

## Artikel erschienen in:

Jolanda Hermanns (Hrsg.)

### PSI-Potsdam

Ergebnisbericht zu den Aktivitäten im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung (2019 – 2023)

(Potsdamer Beiträge zur Lehrkräftebildung und Bildungsforschung ; 3)

2023 – 393 S.

ISBN 978-3-86956-568-2

DOI <https://doi.org/10.25932/publishup-60187>

### Empfohlene Zitation:

Jolanda Hermanns: Das erweiterte Fachwissen für den schulischen Kontext: Anwendung des Konstruktives zur Entwicklung von Aufgaben und Lehrformaten in der Organischen Chemie, In: Jolanda Hermanns (Hrsg.): PSI-Potsdam. Ergebnisbericht zu den Aktivitäten im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung (2019–2023) (Potsdamer Beiträge zur Lehrkräftebildung und Bildungsforschung 3), Potsdam, Universitätsverlag Potsdam, 2023, S. 193–203.  
DOI <https://doi.org/10.25932/publishup-61761>



Soweit nicht anders gekennzeichnet, ist dieses Werk unter einem Creative-Commons-Lizenzvertrag Namensnennung 4.0 lizenziert. Dies gilt nicht für Zitate und Werke, die aufgrund einer anderen Erlaubnis genutzt werden. Um die Bedingungen der Lizenz einzusehen, folgen Sie bitte dem Hyperlink:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>



# Das erweiterte Fachwissen für den schulischen Kontext

Anwendung des Konstruktes zur Entwicklung von Aufgaben  
und Lehrformaten in der Organischen Chemie

Jolanda Hermanns<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universität Potsdam,  0000-0001-7422-6350

**ZUSAMMENFASSUNG:** Das Konstrukt des erweiterten Fachwissens für den schulischen Kontext, welches in der ersten Förderphase von PSI-Potsdam entwickelt wurde, diente als Grundlage für die Entwicklung von Aufgaben, Lehrformate sowie einem Laborpraktikum im Bereich *organischer Chemie*. Eine Delphi-Studie wurde zur Validierung der Anwendung des Konstruktes auf die organische Chemie durchgeführt. Alle Aufgaben und Lehrformate wurden in Mixed-Methods-Studien evaluiert. Es zeigte sich, dass die Studierenden sowohl die Aufgaben als auch die Lehrformate und das Praktikum als relevant für ihren späteren Beruf als Chemielehrkräfte bewerteten.

**KEYWORDS:** Organische Chemie, Fachwissen, Lehramtsstudierende, Laborpraktikum

**ABSTRACT:** The construct *school related content knowledge*, that was developed in the first phase of PSI-Potsdam, has been used as theoretical basis for the development of tasks, learning formats and a laboratory internship on *organic chemistry*. A Delphi study to validate the application of the construct on organic chemistry has been conducted. All tasks and learning formats have been evaluated using mixed methods designs. It has been shown that the students rate the tasks as well as the learning formats and the internship as relevant for their future profession as a chemistry teacher.

**KEYWORDS:** Organic chemistry, subject knowledge, preservice teachers, laboratory internship

## 1 EINLEITUNG

Das Konstrukt *Erweitertes Fachwissen für den schulischen Kontext* (EFSK) wurde in der ersten Förderphase des Projekts PSI-Potsdam entwickelt (Woehlecke et al, 2017). Dieses erweiterte Fachwissen beschreibt sowohl konzeptuelles Wissen als auch konzeptuelle Fähigkeiten, die für das tiefergehende Verständnis von schulisch relevanten Inhalten benötigt werden. Daher enthält das Modell die folgenden Facetten:

- ◆ Wissen über Konzepte und ihre Anwendung im jeweiligen Fach
- ◆ Wissen über Erkenntnisprozesse unter Einbezug von Theorie, Fachsprache, Erkenntnis- und Gültigkeitsprinzipien im Fach
- ◆ Wissen, um sinnvoll und vorausschauend zu reduzieren

