

Das Eisbergphänomen in der Organischen Chemie

Durch die stetig wachsende Forderung nach Qualitätsverbesserung der Lehre im Hochschulbereich, rückt auch die Frage nach den Einflussfaktoren für erfolgreiches Lernen im Fach Chemie in den Vordergrund. Dabei ist gerade die Organische Chemie für viele Studierende eine Hürde im Studium und das Lernen mit großer Anstrengung verbunden. Jedoch steht die Forschung zu den Wissenskonstruktionsprozessen in der Organischen Chemie noch am Anfang (Graulich, 2015).

Bisherige Studien zeigen, dass die Ursache von Lernschwierigkeiten in der Organischen Chemie häufig in der fehlenden Anwendung von chemischen Konzepten und der korrekten Verwendung von Strukturen und Mechanismen liegt (Domin & Al-Masum, 2008; Strickland, Kraft & Bhattacharyya, 2010). Um das Reaktionsverhalten von Verbindungen beurteilen zu können, müssen unterschiedliche chemische Basiskonzepte und verschiedene Reaktionsvariablen abgewogen und Entscheidungen getroffen werden, die sich nicht zwangsläufig von den abgebildeten Strukturen ablesen lassen. Bisher ist nicht bekannt welche mentalen Repräsentationen Studierende bei der Betrachtung von organisch-chemischen Reaktionen aktivieren.

Theoretischer Hintergrund

Der Vorgang des Kategorisierens ist ein grundlegender kognitiver Prozess, der es ermöglicht Objekte durch Vergleich von oberflächlichen oder eigenschaftsbezogenen Gemeinsamkeiten und Unterschieden mental zu organisieren (Anderson 1991; Medin, Goldstone & Gentner, 1993). Je nachdem welche Merkmale oder Attribute von Objekten herangezogen wurden, kann sich die mentale Organisation individuell unterscheiden.

Übertragen auf die Chemie bedeutet dies, dass beim Lernen von organisch-chemischen Reaktionen Lerner Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Reaktionen, z.B. anhand von Oberflächenmerkmalen, wie der Struktur oder von Merkmalen in der Tiefenstruktur, wie z.B. mechanistische Schritte heranziehen können, um mentale Kategorien zu bilden.

Wir greifen für unsere Studie auf die Structure-Mapping Theorie von Gentner und Markman (Gentner & Markman, 1997) zurück. Dieses Modell beschreibt Ähnlichkeitsbeziehungen zwischen Objekten oder Systemen anhand eines Kontinuums von gemeinsamen relationalen (Merkmale der Tiefenstruktur) oder gemeinsamen strukturellen Merkmalen (Merkmale der Oberflächenstruktur) von Objekten.

Zielsetzung und Studiendesign

Das Ziel dieser Studie ist das Kategorisierungsverhalten von Studierenden der Organischen Chemie anhand von typischen Additionsreaktionen zu untersuchen, um darüber Rückschlüsse auf die Verarbeitung von organisch-chemischen Strukturdarstellungen ziehen zu können. Folgende Fragen liegen damit der Studie zugrunde:

- Welche Art von Merkmalen, relationale oder strukturelle, nutzen Studierende, um Kategorien aus gegebenen Additionsreaktionen zu bilden?
- Wie ändert sich das Kategorisierungsverhalten wenn sich die Oberflächenstruktur der Substrate ändert?

Mit zwölf Studierenden der Organischen Chemie an einer Universität im Süden der USA wurden qualitative semi-strukturierte Interviews durchgeführt. Dazu wurde ein Instrument mit typischen elektrophilen Additionsreaktionen entwickelt und den Probanden während des Interviews in verschiedenen Settings, u.a. freies und mechanistisches Kategorisieren und das

Erkennen von relationalen Kategorien, mit Hilfe des Programms ExpoBoard präsentiert. Der Kategorisierungsvorgang wurde simultan audio- und videographiert.

