Aufgabendesign**

Das Forschungsinstrument hat das Ziel Studierende zu einem analytischeren Denken in Form von Typ 2 Denken zu animieren, indem ein kognitiver Konflikt erzeugt werden soll. Die erste Aufgabe ist eine typische und bekannte Reaktion, die normalerweise bereits in den Anfangsvorlesungen diskutiert wird. Diese Aufgabe kann das Nutzen von intuitiven Heuristiken provozieren, weil ein Studierender sehr einfach die expliziten Charakteristika einer  $S_N2$  Reaktion erkennen kann. Ein Beispiel dafür ist zum Beispiel die gute Abgangsgruppe Chlorid und das Hydroxidion als gutes Nukleophil. Diese Aufgabe ist

absichtlich sehr einfach designt, um einen Erfolg durch Auswendiglernen zu garantieren. Die zweite Aufgabe erscheint auf den ersten Blick so einfach wie Aufgabe 1, weil sie sich nur in einem Oberflächenmerkmal von der ersten Reaktion unterscheidet, der Hydroxygruppe auf der linken Seite des Moleküls. Dabei ist die zweite Aufgabe so designt, dass sie das Nutzen derselben Problemlösestrategie provoziert, die bereits in Aufgabe 1 verwendet wurde. Bei dieser Aufgabe ist die Variante der  $S_N2$  Reaktion jedoch nicht zielführend. In der dritten Aufgabe bekommen die Studierende bis zu fünf Produktkarten, die alternative Produkte für die Reaktion aus Aufgabe 2 darstellen. Dies ist der wichtige Schritt, der dazu führen kann, dass intuitive Lösungsansätze vernachlässigt und analytisches Denken aktiviert wird, weil Studierende hier einen Perspektivwechsel vollziehen und dadurch einen kognitiven Konflikt im Denken der Studierenden entstehen kann. Dabei wird ein analytischeres Denken initiiert, da die Studierenden chemische Konzepte abwägen müssen, um eine Entscheidung zu treffen.

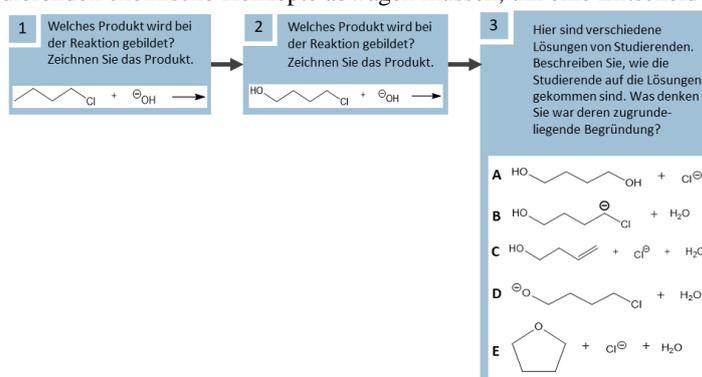


Abb. 1 Darstellung des Aufgabendesigns, das die Probanden in den Interviews bearbeitet haben. Adaptiert nach Lieber und Graulich (2020).

## Methoden

Es wurde eine qualitative Studie in Einzelinterviews mithilfe eines halbstrukturierten Protokolls durchgeführt. Dabei wurden 29 Teilnehmende auf freiwilliger Basis zu Beginn des Moduls „Organische Chemie 3“ rekrutiert. Zur Analyse wurde mithilfe einer Likertskala ausgewertet wie die Studierenden die Schwierigkeit der einzelnen Teilaufgaben, direkt nach der Bearbeitung der Teilaufgaben, eingeschätzt haben. Diese Einschätzung der subjektiven Schwierigkeit wurden dann mit den Lösungen verglichen, die die Studierenden bei den Teilaufgaben gegeben haben. Danach wurden die Antworten der Studierenden in Bezug zum Aufgabendesign in vier Codekategorien unterteilt. Dabei ging es um die ‚Erfahrung‘, die die Studierenden mit den Aufgaben gemacht haben, die ‚Strategien‘, die sie verwendet haben, die ‚Umsetzung‘ beschreibt Aspekte, die sie benötigen, um solche Aufgaben auch ohne eine Interviewumgebung durchführen zu können und die ‚typischen Aufgabenformate‘ beschreibt die Ausgangslage der Studierenden in Bezug auf die Aufgabenformate.