Für das Modul *Organische Chemie I* im Bachelorlehramtsstudium Chemie wurde das Konzept sowohl für die Entwicklung von Aufgaben als auch für die Entwicklung ganzer Lehrformate angewendet. Zur Validierung der Anwendung des Konstrukts auf die organische Chemie wurde eine Delphi-Studie mit Lehrkräften sowie Professor:innen für Organische Chemie oder für Fachdidaktik Chemie durchgeführt (Hermanns & Thomaneck, 2020). Das erweiterte Fachwissen für den schulischen Kontext in organischer Chemie wurde als eigenständige Wissenskategorie neben Schulwissen und universitärem Wissen eingestuft.

## 2 ENTWICKLUNG VON AUFGABEN

Um den Studierenden die Möglichkeit zu geben, erweitertes Fachwissen für den schulischen Kontext zu erlangen, wurde das Konstrukt zunächst für die Erstellung von Übungsaufgaben in Seminaren zu Physikvorlesungen angewendet. Die Übungsaufgaben wurden eingesetzt und evaluiert. Es zeigte sich, dass die Studierenden diese Aufgaben als relevanter für ihren späteren Beruf einschätzten als konventionelle Physikaufgaben (Massolt & Borowski, 2018; 2020).

Zur Vorbereitung der Entwicklung von Aufgaben für den Einsatz in Lehrveranstaltungen zu organischer Chemie wurde eine Analyse des Schulstoffs in allen Bundesländern durchgeführt. Es zeigte sich, dass es große Unterschiede gibt (Hermanns & Keller, 2021b). Weil Studierende oftmals Relevanz an den Brandenburger Rahmenlehrplan knüpfen, wurden für die Aufgaben verschiedene Kontexte genutzt: Schulkontext, wenn der Inhalt Teil des Brandenburger Lehrplanes ist (z. B. eine Aufgabe zum Thema „Rosten von Eisen“), Schulkontext an einer Schule mit MINT-Schwerpunkt, wenn der Inhalt kein Teil des Brandenbur-

ger Rahmenlehrplanes ist (wie z. B. der Lithiumionen-Akku) oder universitärer Kontext, wenn der Inhalt Bestandteil der Lehrveranstaltung an der Universität ist (z. B. die Newman-Projektion).

Für die Entwicklung der Aufgaben wurden weitere Kriterien definiert:

- ◆ Fachwissen – die Studierenden müssen ihr Fachwissen anwenden (aus der jeweiligen Lehrveranstaltung)
- ◆ Kompetenzen – die Studierenden sollen zentrale Kompetenzen für ihren späteren Beruf wie z. B. *Beurteilen* trainieren
- ◆ Diskussion – die Aufgabe sollte Anlässe zur Diskussion bieten
- ◆ Antwortvarianz – um diese Diskussion zu ermöglichen, sollten verschiedene Antworten möglich sein
- ◆ Sprache – die Studierenden sollten Gelegenheit bekommen, ihre Fachsprache zu trainieren
- ◆ Fachliche Probleme – die Studierenden sollten die Probleme, die die fiktiven Protagonist:innen in der Aufgabe haben, identifizieren

Die entwickelten Aufgaben wurden sowohl in Seminaren zu Vorlesungen zu organischer Chemie im Bachelor- als auch im Masterstudium eingesetzt. In den Klausuren im Bachelorstudium wurde jeweils eine Aufgabe nach dem Konstrukt erstellt. Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass die Studierenden die Aufgaben vor allem dann als relevant für ihren späteren Beruf bewerteten, wenn sie den Inhalt dem Schulcurriculum zugeordnet haben, die dargestellte Situation für die Studierenden eine *echte* Schulsituation darstellte und wenn die Aufgabe personalisiert war, wenn also z. B. Hannah ein Problem hatte, welches die Studierenden lösen sollten (Hermanns, 2021a; 2021c). Zwischen Bachelor- und Masterstudierenden zeigte sich ein Unterschied mit Bezug auf die Bewertung der Relevanz von Inhalten, die nicht Teil des Brandenburger Curriculums waren: die Masterstudierenden werteten solchen Inhalt als relevanter für den späteren Beruf (Hermanns & Keller, 2021a; Hermanns, 2021c).

