Integration physikalisch-mathematischer Concept Maps in die Hochschullehre

Raik Pawlowsky, Michael Wick, Christian Adler

Hochschule	Hochschule Coburg
Fachbereich	Fakultät Angewandte Naturwissenschaften und Gesundheit
Projektname	Integration physikalisch-mathematischer Concept Maps in die Hochschullehre
Teammitglieder	· Christian Adler – Student im Fach Emerging Technologies (B. Eng.) · Raik Pawlowsky – Hochschuldidaktiker im Rahmen des Projekts »IMPETUS« · Prof. Dr. Michael Wick – Professor für Physik
Zielgruppe des Projekts	Ca. 10 Studierende des 2. Semesters
Projektziel	Physikalisch-mathematische Concept Maps auf Lernförderlichkeit hin prüfen und weiterentwickeln
Zentrale Misfits	· »*Spielsituation ist unübersichtlich*« · »*Spiel ist zu schwer zu gewinnen*« · »*Eigene Leistung nicht einschätzbar*«
Zentrale Spielelemente	· »*Gemeinsames Spielfeld*« · »*Wahlfreiheit*« · »*Kooperative Spielform*«

https://doi.org/10.14361/9783839473740-016 - am 13.02.2026, 11:48:09. https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Schlagworte: *Concept Maps, Physik, Mathematik, kooperatives Lernen, Lernhilfen, Visualisierung*

Physikalisch-mathematische Concept Maps in der nachfolgend gezeigten Form bringen Formeln auf einer Seite in einen visuellen Zusammenhang, welcher durch Begleittext erklärt wird. Im vorliegenden Beitrag wird diese Art der Concept Map mit der Lehr-Lernforschung verknüpft und die Entwicklung einer lernförderlichen Lehreinheit mittels der EMPAMOS-Methode beschrieben. Die drei an der Gestaltung beteiligten Akteure – Lehrperson, Didaktiker und Studierender – kommen dabei auch einzeln zu Wort. Entstanden ist eine Lehreinheit, bei der Studierende in Kleingruppen gemeinsam an einer Concept Map arbeiten und die dafür nötige Unterstützung selbst wählen. Ein erster Einsatz in der Lehre brachte bereits positive Rückmeldungen.

1. Was ist das Problem?

Die Ausgangslage – Exkurs des Lehrenden

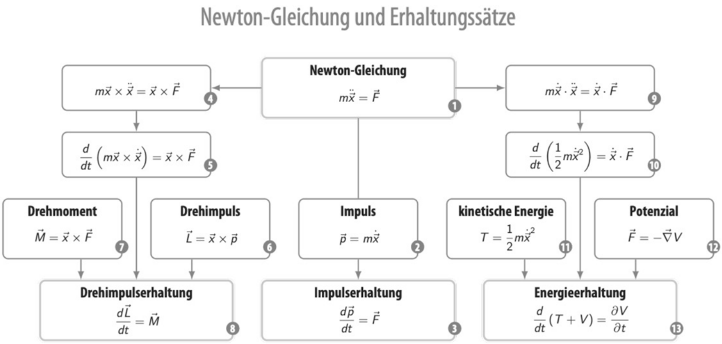
Lehrbücher sind traditionell als lineare Fließtexte gestaltet, was sowohl auf die Entwicklung der Handschrift als auch auf die technische Weiterentwicklung des Buchdrucks zurückzuführen ist. Zusammenhänge zwischen Kapiteln, Themen und Einzelkonzepten werden durch Inhaltsverzeichnisse und Querverweise hergestellt und es erfordert sowohl Konzentration als auch Gedächtnisleistung, diese verschiedenen Abschnitte während der Lektüre kognitiv zu verknüpfen. Insbesondere die Darstellung von Herleitungen in Physikbüchern stellt für Ungeübte ein Hindernis dar. Nummerierte Gleichungen werden in Fließtext eingebettet und zusammenhängende Herleitungen über mehrere Seiten oder sogar Kapitel hinweg präsentiert. Diese Problemstellung wurde bereits in mehreren Lehrbüchern im Bereich der Grundlagenphysik adressiert (Wick 2019, 2021, 2023), in denen die Idee der *Concept Map* (bspw. Novak & Cañas, 2008) auf Herleitungen angewandt wurde.

