

Konzeptwechsel, Konzeptwandel oder Konzeptprävalenz?

Aktuelle Perspektiven auf das Lernen von Konzepten

Christian M. Thurn

Ziel dieses Kapitels ist es, einen allgemeinen fächerübergreifenden, kognitionswissenschaftlichen Überblick zu Konzeptwechsel zu geben. Konzeptwechsel besagt, dass Lernende subjektive Konzepte haben, die im Lernprozess ergänzt oder verändert werden müssen, und erklärt, wie dies am besten bewerkstelligt werden kann. Zu Beginn des Kapitels definiere ich einige Begriffe. Danach gehe ich auf die kognitionswissenschaftlichen Grundlagen konzeptuellen Lernens ein. Im dritten Abschnitt erläutere ich die generelle Idee von Konzeptwechseltheorien. Abschließend gehe ich darauf ein, wie Konzeptwechseltheorien in den sozial- und kulturwissenschaftlichen Fächern nutzbringend angewandt werden können.¹

1. Definitionen

Da Forschende die Verwendung von unpräziser Terminologie auch in der Konzeptwechselforschung kritisieren (vgl. Lin et al. 2016; Sherin 2021), folgen zunächst Definitionen grundlegender Begriffe. Wie Gerring (1999) vorschlägt, versuche ich transparent die Vor- und Nachteile

¹ Ich danke Fridolin Roelcke für spannenden Austausch und Ideen zum Thema. Ich danke Gertraud Benke, Markus Bohlmann, Zoran Kovacevic und Lennart Schalk für hilfreiche Kommentare zu diesem Kapitel.

der Definitionen sowie Alternativbedeutungen zu benennen. Da viel Literatur zum Thema in Englisch verfasst wird, gebe ich auch die gängige englische Übersetzung der Begriffe an².

»Wissen«³ (*knowledge*)

Häufig wird »Wissen« als wahre, begründete Überzeugungen (*justified true belief*) definiert (vgl. Taber 2018). Diese Definition ist jedoch vor allem aufgrund des Wahrheitsbegriffs problematisch (vgl. Ohlsson 2009)⁴. »Wissen« als faktisch wahr zu definieren, widerspricht konstruktivistischen Perspektiven (vgl. ebd.). Außerdem kann man »Wissen« erwerben, selbst wenn man nicht an ein Konzept glaubt oder seine Überzeugung dazu begründet. So können auch »Menschen, die nicht an die Existenz Gottes glauben, [...] eine Vorstellung von Gott haben« (Saariluoma 2002: 230).

Darum wird »Wissen« in diesem Kapitel folgendermaßen definiert: »Wissen« ist Information oder »jeder inhaltliche Ausdruck, der für kognitive Prozesse genutzt werden kann« (Machery 2009: 4). »Wissen« ist somit interpersonell konstruiert und nicht automatisch objektiv wahr. Diese Definition benötigt die Kriterien Begründung und Wahrheit nicht. Darum ist die Definition vereinbar mit der Annahme, dass alles menschliche »Wissen« fehlbar ist und verfeinert sowie auch ersetzt werden kann.

»Repräsentationen« (*representations*)

»Repräsentationen« sind mentale Abbilder oder Vorstellungen, an die wir gewisse Eigenschaften anknüpfen können. »Repräsentationen« sind

2 Ich habe einige Definitionen aus der Fachliteratur aus dem Englischen ins Deutsche übersetzt.

3 Um Begriffe von Konzepten zu unterscheiden, gibt es verschiedene Vorschläge. In diesem Sammelband verwenden wir (französische) Anführungszeichen.

4 Vgl. dazu auch das *Gettier Problem*, bei dem gezeigt wird, dass die Definition aufgrund erkenntnistheoretischer Annahmen nicht immer zutreffen kann (Gettier 1963).

stabile Elemente. »Repräsentationen« sind in diesem Falle aber nicht als visuelle Abbildungen zu verstehen (vgl. Carey 2000).

»Konzepte« (*concepts*)

»Konzepte« sind mentale Hilfsmittel (*mental devices*) zur *Kategorisierung* und *Schlussfolgerung* (vgl. Bohlmann 2022; van Boxtel/van Drie 2018) und damit ein System, das zu mentalen Modellen, Abstraktionen, Vorwissen und objektähnlichen Repräsentationen führen *kann* bzw. diese erstellen *kann*. Ein »Konzept« ist somit aber *keine* objekt-ähnliche mentale Repräsentation (vgl. Bohlmann 2022). Stattdessen sind »Konzepte« psychologische Entitäten, die durch sorgfältige Forschungsarbeit und Beschreibung herausgearbeitet werden müssen. Die hier verwendete Definition weicht damit bewusst von anderen gängigen Definitionen ab, die »Konzepte« als direkte mentale Repräsentation verstehen (vgl. Margolis 1994: 75; Thagard 1990).