Auswertung und Ergebnisse

Die Kategorien der Probanden wurden mit Hilfe des Modells von Gentner und Markman analysiert und klassifiziert. Die Merkmals-Auswahl der Probanden zeigt deutlich einen starken Fokus auf strukturelle Ähnlichkeiten als Basis für die gebildeten Kategorien. Die Mehrzahl der Probanden wählt dazu die funktionelle Gruppe des Produktes als kritisches strukturelles Merkmal aus. Der deutliche Fokus auf die funktionelle Gruppe zeigt sich auch, wenn sich die Substratstruktur ändert. Strukturmerkmale wie Ringe oder Kettenlänge werden nicht zum Kategorisieren herangezogen.

Relationale Merkmale, wie z.B. das Auftreten eines Carbeniumions, wurden seltener (nur bei drei Probanden) herangezogen und oft fehlerhaft den Reaktionen zugeordnet. Bei mehr als der Hälfte der Probanden unterschieden sich daher die gebildeten Kategorien im freien Kategorisieren und dem mechanistischen Kategorisieren nicht. Ebenfalls zeigt sich in den Äußerungen der Studierenden, dass das Heranziehen struktureller Merkmale oft die einzig zugänglichen Merkmale sind, da Studierende nur bruchstückhaft Wissen über die zugrundeliegenden Mechanismen mit den gezeigten organischen Reaktionen verknüpfen.

Es ist nicht verwunderlich, dass in einem klassisch unterrichteten Kurs, die Studierenden die funktionelle Gruppe zum Kategorisieren der Reaktionen heranziehen. Obwohl dieses Verhalten, das Zusammenfassen der möglichen Synthesewege zu einer funktionellen Gruppe, dem Blick eines Organikers entsprechen würde, fehlt bei den Probanden die Verknüpfung zwischen der Strukturdarstellung und dem zugrundeliegenden Reaktionsverlauf. Es zeigt sich, dass die Probanden die Reaktionen als eine Umsortierung auf Symbolebene wahrnehmen und es ihnen nur in seltenen Fällen möglich ist, dafür chemisch-valide Ursachen zu benennen.

Fazit

Erfolgreiches mechanistisches Denken erfordert als wesentliche Grundlage das „Sehen“ der impliziten chemischen Merkmale, die eine Struktur ausdrückt. Jedoch zeigt diese Studie qualitativ, dass sich die Studierenden sehr stark auf strukturelle Merkmale stützen und dies ihre Wahrnehmung von organischen Reaktionen beeinflusst.

Die Bedeutung, die Oberflächenmerkmalen, wie der funktionellen Gruppe, zugeordnet wird, als auch die Schwierigkeit relationale Kategorien zu bilden, dokumentiert, dass es Studierenden schwer fällt chemisch-valide Ähnlichkeitsmuster zu erkennen und Reaktionen sehr viel stärker als bisher angenommen auf Oberflächenmerkmale reduziert werden.

Literatur

- Anderson, J.R. (1991). The Adaptive Nature of Human Categorization. *Psychological Review*, 98 (3), 409-429.
- Domin, D.S., Al-Masum M. & Mensah J. (2008). Students' Categorizations of Organic Compounds, *Chemistry Education Research & Practice*, 9 (2), 114-121.
- Gentner, D. & Markman A.B. (1997). Structure Mapping in Analogy and Similarity. *American Psychologist*, 52 (1), 45-56.
- Graulich, N. (2015). The Tip of the Iceberg in Organic Chemistry Classes: How do Students Deal with the Invisible? *Chemistry Education Research & Practice*, 16, 9-21.
- Medin, D.L., Goldstone R.L. & Gentner D. (1993). Respects for Similarity. *Psychological Review*, 100 (2), 254.
- Strickland, A.M., Kraft, A. & Bhattacharyya, G. (2010). What Happens when Representations Fail to Represent? Graduate Students' Mental Models of Organic Chemistry Diagrams. *Chemistry Education Research & Practice*, 11 (4), 293-301.