Eine mathematische Herleitung besteht aus einer Aneinanderreihung bzw. Kombination von mathematischen Formeln und physikalischen Gleichungen, die darauf ausgerichtet ist, ein spezifisches Ergebnis zu erhalten. Einzelne Gleichungen innerhalb einer Herleitung nehmen dabei die Rolle der Konzepte ein, die in einer Concept Map (im weiteren Verlauf »CM«) mit Pfeilen verbunden werden. Diese Zusammenhänge werden in den Lehrbüchern auf einer Doppelseite im Querformat dargestellt – oben die CM und

https://doi.org/10.14361/9783839473740-016 - am 13.02.2026, 11:48:09. https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

unten ein Text, der die Pfeile und Gleichungen erklärt. Im Unterschied zu den klassischen CMs, bei denen Konzepte als einzelne Begriffe in Boxen dargestellt und mit beschrifteten Pfeilen verbunden werden, sind die Konzepte hier durch mathematische Formeln dargestellt und deren Zusammenhänge strikter vorgegeben. Das liegt daran, dass Gleichungen nicht beliebig mathematisch kombiniert werden können. Eine weitere Abweichung zur »klassischen« CM ist, dass die Pfeile im Begleittext erklärt werden. Ein Beispiel für die Umsetzung einer Herleitung aus der Newtonschen Mechanik, die mit diesem Konzept visualisiert wurde, ist in Abbildung 1 zu sehen.

Abbildung 1: Newton-Gleichung und Erhaltungssätze als Concept Map mit Begleittext



Aus der Newton-Gleichung für ein Teilchen in einem konservativen Kraftfeld folgen Erhaltungssätze für den Impuls, den Drehimpuls und die Gesamtenergie.

1 Ausgangspunkt ist die Newton-Gleichung für ein Teilchen mit der Masse m und der Position $\vec{x}$, auf das die Kraft $\vec{F}$ wirkt.

2 3 Aus der Definition des Impulses ergibt sich direkt die Impulserhaltung: Die zeitliche Änderung des Impulses ist gleich der wirkenden Kraft.

4 5 Wir multiplizieren die Newton-Gleichung auf beiden Seiten vektoriell mit der Position $\vec{x}$. Der Ausdruck auf der linken Seite entspricht der zeitlichen Ableitung des Vektorprodukts von Position $\vec{x}$ und Geschwindigkeit $\dot{\vec{x}}$, weil das Vektorprodukt der Geschwindigkeit mit sich selbst verschwindet.

6 7 8 Mit der Definition des Drehimpulses $\vec{L}$ und der Definition des Drehmoments $\vec{M}$ ergibt sich die Drehimpulserhaltung: Die zeitliche Änderung des Drehimpulses ist gleich des wirkenden Drehmoments.

9 10 Wir multiplizieren die Newton-Gleichung auf beiden Seiten skalar mit der Geschwindigkeit $\dot{\vec{x}}$. Der Ausdruck auf der linken Seite entspricht der zeitlichen Ableitung des Quadrats der Geschwindigkeit $\dot{\vec{x}}$.

11 12 13 Mit der Definition der kinetischen Energie T und dem Zusammenhang von Kraft und Potenzial V ergibt sich die Energieerhaltung: Die zeitliche Änderung der Gesamtenergie $T+V$ ist gleich der partiellen Ableitung des Potenzials nach der Zeit. Hier haben wir die vollständige Ableitung des Potenzials genutzt (siehe Hinweis):

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\partial V}{\partial t} + \sum_{i=1}^{3} \frac{\partial V}{\partial x_i}\frac{dx_i}{dt} = \frac{\partial V}{\partial t} + \dot{\vec{x}} \cdot \vec{\nabla} V$$