»Konzepte« haben Funktionen wie Klassifikation oder Komplexitätsreduktion (vgl. Bohlmann 2022), können im Langzeitgedächtnis gespeichert werden und von höheren kognitiven Prozessen genutzt werden (vgl. Machery 2009). »Konzepte« sind je nach Fach unterschiedlich definiert. Oft brauchen wir eine sprachliche Beschreibung, um Konzepte auszudrücken, und nutzen Begriffe, um sie zu beschreiben und zu definieren.

Ein allgemeines Problem besteht darin, dass wir nur eingeschränkte sprachliche Begriffe für die Vorgänge in der Welt haben, sodass Begriffe je nach Fach eine unterschiedliche Bedeutung haben können (vgl. Bohlmann 2022). Aber auch innerhalb eines Faches ist die Konsensfindung für die Bedeutung von Begriffen oft schwierig. Begriffe sind also kontextabhängig. Obwohl »Konzepte« nicht gleichzusetzen sind mit Begriffen, so werden sie doch durch diese versprachlicht. »Konzepte« sind darum »fluid by nature« (Saariluoma 2002: 244), oft hierarchisch organisiert (vgl. van Boxtel/van Drie 2018; Goertz 2020) und ebenfalls kontextabhängig.

Häufig wird ein »Konzept« auch als Konstrukt oder Konzeption bezeichnet. Der Begriff Konstrukt impliziert, dass etwas entwickelt wurde,

und nicht notwendigerweise unabhängig in der Welt oder den Erfahrungen der Menschen existiert (vgl. Goertz 2020). Beispielsweise ist das soziale Geschlecht ein Konstrukt. Hingegen sind »Konzepte« eine Überkategorie von Erschaffenem und bereits Bestehendem (also wären sowohl soziales als auch biologisches Geschlecht Konzepte). Der Begriff Konzeption umfasst mindestens zwei Bedeutungen: erstens den Prozess, in dem Konzepte geformt werden, und zweitens eine eher generelle Idee von etwas (Vorstellung). Hingegen bezeichnet »Konzept« die geformte Vorstellung, die konkreter ist als eine Konzeption.

»Präkonzepte« (*preconcepts*)

»Präkonzepte« sind »Konzepte«, die nicht mit wissenschaftlich anerkanntem Wissen übereinstimmen (vgl. Vosniadou/Brewer 1987). Lernende formulieren »Präkonzepte« oft als Ergebnis ihrer alltäglichen Lebenserfahrung. Diese »Präkonzepte« können im Alltag nützlich sein, aber können als Erklärung Probleme ergeben, wenn sie außerhalb der Kontexte angewandt werden, in denen sie funktional sind (in Anlehnung an Stark 2002). In der Konzeptwechselforschung geht man davon aus, dass alle Menschen Präkonzepte haben. Weitere Begriffe, die in diesem Zusammenhang auftauchen, sind: subjektive Theorien, Alltagstheorien, alternative Theorien, Fehlkonzepte⁵, Fehlvorstellungen, Schüler:innen-vorstellungen, naive Konzepte und intuitive Konzepte. Der gemeinsame Kern dieser Begriffe ist, dass sie nicht-normative Konzepte bezeichnen.

»Konzeptlernen« (*conceptual learning*)

Beim »Konzeptlernen« geht es um die Bildung neuer, fachlich orientierter Vorstellungen, um die Strukturierung und Bewertung verfügbarer Vorstellungen und um ein Verständnis der angemessenen Anwendung. Im schulischen Kontext sollen Lernende gesellschaftlich oder wissenschaftlich akzeptierte »Konzepte« erwerben. Diese »Konzepte« haben

5 Neuere Ansätze bezeichnen häufig nur noch die falschen Konzepte *nach* der Instruktion als Fehlkonzepte oder Fehlvorstellungen (vgl. z.B. Vosniadou 2023).

typischerweise einen globaleren Erklärungswert als Alltagstheorien und sind teilweise empirisch nützlich. Ein auch in den Sozialwissenschaften verbreitetes didaktisches Modell für Konzeptlernen – das zeigen die Beiträge in diesem Band – ist die sogenannte Didaktische Rekonstruktion (vgl. Kattmann et al. 1997; siehe auch die Beiträge von Mathis sowie Schröder/Faulstich in diesem Band). Didaktische Rekonstruktion ist allerdings keine Theorie, sondern vielmehr ein (Transfer-)Modell für den Unterricht. Hingegen sind Konzeptwechseltheorien Theorien, die sich auf die Ebene der Schüler:innen beziehen.

»Konzeptwechsel« (*conceptual change*)

»Konzeptwechsel« ist der Prozess, bei dem Vorwissen durch neue Informationen modifiziert wird. Ganz basal betrifft er die Veränderung von Wissensstrukturen (vgl. Stark 2002).