Als eine mögliche Problemlösung für die Fokussierung auf den Brandenburger Rahmenlehrplan wurde die Umgestaltung der Lehrveranstaltung hin zu übergreifenden Konzepten (anstelle von Stoffklassen als inhaltliche Gliederung für die Lehrveranstaltung) in den Blick genommen. Zur Vorbereitung wurde eine Studie zur Integration übergreifender Konzepte in Aufgaben nach dem EFSK durchgeführt. Es zeigte sich, dass die Studierenden den Fokus auf übergreifende Konzepte unterstützen, aber in ihren bisherigen Lehrveranstaltungen wenig explizite Lerngelegenheiten zu übergreifenden Konzepten hatten (Hermanns & Ermler, 2021). Eine bundesweite Befragung von Professor:innen zeigte, dass es unüblich ist, Lehrveranstaltungen mit einem klaren Fokus auf übergreifende Konzepte zu gestalten (Hermanns & Keller, 2021b). Als erste Pilotlehrveranstal-

tion wurde daher die fakultative Lehrveranstaltung *Training OC* entwickelt. Nach der erfolgreichen Evaluation wurde die Lehrveranstaltung *Organische Chemie I für Lehramtsstudierende* neu konzipiert. Beide Lehrveranstaltungen werden im nächsten Abschnitt diskutiert.

In der neu konzipierten Lehrveranstaltung *Organische Chemie I* für Lehramtsstudierende wurden Aufgaben zum EFSK eingesetzt und evaluiert. Alle Aufgaben wurden als relevant für den späteren Beruf bewertet. Insgesamt ist die Bewertung etwas besser als im traditionellen Kurs. Deutliche Unterschiede zeigen sich bei der Auswertung der offenen Fragen. Im traditionellen Kurs wurde als Begründung für die Relevanz die Zugehörigkeit zum Curriculum am häufigsten genannt. Im neuen Kurs, der auf übergreifende Konzepte fokussiert (siehe Abschnitt 3), wurden am häufigsten andere Gründe genannt (Hermanns & Keller, 2021c). Der konkrete Inhalt spielt hier nur eine geringe Rolle. Für die Entwicklung neuer Aufgaben lässt dieses Ergebnis eine viel breitere Varianz an Inhalten zu, da der Inhalt hier *nur* dazu dient, übergreifende Konzepte anzuwenden und zu erlernen.

### 3 ENTWICKLUNG VON LEHRFORMATEN AUF DER GRUNDLAGE DES KONSTRUKTES ZUM EFSK

Organische Chemie wird von Studierenden sehr oft als schwierig eingestuft. Sogar Studierende, die in den Kursen zur anorganischen Chemie, die traditionell vorher stattfinden, gute Ergebnisse erzielt haben, scheitern und beenden dann sogar ihr Chemiestudium (Anderson & Bodner, 2008). Als möglicher Grund wird das Auswendiglernen aller Inhalte genannt (Grove & Bretz, 2012). Durch die Fülle an Inhalten ist das jedoch eine schier unmögliche Aufgabe. Schon früh wurde das fehlende Verständnis notwendiger Konzepte als Möglichkeit für die Probleme, die Studierende haben, wenn sie chemische Probleme lösen sollen, genannt (Gabel & Bunce, 1994). Als Pilot-Lehrveranstaltung wurde daher die fakultative Lehrveranstaltung *Training OC* entwickelt, durchgeführt und evaluiert. In dieser zweistündigen Veranstaltung wurden die folgenden übergreifenden Konzepte thematisiert: Struktur-Eigenschaftsbeziehungen, Reaktionsmechanismen, Elektronenschiebepfeil-Mechanismus sowie das Konzept von Nukleophilie und Elektrophilie. Als Grundlage für die Anwendung dieser Konzepte startete die Lehrveranstaltung mit der Formelsprache in organischer Chemie. Für die Evaluation wurde eine Mixed-Methods-Studie durchgeführt. Hierbei wurden sowohl Produkte der Studierenden eingesammelt und ausgewertet als auch zwei Tests im Prä-Post-Design und eine Interviewstudie durchgeführt. Es zeigte sich, dass die Studierenden deutliche Zuwächse in der Anwendung übergreifen-