Hinweis:
Die partielle Ableitung $\partial f(x,y,t)/\partial t$ einer Funktion $f(x,y,t)$ von mehreren Variablen x, y und t nach einer Variablen, z.B. t, wird gebildet, indem man alle anderen Variablen als konstant betrachtet und die Funktion nach den üblichen Regeln der Ableitung nach t differenziert. Die vollständige Ableitung $df(x,y,t)/dt$ einer Funktion wird gebildet, indem man alle anderen Variablen als Funktionen dieser Variablen, $x(t)$ und $y(t)$, betrachtet und die Funktion mithilfe der Kettenregel nach t differenziert. Zur Unterscheidung von vollständigen und partiellen Differenzialen werden unterschiedliche Symbole benutzt: die normale Schreibweise des d beim vollständigen Differenzial und eine spezielle Schreibweise ∂ für die partielle Ableitung.

In Anlehnung an Wick, 2021

https://doi.org/10.14361/9783839473740-016 - am 13.02.2026, 11:48:09. https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

Die bisherigen Rückmeldungen von Lehrenden zum Einsatz von CMs in dieser Form sind sehr positiv. Dies zeigte sich sowohl im Rahmen des Peer-Review-Prozesses der Lehrbücher als auch bei der Vorstellung des Konzepts im Fachdidaktik-Arbeitskreis Mathe/Physik des Bayerischen Zentrums für Innovative Lehre (BayZiel). Ein exemplarisches Zitat aus dem anonymisierten Feedback des Arbeitskreises verdeutlicht, wie Vertreter:innen der Fachcommunity auf den Ansatz reagierten: »Vielen Dank für die Vorstellung dieser Concept Maps. Ich halte sie für ein hervorragendes Mittel, um die Struktur hinter Herleitungen und Beweisen für Studierende sichtbar zu machen. Besonders spannend finde ich die Möglichkeit, dass Studierende auch selbst Concept Maps erstellen können.«

Exkurs des Lehrenden – Ende

In Lehraktivitäten mit klassischen CMs (vgl. bspw. Daley et al., 2016; Ambrose et al., 2010) werden häufig die von den Studierenden wahrgenommenen Konzepte und deren Verbindungen abgefragt – teilweise mehrmals über den Kurs hinweg, um die Veränderungen der CMs zu analysieren und damit auch die veränderte Wahrnehmung der Studierenden. Dabei können verschiedene CMs zum gleichen Thema, nur eingeschränkt durch die verschiedene Sprachlogik, gleichzeitig richtig sein. Bei einer mathematischen CM hingegen müssen die Verknüpfungen jedoch mathematisch konsistent sein. Dies schränkt die oben beschriebene Arbeitsweise mit CMs in den meisten Fällen ein, denn auf diesen verschiedenen möglichen Kombinationen bauen die oben genannten Analysen unter anderem auf. Um auch für mathematische Formen der CM sinnvolle und motivierende Lehraktivitäten zu finden, zielte das Projekt im Lehrlabor darauf ab, die folgende Leitfrage zu beantworten: *Wie können (physikalisch-)mathematische Concept Maps zu lernförderlicher Lehre beitragen?* Dies wurde im Rahmen zweier Veranstaltungen von Prof. Dr. Michael Wick untersucht, in deren Rahmen er Herleitungen mittels entsprechender CMs bespricht.

2. Ergebnisse der Misfit-Analyse in EMPAMOS

Um tatsächlich lernförderliche Ideen zu entwickeln, wurden per Misfit-Analyse zunächst einige typische »lernhinderliche« Aspekte von Vorlesungen benannt, in denen Herleitungen auf konventionelle Weise, d.h. linear mittels einer Präsentationssoftware bzw. an die Tafel geschrieben, präsentiert werden. Dabei wurden die folgenden drei Misfits als zentrale Herausforderungen iden-

https://doi.org/10.14361/9783839473740-016 - am 13.02.2026, 11:48:09. https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

tifiziert, mit denen sich Lernende beim Versuch, eine Herleitung zu verstehen, konfrontiert sehen:

a. ***»Spielsituation ist unübersichtlich«***: Zusammenhänge zwischen Themen und Formeln werden eventuell nicht wahrgenommen, gerade bei seitenlangen Erklärungen. Wer einmal den Faden verloren hat, findet schwer einen Wiedereinstiegspunkt und sieht sich schnell abgehängt.
b. ***»Spiel ist zu schwer zu gewinnen«***: Physikalische Inhalte sind kompliziert und wie sie die Inhalte leicht und nachhaltig lernen können, ist den Studierenden unklar.
c. ***»Eigene Leistung nicht einschätzbar«***: Den Lernenden fehlt Feedback dazu, in welchen Bereichen sie (noch nicht) fit sind: Kennen sie die Namen und/oder Bedeutungen von Formeln? Können sie Formeln – wenn nötig – auswendig? Können sie die Formeln kombinieren, zusammenführen, herleiten?

3. Concept Maps aus didaktischer Perspektive

Die Beurteilung – Exkurs des Didaktikers

CMs bieten großes Potenzial für lernförderliche Lehrgestaltung, auch weil sie die drei allgemeinen Erfolgsfaktoren effektiver Lehrveranstaltungen bedienen (können): Klarheit und Verständlichkeit, soziale Interaktion und Leistungsrückmeldung (Flaig et al., 2001, S. 73–76). Die verknüpfte Darstellung von CMs hilft Lernenden dabei, im Sinne des sogenannten *chunking* (Gobet & Lane, 2012) verschiedene Formeln in einer visuellen Darstellung gemeinsam abzuspeichern. Sowohl dadurch als auch durch die Darstellung der gesamten Herleitung auf einer Seite wird zudem der unnötige Anteil der kognitiven Belastung – der sogenannte *extraneous cognitive load* (Paas et al., 2004) – der Studierenden reduziert. Um beide Effekte zu bewahren, sollte die Darstellung bzw. Formelanzahl aber übersichtlich bleiben. Förderlich bei einem Lehrvortrag mit CMs ist auch, nicht von Beginn an die gesamte befüllte CM aufzudecken, um Ablenkung (d.h. *cognitive load*) zu vermeiden. Stattdessen sollten Formeln schrittweise aufgedeckt werden.

Durch die grafische Darstellung der CM bieten sich mehr Lernstrategien zur Memorierung der Inhalte an (Osterroth, 2021, S. 50). Die Zusammenführung des erarbeiteten Wissens auf einer Folie eignet sich zugleich als Lernzusammenfassung zur Wiederholung, was beiläufig – »*en passant*« ge-

https://doi.org/10.14361/9783839473740-016 - am 13.02.2026, 11:48:09. https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access - [cc] BY-SA

mäß Reischmann (2002, S. 33) – eine weitere Lernstrategie vermittelt. CMs »nur« im Lehrvortrag einzubauen, beschränkt allerdings deren lernförderliche Einsatzfähigkeit, denn sie bieten die Chance für selbstgesteuertes, aktives Lernen mit einem breiteren Kompetenzspektrum als die reine Verarbeitung präsentierter Inhalte (Flaig et al., 2001, S. 80f.), beispielsweise durch Gruppenaufgaben. Eine so gestaltete Lerneinheit sollte das Engagement von Studierenden positiv verstärken: Zusammenhänge können auf individuellem Wege aufgeschlüsselt werden und bilden so eine nachhaltigere Lernerfahrung.

Die Arbeit mit CMs kann das Erlernen und Wiederholen von Inhalten ohne zusätzlichen Zeitaufwand zudem mit der Vermittlung lernförderlicher Verhaltensweisen verbinden. Die Einschätzung und Überprüfung des eigenen Wissensstandes sowie die Auswahl geeigneter strukturierter Lernprozesse sind schließlich Kompetenzen, die auch gelernt und gelehrt werden müssen. Aussagen wie »Der Stoff ist zu schwer/zu viel« können also auch ein Indiz für ineffizientes Lernen sein. Durch kooperatives aktives Lernen entsteht Feedback zum eigenen Wissensstand, das es Studierenden ermöglicht, gezielter zu lernen.