Je nach Theorie umfasst diese Veränderung die Erweiterung, Elaboration oder eine Strukturänderung des Wissens. Konzeptwechseltheorien beziehen sich auf deklaratives Wissen und kaum auf Prozeduren. Gute Übersichtsartikel über die Konzeptwechseltheorie finden sich bei Tyson et al. (1996), Sinatra (2005), Fridrich (2010) und Potvin et al. (2020). Die Vielfalt der Theorien spiegelt sich auch in der Vielfalt an Begriffen wider, die für dieses Phänomen verwendet werden. Im Deutschen: Konzeptwandel, Konzeptwechsel, Begriffswandel, Konzeptveränderung/konzeptuelle Entwicklung, Konzeptrekonstruktion, non-monotone Veränderungsprozesse, Vorstellungsänderung und Konzeptprävalenz. Und im Englischen: *Conceptual Change*, *Conceptual Growth*, *Conceptual Addition*, *Conceptual Reconstruction & Conceptual Enrichment*, *Conceptual Adaptivity* und *Conceptual Prevalence*. Die Begriffe werden oft synonym verwendet. Um die Kohärenz zu wahren, verwende ich im Folgenden den Begriff Konzeptwechsel.

2. Kognitionswissenschaftliche Grundlagen

Das Gehirn ist der Ausgangspunkt allen Erlebens, Verhaltens und Lernens. Ein Verständnis der kognitiven Prozesse darin ist hilfreich, um Phänomene wie Konzeptwechsel besser zu verstehen. Darum stelle ich im Folgenden einen Bezug von Konzeptwechsel zu kognitionswissenschaftlichen Grundlagen her.

2.1 Gedächtnismodell

Modelle des Lernens gehen von verschiedenen Speicherfunktionen⁶ des Gedächtnisses aus (vgl. Atkinson/Shiffrin 1968; Baddeley/Hitch 1974): Die erste Speicherfunktion, das sensorische Register, speichert Reize (auditive, visuelle, olfaktorische oder taktile) für kurze Zeit und filtert sie, vor allem da wir nur einen Bruchteil unserer Umwelt bewusst wahrnehmen können. Dieser Input gelangt dann ins Arbeitsgedächtnis, dessen Speicherkapazität mengenmäßig und zeitlich begrenzt ist (daher auch Kurzzeitgedächtnis genannt). Das Arbeitsgedächtnis ist der zentrale Ort der Informationsverarbeitung und kann auch Informationen aus der dritten Speicherfunktion, dem Langzeitgedächtnis, abrufen (aktivieren) und umgestalten (siehe Abb. 1). Diese Informationen – auch als Vorwissen bezeichnet – beeinflussen die Informationsverarbeitung im Arbeitsgedächtnis (vgl. Taber 2018). Unser Gehirn ruft in einer bestimmten Situation dasjenige Vorwissen auf, das wir (vermutlich) benötigen, um auf die entsprechende Situation zu reagieren. Lernen wird darum erleichtert, wenn Lernende ihre bisherigen Erfahrungen und ihr Vorwissen abrufen und dann mit den neuen Lerninhalten verknüpfen können.

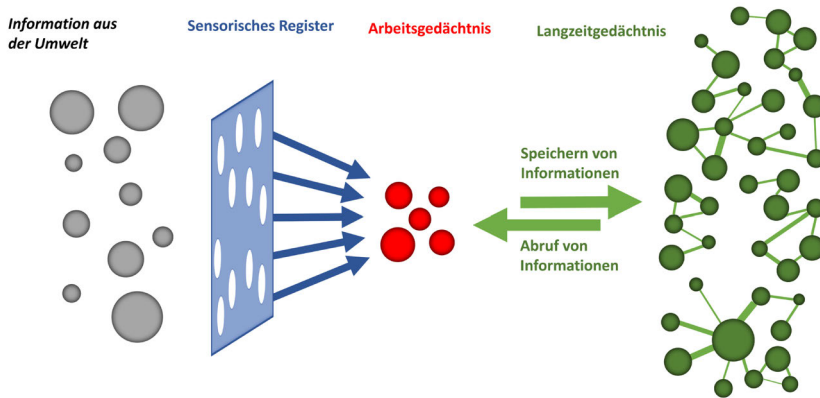
Inhalte im Arbeitsgedächtnis müssen ständig wiederholt werden, damit sie nicht verblassen. Informationen, die im Arbeitsgedächtnis als

6 Die Erläuterungen beziehen sich auf deklaratives Wissen, da Konzeptwechseltheorien sich auf solche konkreten Lerninhalte von fachlicher Relevanz beziehen. Vieles kann auch implizit gelernt werden, was allerdings nicht Gegenstand dieses Kapitels ist.