## Ergebnisse

Die Studierenden haben wie erhofft die erste Teilaufgabe des Forschungsinstruments als leicht eingestuft, was an einem Mittelwert von 1,4 zu erkennen ist. Auch die zweite Aufgabe, die die Studierenden dazu bringen sollte das erkannte Muster aus Aufgabe 1 zu übertragen wurde als eher leicht eingestuft. Bei Aufgabe 1 haben 23 von 29 Studierenden das Diol, also Produkt A gebildet haben. Die korrekten Produkte D und E wurden keinmal bzw. dreimal bei Aufgabe 2

genannt wurden. In Aufgabe 3 mussten die Studierenden dann über die Alternativprodukte nachdenken und sich im Anschluss daran entscheiden, ob sie bei ihrem Produkt aus Aufgabe 2 bleiben oder sich umentscheiden. Im Nachhinein haben nur noch 11 Studierende Produkt A wählen, das korrekte Produkt E aber 16-mal genannt wird. Zum zweiten Teil der Analyse wurden die Antworten der Studierenden anhand von vier Kategorien sortiert. Exemplarisch für die Kategorie ‚Erfahrung‘ hat ein Studierende erwähnt, dass es von Vorteil ist, wenn man sich erst einmal Möglichkeiten überlegen muss, da man dementsprechend viel mehr über die im Hintergrund ablaufenden chemischen Prozesse nachdenkt. Dieser Gedankengang orientiert sich am vorher vorgestellten Konzept des Typ 2 Denken und geht weg von einer reinen Mustererkennung. Alle weiteren 28 Probanden erwähnten ebenfalls, dass sie bei Aufgabe 3 deutlich mehr über chemische Konzepte nachdachten als in den ersten beiden Teilaufgaben.

### Fazit und Ausblick

Die Studierenden haben sich durchweg sehr positiv in Bezug auf das Aufgabendesign und die Umsetzung geäußert. Außerdem haben mehr als die Hälfte der Probanden beschrieben, dass sie in Aufgabe 1 und 2 noch nicht über chemische Konzepte nachgedacht haben, sondern häufig einfach aus der Erinnerung repliziert haben. Alle 29 Probanden haben aber betont, dass sie durch den Perspektivwechsel und das Auseinandersetzen mit den Produktkarten mehr über chemische Konzepte nachgedacht haben (Lieber & Graulich, 2020). Im nächsten Schritt sollen die Argumentationsstrukturen der Studierenden bei der Beurteilung der Plausibilität der gegebenen Produktkarten im Detail weiter analysiert werden, um mögliche Förderansätze abzuleiten. Basierend auf diesen Ergebnissen soll eine Instruktion gestaltet werden, um den Studierenden das Bilden von Argumentationsstrukturen zu erleichtern.

### Literatur

- Anzovino, M. E.; Bretz, S. L. (2015). Organic chemistry students' ideas about nucleophiles and electrophiles: the role of charges and mechanisms. *Chemistry Education Research and Practice*, 16 (4), 797–810.
- Cartrette, D. P.; Bodner, G. M. (2010). Non-mathematical problem solving in organic chemistry. *Journal of Research in Science Teaching* 47 (6), 643–660.
- Evans, J. S. B. (2003). In two minds: dual-process accounts of reasoning. *Trends in Cognitive Sciences*, 7 (10), 454–459.
- Festinger, L. (1957). *A Theory of Cognitive Dissonance*. Stanford University Press, Vol. 2.
- Graulich, N. (2015). Intuitive judgments govern students' answering patterns in multiple-choice exercises in organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, 92 (2), 205–211.
- Lieber, L.; Graulich, N. (2020). Thinking in Alternatives – A Task Design for Challenging Students' Problem-Solving Approaches in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, DOI: 10.1021/acs.jchemed.0c00248
- Linenberger, K. J.; Bretz, S. L. (2012). Generating cognitive dissonance in student interviews through multiple representations. *Chemistry Education Research and Practice*, 13 (3), 172–178.
- Talanquer, V. (2006). Commonsense chemistry: A model for understanding students' alternative conceptions. *Journal of Chemical Education*, 83 (5), 811–816.
- Talanquer, V. (2017). Concept Inventories: Predicting the Wrong Answer May Boost Performance. *Journal of Chemical Education*, 94 (12), 1805–1810.