Exkurs des Didaktikers – Ende

4. Lösungsansätze aus EMPAMOS

Die gesammelten Misfits können teilweise durch die Arbeit mit CMs bzw. die didaktischen Anregungen aufgelöst werden. Mithilfe von EMPAMOS sollten jedoch ergänzend Ideen für weitere lernförderliche bzw. motivierende Effekte gesammelt und eine Lehreinheit entwickelt werden, die dieses Potenzial nutzt. Das Ergebnis ist in Tabelle 1 zu sehen.

Als nötige Hilfestellung für alle gibt es Fragen bzw. Tipps, damit klar wird, wie die Felder befüllt werden müssen und welche Formel im jeweiligen Feld steht. Weitere Unterstützungsangebote, die gewählt werden können, sind Bücher, Fragen an die Lehrkraft oder die Option, in einer Musterlösung zu »spicken«. Das *»gemeinsame Spielfeld«* könnte darüber hinaus abgewandelt werden, indem beispielsweise statt der Formeln die grafischen Zusammenhänge gefunden werden müssen (für weitere Anregungen vgl. Torre et al., 2013).

https://doi.org/10.14361/9783839473740-016 - am 13.02.2026, 11:48:09. https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access - [cc] BY-SA

Tabelle 1: Lernförderlich Lehren mit CMs – Gegenüberstellung der Misfits und zugehörigen Spielelemente

Probleme der herkömmlichen Darstellung (Misfits nach EMPAMOS)		Innovative Lehreinheit wurde konzipiert (Spielelemente nach EMPAMOS)
Misfit a: »Spielsituation unübersichtlich«	➤	»*Gemeinsames Spielfeld*«: Eine Concept Map mit leeren Feldern wird gemeinsam befüllt und dient zugleich als Lernzusammenfassung »*Wahlfreiheit*«: Hilfestellungen können gewählt werden (wenig Hilfe = mehr Herausforderung)
Misfit b: »Spiel ist zu schwer zu gewinnen«	➤	»*Kooperative Spielform*«: Peer-Teaching erleichtert den Wiedereinstieg für diejenigen, die den Faden verloren haben »*Fremdentscheidung*«: Vorgegebene Struktur mit Hilfestellungen bilden Lernpfad
Misfit c: »Eigene Leistung nicht einschätzbar«	➤	»*Fragestellung*«: Kann die Concept Map (anderen) nachvollziehbar erklärt werden? Abgleich von Wissen und Erklärfähigkeit »*Spielfortschrittsanzeige*«: Benötigte Hilfe lässt Rückschluss auf eigenen Lernfortschritt zu

5. Wirkung der Concept Maps in der Lehre

Exkurs des Studierenden

Um mehr über die tatsächliche Wirkung von CMs zu erfahren, wurden 13 Studierende des Lehrenden gemeinsam im Anschluss an eine Vorlesung befragt, in der Herleitungen im Vortragsstil mittels CMs erläutert wurden. Es handelte sich um eine fünfminütige Gruppendiskussion, geleitet durch den Didaktiker. Die Studierenden gaben dabei an, dass sie Herleitungen mit CMs leichter folgen konnten als ohne CMs, da die Zusammenhänge auf einen Blick leicht erkennbar seien. Eine Person gab außerdem an, sich aufgrund des übersichtlichen Layouts die Zusammenhänge besser merken zu können, da sie sich auch die visuelle Form der CMs einpräge.