der Konzepte aufwiesen. Die Studierenden, die am *Training OC* teilgenommen haben, waren auch in der abschließenden Klausur deutlich erfolgreicher. Neben den übergreifenden Konzepten lag der Fokus in der Lehrveranstaltung auf der Aktivität der Studierenden. Es gab sehr viele Lerngelegenheiten, z. B. beim Lösen von Aufgaben, um die Konzepte auf immer neue Probleme anzuwenden. Die Aufgaben wurden meist in Partner- oder Gruppenarbeit erarbeitet. Neben eher traditionellen Aufgaben wurden auch verschiedene Lernspiele entwickelt und eingesetzt. Die Studierenden erhielten auch anonymes Feedback zu ihren Leistungen, zum Beispiel durch die Auswertung von Prä- und Post-Tests wie oben bereits erwähnt (Hermanns, 2021b).

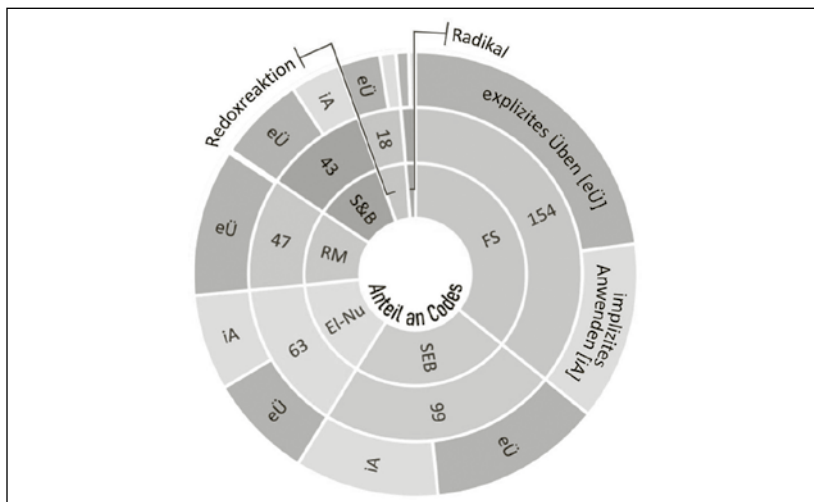
Nach der erfolgreichen Evaluierung von *Training OC* wurde die Lehrveranstaltung *Organische Chemie I für Lehramtsstudierende* neu konzipiert. Die ersten zwei Durchgänge wurden aufgrund der Corona-Pandemie synchron online durchgeführt. Bei der Lehrveranstaltung wurde nicht zwischen Vorlesung und Übung unterschieden; beide Formate wurden zu einem integrierten Format zusammengefügt. Nach kurzen Theoriephasen hatten die Studierenden Gelegenheit, grundlegende Fähigkeiten und Kompetenzen auf neue Probleme anzuwenden. Übergreifende Konzepte der organischen Chemie (siehe vorherigen Abschnitt) gaben die Struktur der Lehrveranstaltung vor. Diese Erarbeitung fand als Partner- oder Gruppenarbeit statt. Hierzu wurde die Breakout-room Funktion von Zoom genutzt. Um eine größere methodische Varianz zu gewährleisten, wurde wöchentlich ein Quiz zu den Inhalten der Vorwoche als Live-Quiz gespielt. Verschiedene Lernspiele zu den Konzepten wurden ebenfalls entwickelt, eingesetzt und evaluiert (Hermanns & Keller, 2022). Aufgaben zum EFSK waren ebenfalls Bestandteil der Lehrveranstaltung. Sie wurden erneut als relevant eingeschätzt (Hermanns & Keller, 2021c).