wichtig erachtet oder durch wiederholte Verarbeitung gefestigt wurden, können ins Langzeitgedächtnis überführt werden. Im Langzeitgedächtnis sind die Informationen dann mit einem großen Wissensnetz verknüpft und so auf lange Zeit abrufbar. Wie diese Verknüpfung auf neuronaler Ebene erfolgt, ist nicht umfassend geklärt, aber für unsere Zwecke genügt es zu sagen, dass Wissenselemente miteinander verknüpft werden und Gedächtnisspuren erzeugen. Um eine Analogie zu verwenden, können wir uns eine Winterlandschaft vorstellen, in der es regelmäßig schneit. Informationen sind verschiedene Orte in dieser Landschaft. Diese werden miteinander verknüpft, indem sich eine Person von einem Ort zum anderen bewegt. So entsteht zunächst ein Pfad im Schnee. Auf diesen fällt weiterhin Schnee, sodass eine einmalige Verknüpfung oft nicht ausreicht, um die Information langfristig zu verknüpfen. Wird die Verknüpfung jedoch mehrmals wiederholt, verbreitert sich die Gedächtnisspur. Es entsteht eine Straße, die die Inhalte miteinander verknüpft. Allerdings kann auch intensiv Erlernetes mit der Zeit nicht mehr abrufbar sein, wenn es nicht regelmäßig aufgefrischt wird. In besonders emotionalen Momenten (sogenannten Blitzlichterinnerungen – *flashbulb memories*) kann aber auch ein einzelnes Erlebnis zu einer sehr weitreichenden Verknüpfung, quasi einer Autobahn, führen.

Das Arbeitsgedächtnis und das Langzeitgedächtnis sind keine voneinander getrennten Module. Die Stärke des menschlichen Gehirns ist es, aus Erfahrungen Schlüsse zu ziehen, schnell auf Reize aus der Umwelt zu reagieren, sie zu interpretieren und zu abstrahieren (vgl. Taber 2018). Weniger gut sind Menschen im exakten Wiedergeben von Informationen und Verändern ihres Wissensnetzwerks. Ein möglicher Wandel dieses Netzwerks erfolgt nur allmählich und schrittweise.

Abb. 1: 3-Speicher-Modell der Speicherfunktionen des Gedächtnisses



(eigene Grafik in Anlehnung an Martinez (2008: 51))

2.2 Speicherung

Inhalte des Arbeitsgedächtnisses können im Langzeitgedächtnis gespeichert werden. Das geschieht jedoch nicht in Form einer Eins-zu-eins-Kopie der Inhalte. Vielmehr ist unser Gedächtnis durch vorhandenes Wissen und bestehende Denkweisen voreingenommen (vgl. Goldwater/Schalk 2016; Taber 2018). Es versucht, neue Erfahrungen mit Bekanntem in Einklang zu bringen. Diese Voreingenommenheit führt dazu, dass Erinnerungen an unsere Erlebnisse bei jedem Aufruf verändert werden. Die Voreingenommenheit führt ebenfalls dazu, dass neue Informationen anders verstanden werden als von der informierenden Person (z. B. Lehrer:in) beabsichtigt – eine Hauptquelle für Präkonzepte.

Die Verknüpfungen neuer Informationen mit bereits vorhandenen Inhalten erfolgt nach dem Prinzip der lokalen Kohärenz (vgl. Ohlsson 2009; Thagard 1989). Das Gehirn prüft nicht, ob die neue Information mit *allen* bisher gespeicherten Informationen konsistent ist, sondern nur, ob die Information zu dem bereits vorhandenen und aktuell aktivierten Vorwissen passt. Dies erklärt, warum Lernende manchmal wider-

sprüchliche Erklärungen abgeben und darin kein Problem sehen. Dennoch ist das Prinzip der lokalen Kohärenz sehr funktional, da es unserem Gedächtnis ermöglicht, Informationen effizient zu verarbeiten.

Wissenseinheiten werden kontextabhängig gruppiert. Diese Kontextabhängigkeit ist zentral für das Verständnis aktueller Konzeptwechseltheorien und für die Diagnose von Wissen bei Lernenden (siehe Abschnitte 3. und 4.2). Nur in seltenen Fällen gelingt der Transfer von Wissenseinheiten aus einem Kontext in einen anderen. Wenn dies gelingt, löst sich die Kontextabhängigkeit auf. Darüber hinaus ist es für das Verständnis von Konzeptwechseltheorien wichtig anzumerken, dass die Speicherung zeitlich langsam erfolgt. Dies geschieht auf synaptischer Ebene innerhalb von Minuten bis Stunden (synaptische Konsolidierung) und auf inhaltlicher Ebene über Wochen oder noch längere Zeiträume, wenn Inhalte reorganisiert und umverteilt werden (Systemkonsolidierung) (vgl. Peters 2012).