In einer zweiten Vorlesung wurde die mithilfe von EMPAMOS erstellte 45-minütige Lerneinheit getestet und Feedback eingeholt. Hierfür wurden acht Studierende in Kleingruppen von zwei bis drei Personen eingeteilt, um dem

https://doi.org/10.14361/9783839473740-016 - am 13.02.2026, 11:48:09. https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access - [cc] BY-SA

Basisbedürfnis nach sozialer Einbindung gemäß der Selbstbestimmungstheorie der Motivation (Deci & Ryan, 2000; Frühwirth, 2020) gerecht zu werden. Alle erhielten eine nicht ausgefüllte CM. Die Eintragungen sollten die Kleingruppen in 35 Minuten erarbeiten. Wenn eine Gruppe nicht mehr weiterwusste, durfte sie die beigelegten schriftlichen Hinweise zum Lösen nutzen. Falls weitere Unterstützung nötig war, konnten die Lernenden den Lehrenden nach Hinweisen fragen und das Internet, Bücher etc. als Hilfsmittel heranziehen. Die Gruppen durften dabei selbst entscheiden, wie viel Unterstützung sie bekommen wollen; dieser Ansatz korrespondiert mit dem Basisbedürfnis nach Autonomie (Frühwirth, 2020). Fünf Minuten vor Ablauf der Zeit durften sich die verschiedenen Teams darüber hinaus auch gegenseitig helfen und ihre Fortschritte sowie Ideen austauschen. Zehn Minuten standen zur Verfügung, um die Teile der CM zu erklären, bei denen die Gruppen nicht weiterkamen.

Nach der Lerneinheit fand abermals eine kurze gemeinsame Auswertung mittels Gruppendiskussion statt. Dabei zeigte sich, dass die Einteilung in Teams als sehr hilfreich wahrgenommen wurde. Sie half den Lernenden, sich über ihre Unsicherheiten auszutauschen und sich gegenseitig zu unterstützen. So konnten die Studierenden auch die Rolle einer Lehrperson übernehmen und dadurch ihr Wissen festigen bzw. weitergeben – was wiederum dem Kompetenzerleben als drittem Basisbedürfnis entsprach (Frühwirth, 2020).

Durch die Gruppenarbeit (soziale Einbindung) ist aus einer extrinsischen eine intrinsische Motivation entstanden. Die Studierenden wurden in Gruppen eingeteilt; extrinsische Motivation (im Sinne einer Handlungsaufforderung) ging dabei vom Lehrenden aus. Als sich die Gruppen intern und gegenseitig unterstützten, durchliefen sie jedoch einen autonomen Prozess (Autonomie). Die Teammitglieder halfen sich zudem gegenseitig und waren motiviert, gemeinsam zur Lösung zu kommen. Dabei brauchten sie keine weiteren Motivationsanstöße von Seiten des Lehrenden (Internalisierung extrinsischer Motivation, vgl. Frühwirth 2020, S. 18). Das Resultat war eine korrekt ausgefüllte CM und das spielerische Erlernen prüfungsrelevanter Aufgaben (Kompetenz). Außerdem zeigte sich, dass fast alle Studierenden an derselben Stelle der CM auf Schwierigkeiten stießen. Dies konnte die Lehrperson als Feedback für den Unterricht nutzen, um Wissenslücken sowie häufig auftretende Missverständnisse zu identifizieren.

Exkurs des Studierenden – Ende

https://doi.org/10.14361/9783839473740-016 - am 13.02.2026, 11:48:09. https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -

6. Rückblick auf das Lehrlabor 2024 und Ausblick auf ein Online-Tool

Das Lehrlabor³ hat maßgeblich dazu beigetragen, lernförderliche Anregungen für die Lehre mit CMs zu sammeln. EMPAMOS war dabei die gemeinsame Sprache dreier Perspektiven und erleichterte den Austausch von Wissen und Erfahrung. Die dargestellten ersten Ergebnisse sind vielversprechend und richtungsweisend für die weitere Arbeit am didaktischen Einsatz von mathematischen CMs in der Hochschullehre.