Die Lehrveranstaltung wurde unter drei Gesichtspunkten evaluiert. Im Rahmen einer Masterarbeit (Bresler, 2022) wurde die Zusammenarbeit zwischen den Studierenden bzw. zwischen den Studierenden und der Lehrperson untersucht. Ergänzend wurden die Struktur der Lehrveranstaltung sowie die Ergebnisse der abschließenden Klausur untersucht (Hermanns et al., 2023). In der Masterarbeit wurden die Lernphasen in den Blick genommen und unter Verwendung selbst erstellter Analysebögen evaluiert. Es zeigte sich, dass die Studierenden die Gelegenheiten zum aktiven Lernen nutzen, indem sie sich mündlich oder schriftlich (unter Verwendung des Zoom Whiteboards) an der Diskussion beteiligten. In größeren Gruppen (3–4 Studierende) wurde weniger gut zusammengearbeitet als in Partnerarbeit. In den größeren Gruppen waren meistens 1 bis 2 Studierende dominant. Im Laufe der Lehrveranstaltung wurde daher für die Bearbeitung der Aufgaben als Sozialform fast ausschließlich die Partnerarbeit vorgegeben. Die Studierenden beteiligten sich in diesen Phasen nahezu gleichwertig und nutzten somit die Gelegenheit zum aktiven Lernen, indem sie ihr konzeptuelles

Wissen auf neue Probleme anwendeten. Eine Erhebung zu den Lernstrategien der Studierenden zeigt jedoch, dass sie solche Strategien (wie das Anwenden von Wissen auf neue Probleme) in ihrer eigenen Zeit wenig oder gar nicht angewendet haben. Es kann vermutet werden, dass zu viele Lehrformate das Auswendiglernen als Lernstrategie begünstigen. Eine Änderung im Lernverhalten der Studierenden ist dann unwahrscheinlich (Bresler, 2022).

Die Analyse der Struktur der Lehrveranstaltung fokussierte sich auf die explizite und implizite Anwendung der übergreifenden Konzepte Formelsprache (FS), Struktur-Eigenschafts-Beziehungen (SEB), Elektrophil-Nukleophil (El-Nu), Reaktionsmechanismus (RM), Säure-Base (S&B), Redoxreaktion und Radikal (siehe Abb. 1).

**Abbildung 1**



Adapted with permission from (mit Erlaubnis angepasst nach) Hermanns, J., Bresler, A. & Kunold, H. Students' learning and application of basic concepts in the course „Organic Chemistry I for preservice chemistry teachers“ *J. Chem. Educ.*, <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00108>. Copyright (2023) American Chemical Society.

### 3.1 Übersicht über die verwendeten Konzepte in der Lehrveranstaltung

Alle Konzepte wurden sowohl explizit als auch implizit genutzt und kehrten während des Kurses immer wieder. Die Studierenden hatten daher ausreichend Lerngelegenheiten, um diese Konzepte zu erlernen und anzuwenden. Die Konzepte