2.3 Können wir vergessen?

Da es bei Konzeptwechseltheorien auch um die Frage geht, wie Konzepte ersetzt/weniger aktiviert werden, möchte ich kurz auf das Thema Vergessen eingehen (vgl. Peters 2012). In gängigen Theorien wie der funktionalen Zerfallstheorie und der Theorie der proaktiven und retroaktiven Interferenz ist Vergessen funktional, um den Abruf neuer Informationen zu erleichtern (vgl. Anderson 2003; Peters 2012). Die Spurenzerfallstheorie geht sogar davon aus, dass sich das Vergessen dem Informationsfluss anpasst, indem bei hohem Informationsfluss alte Gedächtnisinhalte schneller nicht mehr abrufbar sind, um neue Informationen zugänglich zu machen und nicht zu behindern (vgl. Peters 2012). Allerdings ist unklar, ob Informationen wirklich vergessen werden können oder einfach der Abruf nicht mehr möglich ist. Die Faktoren Vergessen vs. Abruf lassen sich methodisch nicht trennen. Darum ist es für Lehrende und Kognitionswissenschaftler:innen wichtiger, den Abruf des Wissens zu erforschen und zu verstehen.

Darüber hinaus beziehen sich die Vergessenstheorien meist auf neutrale Informationen (z.B. Geschwindigkeitsbegrenzungen beim Au-

tofahren) und weniger auf Konzepte, die stark in ein Wissensnetzwerk eingebettet sind. Bei solchen »akademischen« Lerninhalten ist klar, dass sie häufig wiederholt werden müssen, damit sie dauerhaft abrufbar werden. Auch wenn Lernende am Ende einer Lerneinheit das Wissen scheinbar verstanden haben und abrufen können, zeigt sich oft einige Monate später, dass deutlich weniger erinnert wird. Das Gelernte ist nicht mehr abrufbar. Stark gefestigte Konzepte bleiben jedoch auf lange Zeit abrufbar. So zeigen spätere Studien zu Präkonzepten, dass diese oft sehr stabil sind und häufig neben den wissenschaftlichen Konzepten bestehen bleiben (z.B. Shtulman/Valcarcel 2012). Selbst Expert:innen, die sich jahrelang mit den wissenschaftlich anerkannten Konzepten beschäftigt haben und diese häufig wiederholt haben, müssen das intuitive Präkonzept oft zunächst unterdrücken (vgl. Shtulman/Harrington 2016) oder machen Fehler (vgl. Edelsbrunner/Thurn 2023).

2.4 Netzwerkmodelle des Langzeitgedächtnisses

Inhalte im Langzeitgedächtnis sind relational, verweisen aufeinander, sind miteinander verknüpft (vgl. Goldwater/Schalk 2016). In Abb. 1 wird dies auch durch die netzwerkartige Struktur des Langzeitgedächtnisses veranschaulicht. In diesem Netzwerk können Verknüpfungen hinzugefügt werden. Dadurch entstehen Gedächtnisspuren, die auf die gespeicherten Informationen verweisen und bei deren Auffinden helfen. Für den Schulalltag ist es wichtig, sich bewusst zu machen, dass die Wissenskonstellationen bei jedem Menschen anders sind und individuelle Strukturen bilden, die als Schemata bezeichnet werden (vgl. Hanfstingl/Benke/Zhang 2019; Schnotz/Bannert 2003). Die Aufgabe der Lehrperson ist es, die richtigen Gedächtnisspuren und Schemakonstellationen zu aktivieren, um das Anbinden von neuer Information zu erleichtern und so das Wissen und Können der Lernenden weiterzuentwickeln.

Die Verknüpfung von Konzepten kann auf mindestens drei verschiedene Arten geschehen: Brod (2021) beschreibt am Beispiel von Walen, dass es einer reinen *Wissensanreicherung* bedarf, wenn wir lernen, dass Wale auch im Arktischen Ozean vorkommen. Dies ist ein rein monotoner Prozess, der das Wissensnetz wachsen lässt und Details

hinzufügt. Eine inhaltliche *Differenzierung* ist notwendig, wenn wir lernen, dass Schwertwale (Orcas) zur Familie der Delfine gehören. Und eine völlige *Reorganisation* ist notwendig, wenn wir lernen, dass Wale nicht Fische, sondern Säugetiere sind. Diese Arten des Konzeptlernens werden oft in der Konzeptwechseltheorie voneinander abgegrenzt, da sie unterschiedliche Anforderungen an die Lernenden stellen.

Netzwerkmodelle des Langzeitgedächtnisses sind vereinbar mit der Perspektive, dass es zentrale Kernkonzepte und periphere Konzepte gibt. Dies kann als Hierarchie von Konzepten betrachtet werden, die in vielen Konzeptwechseltheorien aufgegriffen wird. Rokeach (1972) geht davon aus, dass Konzeptwechsel bei peripheren Konzepten leichter fällt als bei Kernkonzepten, da Kernkonzepte stärker ins Wissensnetz eingebettet sind. Kernkonzepte sind schwieriger zu verändern, weil sie häufiger aktiviert werden und weil sich eine Veränderung auf viele andere Konzepte auswirkt.