In einem flankierenden Förderprojekt (BayernMINT) wird an der Hochschule Coburg ein frei zugängliches Online-Tool (www.conceptm.app, online ab Frühjahr 2025) für das leichte Erstellen, Teilen und Präsentieren mathematischer CMs entwickelt. Im Zuge dieses Projekts werden einzelne Vorlesungsinhalte aus der Physik bzw. aus Nachbardisziplinen wie Elektrotechnik, Grundlagenmathematik oder Festkörperphysik als CMs erarbeitet und in der Lehre in Bachelorprogrammen der Hochschule Coburg erprobt und evaluiert. Ausgehend von dem Projekt im Lehrlabor³ soll dieses Tool für Lehrende insbesondere das leichte Erstellen von Arbeitsblättern ermöglichen.

Danksagung

Die Autoren danken dem Projekt Lehrlabor³ für die Möglichkeit der Mitwirkung sowie der Bund-Länder-Initiative FH-Personal, durch die die Mitwirkung von Raik Pawlowsky möglich gemacht wurde.

Literatur

Ambrose, S. A., Bridges, M. W., DiPietro, M., Lovett, M. C. & Norman, M. K. (2010). *How learning works. Seven research-based principles for Smart Teaching*. Jossey-Bass.

Daley, B. J., Durning, S. J. & Torre, D. M. (2016). *Using Concept Maps to Create Meaningful Learning in Medical Education*. MedEdPublish.

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2000). The »What« and »Why« of Goal Pursuits: Human needs and the Self-Determination of behavior. *Psychological Inquiry, 11*(4), 227–268.

https://doi.org/10.14361/9783839473740-016 - am 13.02.2026, 11:48:09. https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access - CC BY-SA

Flaig, M., Heltemes, T. & Schneider, M. (2001). Lernförderliche Durchführung von Lehrveranstaltungen. In R. Kordts-Freudinger, N. Schaper, A. Scholkmann & B. Szczyrba (Hg.), *Handbuch Hochschuldidaktik* (S. 73–86). wbv.

Frühwirth, G. (2020). *Selbstbestimmt unterrichten dürfen – Kontrolle unterlassen können*. Springer VS.

Gobet, F. & Lane, P. C. R. (2012). Chunking mechanisms and learning. In N. M. Seel (Hg.), *Encyclopedia of the sciences of learning* (S. 541–544). Springer.

Novak, J. D. & Cañas, A. J. (2008). *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use them, Technical Report IHMC CmapTools 2006–01 Rev 01–2008*. Florida Institute for Human and Machine Cognition.

Osterroth, A. (2021). *Basiswissen Hochschullehre. Methodik – Didaktik – Evaluation*. Springer VS.

Paas, F., Renkl, A. & Sweller, J. (2004). Cognitive Load Theory: Instructional Implications of the Interaction between Information Structures and Cognitive Architecture. *Instructional Science, 32*, 1–8.

Reischmann, J. (2002). Lernen hoch zehn – wer bietet mehr? Von »Lernen en passant« zu »kompositionellem Lernen« und »lebensbreiter Bildung«. In R. Bergold, P. Dierkes & J. Knoll (Hg.), *Vielfalt neu verbinden – Abschlussbericht zum Projekt »Lernen 2000plus – Initiative für eine neue Lernkultur«* (S. 159–167). Katholische Bundesarbeitsgemeinschaft für Erwachsenenbildung.