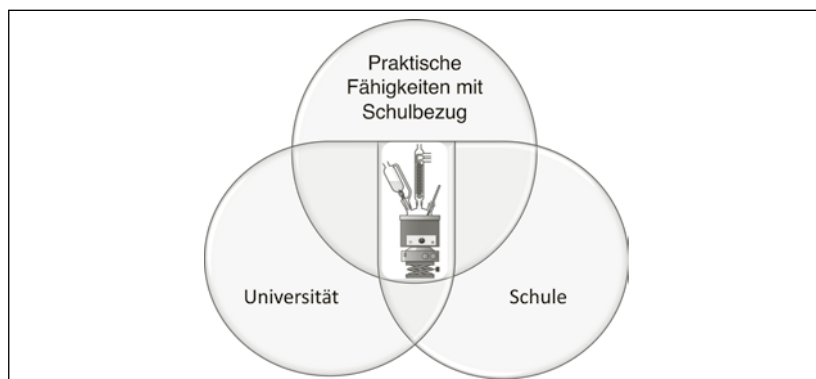


wurden in ca. 70 % der Aufgaben explizit geübt. In 82 % der Aufgaben wurde das Konzept *Formelsprache* angewendet. Struktur-Eigenschaftsbeziehungen standen in 52 % der Aufgaben im Fokus. Für die meisten Aufgaben mussten mehrere unterschiedliche Konzepte angewendet werden (Kunold & Hermanns, 2022).

Die Klausuren der Studierenden, die regelmäßig und aktiv teilgenommen haben, wurden ebenfalls in Hinblick auf die Anwendung übergreifender Konzepte analysiert. Hierfür wurden die Konzepte in Anlehnung an die SOLO-Taxonomie (Collis & Biggs, 1986) in drei Kategorien eingeteilt: Formelsprache, grundlegende Fähigkeiten und fortgeschrittene Fähigkeiten. Die Studierenden erreichten in der Kategorie *Formelsprache* im Schnitt 78,2 % der möglichen Punkte. Das beste Ergebnis (93,9–95,5 % der Punkte) wurde in der Kategorie *grundlegende Fähigkeiten* erzielt. Am schlechtesten schnitten die Studierenden in der Kategorie *fortgeschrittene Fähigkeiten* ab. Dort wurden, je nach Aufgabe, im Schnitt zwischen 39,1 % und 69,2 % der Punkte erzielt. Die Anwendung der Konzepte, obwohl prinzipiell bekannt, wie die Auswertung der Kategorie *grundlegende Fähigkeiten* zeigt, gelingt doch noch nicht immer und bei allen Studierenden.

Das Modul *Organische Chemie I für Lehramtsstudierende* besteht aus der Lehrveranstaltung und einem zweiwöchigen Laborpraktikum. Dieses wurde, ebenfalls unter Verwendung des Konstruktes zum EFSK, neu konzipiert (siehe Abb. 2). So wie das erweiterte Fachwissen die Brücke zwischen Schulwissen und universitärem Wissen darstellt, sollen die praktischen Fähigkeiten, die man in diesem Laborpraktikum erlangen soll, ebenfalls eine Brücke zwischen Schule und Universität bauen (Hermanns et al., 2023).

**Abbildung 2**



Adapted with permission from (mit Erlaubnis angepasst nach) Hermanns, J., Zöllner, L. & Filschke, C. (2022). Newly designed laboratory course for pre-service chemistry teachers: Do the students rate their practical skills as relevant for their future profession? *J. Chem. Educ.*, 99 (11), 3713–3722. Copyright (2022) American Chemical Society.