2.5 Informationsabruf

Die Aktivierung und damit der Abruf von Konzepten (und Präkonzepten) spielt eine große Rolle beim Konzeptwechsel. Im Netzwerk des Langzeitgedächtnisses sind Informationen unterschiedlich stark miteinander verknüpft. Wird ein Wissensselement aktiviert, werden diejenigen Informationen leichter abgerufen, die stark mit diesem Wissensselement verknüpft sind. In vielen Lernsituationen muss jedoch die dominante Antwort zugunsten einer weniger starken, aber adäquateren Antwort unterdrückt werden. Ein gutes Beispiel hierfür ist jeden Jahreswechsel gut zu erleben, bei dem man dazu neigt, das Vorjahr ins Datum zu schreiben, weil diese Information noch stärker assoziiert ist (vgl. Peters 2012). Um das obige Beispiel von Brod (2021) aufzugreifen: Die Assoziation »Wasser – Fisch« ist für die meisten Menschen stärker als »Wasser – Säugetier«. Wenn es aber um Wale geht, muss die dominante Assoziation unterdrückt werden; sonst kommt es zu einem Fehler. Diese Unterdrückung geschieht vermutlich dadurch, dass die Repräsentation der Information selbst geschwächt wird (vgl. Anderson 2003; Peters 2012).

Die abgerufene und aktivierte Information kann nun im Zusammenhang mit neuen Erfahrungen und Informationen modifiziert werden. Dann wird sie erneut abgespeichert.

Wichtig für den Informationsabruf ist der Kontext.⁷ Nach dem Prinzip der Enkodierungsspezifität (vgl. Tulving/Thomson 1973) ist der Abruf dann wahrscheinlicher, wenn der Enkodierungs- und der Abrufkontext ähnlich sind. Dies ist jedoch etwas zu allgemein formuliert, da es nicht ausschließlich um die Ähnlichkeit geht, sondern vielmehr um Merkmale, »die für die Zielinformation distinkt sind« (Peters 2012: 42; vgl. Barnett/Ceci 2002). Beispielsweise ist der Geruch einer Bäckerei oder eines Shampoos für viele Menschen angenehm, wird aber in zu vielen Situationen wahrgenommen, um spezifische Erinnerungen zu wecken. Diese Gerüche sind Hinweisreize für viele Informationen gleichzeitig und unterstützen den Abruf nicht. Dagegen lösen Gerüche, die wir nur in einem bestimmten Kontext gerochen haben, wie der Geruch einer bestimmten Wohnung, eines alten Kellers oder von Omas Apfelkuchen ganz spezifische Erinnerungen aus.

3. Was ist Konzeptwechsel?

Zur Erklärung von Konzeptwechsel existiert ein Konglomerat von Theorien, die besagen, dass Lernende subjektive Konzepte haben, die im Lernprozess ergänzt oder verändert werden müssen. Damit sind diese Theorien mit dem Konstruktivismus verbunden, wobei die Idee des Konstruktivismus breiter gefasst ist. In den MINT-Fächern finden Konzeptwechseltheorien schon lange Anwendung, da die Forschung in diesen Bereichen vor Jahrzehnten zeigte, dass Lernende Verständnisprobleme mit bestimmten Konzepten zeigen und dass Kinder die Welt oftmals anders verstehen. Das Verständnis der Welt ist bei Kindern von

7 Lernforscher:innen verwenden hierfür den Begriff »Situierendes Lernen«. Situierendes Lernen bedeutet, dass Lernen immer in einem sozialen und kontextbezogenen Rahmen stattfindet, welcher mitgelernt wird (vgl. Caravita/Halldén 1994; Stark 2002; siehe auch Abschnitt 3.).

eigenen Erfahrungen geprägt. Ein bekanntes Beispiel ist hierbei die Frage nach dem Gewicht: Kinder bejahen, dass ein Haufen Reis Gewicht hat, ein einzelnes Reiskorn aber nicht, weil sie die Konzepte »Gewicht haben« und »sich schwer anfühlen« gleichsetzen (vgl. Stern 2004). Wechselt man jedoch die Perspektive und fragt sie, ob ein einzelnes Reiskorn für eine Ameise Gewicht hat, würden sie dies bejahen (vgl. ebd.). Die Antwort ist also kontext- und perspektivenabhängig.

Konzeptwechseltheorien sind jedoch nicht auf die MINT-Fächer begrenzt. Ausgehend von bestehenden Denkmustern und Vorwissen konstruieren wir den Großteil unserer Meinungen und Handlungen. Sofern das Vorwissen im Widerspruch zu wissenschaftlichen Konzepten steht, erschwert das wiederum das Erlernen ebendieser Konzepte (vgl. Chi 2013). Das Erfassen dieses impliziten Vorwissens ist daher wichtig, um gezielt im Unterricht damit zu arbeiten, darauf aufzubauen und es in Richtung wissenschaftlich akzeptierter Konzepte weiterzuentwickeln.