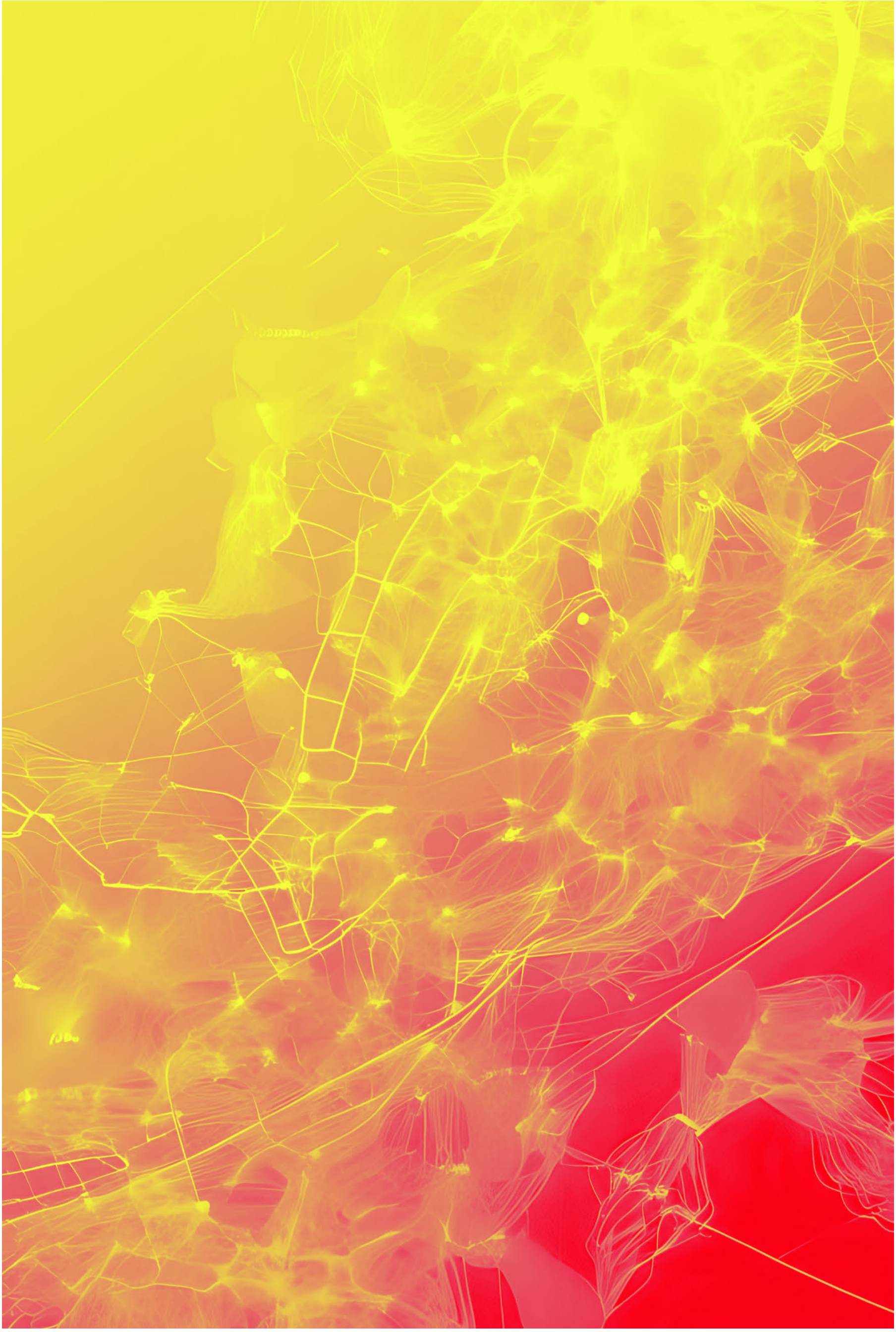
Torre, D. M., Durning, S. J. & Daley, B. J. (2013). Twelve tips for teaching with concept maps in medical education. *Medical teacher, 35*(3), 201–208.

Wick, M. (2019). *Quantenmechanik mit Concept-Maps. Mit Struktur und Übersicht besser verstehen und lernen.* Springer Nature.

Wick, M. (2021). *Klassische Mechanik mit Concept-Maps. Strukturiert durch die Theoretische Physik I*. Springer Nature.

Wick, M. (2023). *Quantum Mechanics with Concept Maps*. Cambridge University Press.

https://doi.org/10.14361/9783839473740-016 - am 13.02.2026, 11:48:09. https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -



Bildquelle: »Artificial Illustrations« – ein studentisches Projekt des FIDL

https://doi.org/10.14361/9783839473740-016 - am 13.02.2026, 11:48:09. https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access - CC BY-SA

https://doi.org/10.14361/9783839473740-016 - am 13.02.2026, 11:48:09. https://www.inlibra.com/de/agb - Open Access -