### 3.2 Praktische Fähigkeiten als Brücke zwischen Universität und Schule

Im Laborpraktikum wurden Labortechniken wie Filtrieren, Einengen, Trennen, Reinigen und Destillieren trainiert. Als Vorbereitung wurde ein Stationenlernen zu diesen Labortechniken im Moodle-Kurs zur Verfügung gestellt. Zur Dokumentation der Laborarbeit haben die Studierenden ein Laborjournal geführt, welches zweimal kontrolliert wurde. Nach der ersten Woche (und somit vor dem Start der zweiten Woche) haben die Studierenden Feedback dazu erhalten. Zusätzlich haben die Studierenden jeden Tag eine Reflexionsaufgabe bearbeitet. Diese Aufgaben wurden, neben zwei Fragebögen, für die Evaluation des neuen Laborpraktikums ausgewertet. Die Studierenden fühlten sich durch das Stationenlernen gut vorbereitet. Die Studierenden gaben auch an, dass sie in der ersten Woche laborpraktische Fähigkeiten erlangt hatten, die sie dann in der zweiten Woche anwenden konnten. Durch die Fokussierung auf die praktischen Fähigkeiten waren die Studierenden insgesamt sehr entspannt und auch sehr zufrieden mit dem Praktikum, wie beispielhaft zwei Zitate aus den Laborjournals zeigen: *„Die entspannte Arbeitsatmosphäre hat enorm geholfen“* und *„die Assistenten waren sehr nett und hilfsbereit“*. Die erlangten praktischen Fähigkeiten wurden als relevant für den späteren Lehrerberuf bewertet. Als zweite Lerngelegenheit zum Anwenden und Trainieren dieser praktischen Fähigkeiten dient das organisch-chemische Laborpraktikum im Masterstudium.

## 4 FAZIT UND AUSBLICK

Das erweiterte Fachwissen für den schulischen Kontext ist als theoretische Grundlage für die Entwicklung von Aufgaben, Lehrformaten und auch Laborpraktika sehr geeignet. Vor allem die Fokussierung auf übergeordnete Konzepte (in der Lehrveranstaltung) und grundlegende Fähigkeiten (im Laborpraktikum) führt zu einer guten Relevanzbewertung dieser Veranstaltungen durch die Studierenden. Da die Auswertung der Klausuren zeigte, dass die implizite Anwendung der übergreifenden Konzepte in komplexeren Aufgaben nicht immer gut gelungen ist, soll diese Anwendung in der Lehrveranstaltung mehr in den Blick genommen werden. Zusätzliche Aufgabenarten und unterstützende Hilfen, wie z. B. metakognitive Hilfen (Deffner, 2022), sollen hierzu entwickelt und eingesetzt werden.

## Literaturverzeichnis

- Anderson, T.L. & Bodner, G.M. (2008). „What can we do about ‚Parker?‘“ A case study on a good student who didn't ‚get‘ organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 93–101. <https://doi.org/10.1039/b806223b>
- Bresler, A. (2022). *Analyse der Lehrveranstaltung „Organische Chemie I für Lehramtsstudierende“*, Masterarbeit, Universität Potsdam.
- Collis, K.F. & Biggs, J.B. (1982). *Evaluating the Quality of Learning: The SOLO Taxonomy (Structure of the Observed Learning Outcome)*. Academic Press, New York.
- Deffner, S. (2022). *Entwicklung einer methodischen Hilfe zur systematischen Bearbeitung verschiedener Aufgabentypen in der organischen Chemie*. Bachelorarbeit, Universität Potsdam.
- Gabel, D.L. & Bunce, D.M. (1994). Research on problem solving: Chemistry. In D.L. Gabel (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (S. 301–326) Macmillan.
- Grove, N.P. & Bretz, S.L. (2012). A continuum of learning: from rote memorization to meaningful learning in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 13, 201–208. <https://doi.org/10.1039/C1RP90069B>
- Hermanns, J. (2018). Seminar konzeption zu den Übungen zur Vorlesung „Organische Experimentalchemie I“ für Studierende des Studienganges „Bachelor Lehramt Chemie“. In A. Borowski, A. Ehlert & H. Prechtel (Hrsg.), *PSI-Potsdam. Ergebnisbericht zu den Aktivitäten im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung (2015–2018)* (S. 153–163). Universitätsverlag.
- Hermanns, J. (2019). Erweitertes Fachwissen für den schulischen Kontext – Konzeption und Evaluation von Aufgaben zur Vorlesung „Organische Experimentalchemie I. *Chemie Konkret*, 26(1), 31–35. <https://doi.org/10.1002/ckon.201800024>
- Hermanns, J. & Keller, D. (2019). School-related content knowledge in organic chemistry – How different school curricula should be considered for the development of tasks. *Progress in Science Education*, 2(1), 17–27. <https://doi.org/10.25321/prise.2019.888>
- Hermanns, J. & Thomanek, O. (2020). A Delphi study on the school related content knowledge in organic chemistry. *Research in Subject-matter Teaching and Learning*, 3, 146–165. <https://doi.org/10.23770/rt1835>
- Hermanns, J. (2021a). Perceived relevance of tasks in organic chemistry by preservice chemistry teachers. *Chemistry Teacher International*, 3(1), 31–44. <https://doi.org/10.1515/cti-2020-0002>
- Hermanns, J. (2021b). Training OC – a new course concept for training the application of basic concepts in organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, 98(2), 374–384. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00567>