Damit Lernende das normative Konzept bzw. das wissenschaftlich anerkannte Konzept erreichen, und den Konzeptwechsel erfolgreich bewältigen, bedürfen sie meist mehrerer Zwischenschritte. Diese Zwischenstufen können synthetische oder fragmentierte Modelle sein (vgl. Vosniadou/Brewer 1987). Die Lernenden durchlaufen bestimmte Lernpfade über diese Modelle und für die Lehrenden ist es wichtig, sich zu überlegen, wie viele Schritte nötig sind, um zum Zielkonzept zu gelangen (vgl. Clement 1993).

Die ursprüngliche Idee von Konzeptwechsel basiert auf der Wissenschaftsphilosophie und der Idee, dass die Wissenschaften dann eine radikale Umstrukturierung erfahren, wenn neue Theorien inkommensurabel zu früheren Theorien sind. Posner et al. (1982) nahmen an, dass dieser Prozess auch in den Köpfen der Lernenden stattfindet, sodass Präkonzepte durch wissenschaftliche Konzepte ersetzt werden, sobald sie inkommensurabel werden. Diese Vorstellung ist jedoch inzwischen überholt (vgl. Shtulman/Valcarcel 2012). Neuere Erkenntnisse gehen davon aus, dass Präkonzepte nicht ersetzt werden, sondern aktiv unterdrückt werden müssen.

Eine weitere Ausgangsidee für Konzeptwechsel waren Piagets Theorien. Piaget unterschied zwischen Assimilation, bei der Informationen dem Wissensnetz hinzugefügt werden, ohne es zu verändern, und Akkommodation, bei der das Wissensnetz radikal verändert wird (vgl. Benke o.D.). *Starker* Konzeptwechsel umfasst eine Modifikation und Umstrukturierung des Wissens, während *schwacher* Konzeptwechsel lediglich eine Anreicherung von Wissen oder die Umstrukturierung peripherer Konzepte umfasst. Dies erfordert deutlich weniger kognitive Anstrengung als Konzeptwechsel im Sinne von Piagets Akkommodation.

Eine nicht rezipierte Grundlegung der Konzeptwechseltheorien fand in den 1940ern statt, als Oakes die Existenz subjektiver Vorstellungen der Lernenden beschrieb (vgl. Fridrich 2010). In den 1970er und 1980er Jahren erschienen dann grundlegende Artikel, die darlegten, dass Vorwissen beim Konzeptlernen umstrukturiert werden muss (vgl. Posner et al. 1982) und dass Vorwissen das Verstehen erschweren oder sogar verhindern kann (vgl. Hewson/Hewson 1984). Posner et al. (1982) beschrieben die Ähnlichkeit zwischen dem Prozess wissenschaftlicher Revolutionen und dem Prozess der Umstrukturierung von Wissen bei Lernenden. Sie postulierten, dass eine Umstrukturierung nur dann stattfindet, wenn die Lernenden mit dem bisherigen Wissen unzufrieden sind und die neuen Konzepte verständlich, plausibel und fruchtbar sind. Spätere Theorien bezogen affektive Faktoren (vgl. Gregoire 2003; Pintrich 1999) und situative Faktoren ein (vgl. Dole/Sinatra 1998; Säljö 1999).

In den 2000er Jahren entstanden zwei Perspektiven zur Konzeptualisierung von Wissen. Eine Perspektive fasste *Wissen als Theorie* auf, während die andere Perspektive *Wissen als Stücke* (Wissensbestandteile) auffasste (vgl. Özdemir/Clark 2007). Ansätze, die *Wissen als Theorie* auffassen, gehen davon aus, dass Konzepte in Rahmentheorien eingebettet sind, die kohärente Erklärungen liefern können. Daher kann es beim Konzeptwechsel notwendig sein, dass nicht nur die Konzepte selbst, sondern auch die Rahmentheorien verändert werden (vgl. Stark 2002; Vosniadou/Brewer 1992). Das Konzeptwechselmodell von Posner et al. (1982) und das Modell der ontologischen Kategorien (vgl. Chi/Slotta/de

Leeuw 1994) lässt sich unter diesem Ansatz verorten. Ansätze, die *Wissen als Stücke* auffassen, gehen nicht davon aus, dass Lernende bereits über kohärente Strukturen zu einer Domäne verfügen, sondern über Wissensfragmente. Die Lernenden müssen die passenden Theorien und Systeme erst entwickeln (vgl. diSessa 1983; Hunt/Minstrell 1994; Stark 2002). Die Debatte zwischen den zwei Perspektiven zur Konzeptualisierung von Wissen läuft in der Forschungslandschaft bis heute.