- Hermanns, J. (2021c). How do pre-service chemistry teachers rate the importance of content in organic chemistry during their chemistry studies at university? *Chemistry Teacher International*, 3(4), 359–365. <https://doi.org/10.1515/cti-2021-0004>
- Hermanns, J. & Ermler, N. (2021). Why school-related content knowledge for pre-service chemistry teachers should include basic concepts in organic chemistry. *Chemistry Teacher International*, 3(3), 303–311. <https://doi.org/10.1515/cti-2020-0033>
- Hermanns, J. & Keller, D. (2021a). School-related content knowledge in organic chemistry – how does the students’ rating of their perceived relevance of tasks differ between bachelor and master studies? *Journal of Chemical Education*, 98(3), 763–773. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01415>
- Hermanns, J. & Keller, D. (2021b). A survey on the content beliefs of professors teaching organic chemistry. *Progress in Science Education*, 4(2), 63–70. <https://doi.org/10.25321/prise.2021.1078>
- Hermanns, J. & Keller, D. (2021c). How do preservice chemistry teachers rate tasks following the construct of school-related content knowledge in a concept orientated course on organic chemistry? *Journal of Chemical Education*, 98(11), 3442–3449. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00593>
- Hermanns, J. & Keller, D. (2022). The development, use and evaluation of digital games and quizzes in an introductory course on organic chemistry for preservice chemistry teachers. *Journal of Chemical Education*, 99(4), 1715–1724. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00058>
- Hermanns, J., Zöllner, L. & Filschke, C. (2022). Newly designed laboratory course for pre-service chemistry teachers: Do the students rate their practical skills as relevant for their future profession? *Journal of Chemical Education*, 99(11), 3713–3722. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00618>
- Hermanns, J., Bresler, A. & Kunold, H. (2023). Students’ learning and applying of basic concepts in the course „Organic Chemistry I for preservice chemistry teachers“. *Journal of Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00108>
- Kunold, H. & Hermanns, J. (2022). *Übergeordnete Konzepte der organischen Chemie als roter Faden in der Lehrveranstaltung OC I für Lehramtstudierende*. Poster bei der 38. Fortbildungs- und Vortragstagung der Fachgruppe Chemieunterricht an der Universität Osnabrück.
- Massolt, J. & Borowski, A. (2018). Increasing the perceived relevance of university physics problems by focusing on school-related content knowledge. *HeiEDUCATION JOURNAL*, (1/2), 99–122. <https://doi.org/10.17885/heiup.heied.2018.1-2.23828>
- Massolt, J. & Borowski, A. (2020). Perceived relevance of university physics problems by pre-service physics teachers: personal constructs. *International Journal of Science Education*, 42(2), 167–189. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1705424>

Woehlecke, S., Massolt, J., Goral, J., Hassan-Yavu, S., Seider, J., Borowski, A., Fenn, M., Kortenkamp, U. & Glowinski, I. (2017). Das erweiterte Fachwissen für den schulischen Kontext als fachübergreifendes Konstrukt und die Anwendung im universitären Lehramtsstudium. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 35(3), 413–426.