In einigen Theorien wird Konzeptwechsel als Wechsel von Kontexten (alltagsweltlich vs. wissenschaftsorientiert) verstanden (vgl. Stark 2002). Dieser Ansatz wird auch als situationistischer Ansatz bezeichnet (vgl. Caravita/Halldén 1994; Stark 2002). So kann es passieren, dass Lernende bewusst mehrere Modelle für ein Konzept entwickeln, die parallel je nach Passung auf den bestimmten Kontext verwendet werden (vgl. Vosniadou/Brewer 1992). Durch die Kontextabhängigkeit kann es vorkommen, dass Lernende eine Aufgabe anders kontextualisieren, als es von der Lehrperson beabsichtigt war. Das wird von einigen Forscher:innen als das eigentliche Problem der Wissensvermittlung angesehen. Lernende »müssen lernen, in welchen Kontexten welche Konzepte sinnvoll angewandt werden können« (Schnotz 2006: 80). Alltagskonzepte müssen so nicht aufgegeben werden, sondern Lernende müssen ein Kontextbewusstsein entwickeln und verstehen, in welchem Kontext welche Informationen und Konzepte adäquat sind (vgl. Caravita/Halldén 1994). Bei Konzeptwechsel geht es letztendlich darum, die Welt anders als bisher zu sehen (vgl. Chi/Slotta/de Leeuw 1994).

3.1 Aktuelle Sichtweisen

Eine Erkenntnis der neueren Forschung zu Konzeptwechsel ist, dass es nicht zu einem Austausch von Präkonzepten und wissenschaftlich adäquaten Konzepten kommt, sondern dass Präkonzepte bestehen bleiben (vgl. Shtulman/Valcarcel 2012). In diesem Zusammenhang sprechen Forschende von Konzeptprävalenz (vgl. Potvin 2013), da dieser Begriff verdeutlicht, dass verschiedene Konzepte gleichzeitig bestehen bleiben. Abb. 2 veranschaulicht den Unterschied dieser beiden Perspektiven. Konzeptprävalenz ist eher mit den kognitionswissenschaftlichen

Grundlagen vereinbar (siehe dazu Abschnitt 2.4). Verwendet man den Begriff Konzeptwechsel, sollte er daher nicht im Sinne eines Austauschs verwendet werden, sondern eher als Lernen darüber, in welchen Kontexten ein Konzept adäquat angewandt werden kann. Mehrere Konzepte können dann gleichzeitig aktiviert sein und die Lernenden müssen das adäquate Konzept für den entsprechenden Kontext auswählen.

Abb. 2: Vereinfachte Kontrastierung von Konzeptwechsel und Konzeptprävalenz



(eigene Darstellung)

Eine weitere aktuelle Sichtweise bezieht sich auf die Diskussion, ob ein kognitiver Konflikt notwendig ist, damit Konzeptwechsel stattfindet. Ramsburg/Ohlsson (2016) argumentieren, dass es für einen Konzeptwechsel ausreicht, wenn Lernende den Nutzen (*utility*) des neuen Konzepts höher ansehen als den des Präkonzepts. In der *Theory of Resubsumption* geht Ohlsson (2009) davon aus, dass Lernende ein Konzept aus zwei Sichtweisen betrachten können (konzeptuelles Doppelsehen). Lernende vergleichen jedoch nicht aktiv die beiden Sichtweisen und entscheiden sich bewusst für eine korrektere Sichtweise, sondern wägen implizit den kognitiven Nutzen beider Sichtweisen ab und entscheiden sich für die nützlichere.

Eine aktuelle Übersichtsstudie hat versucht, die verschiedenen Konzeptwechseltheorien zu identifizieren und nach ihrer empirischen Evidenz zu ordnen: Potvin et al. (2020) konnten nicht weniger als 86

verschiedene theoretische Modelle identifizieren. Aufgrund der Fülle an Erklärungsansätzen und deren Erklärungskraft schlugen Duit/Treagust bereits 2003 vor, Konzeptwechsel multiperspektivisch zu betrachten und je nach Kontext mehrere Theorien zu verwenden. In gewissem Sinne ist das heutzutage auch gängige Praxis, da Forschende aus einer Vielzahl von Theorien die passendste auswählen können. Um das menschliche Lernen besser erklären zu können, wäre es letztendlich wünschenswert, zu einer Theorie zu gelangen, die klarstellt, auf welche Weise Konzeptlernen in welchen Kontexten abläuft.

3.2 Probleme

Die Forschung zu Konzeptwechsel wurde als »umstrittenes und unübersichtliches« (Taber 2011: 564) Forschungsgebiet bezeichnet. Die Kritik umfasst folgende Aspekte:

- Theorien sind oft unterspezifiziert und wenig formalisiert, sodass unklar bleibt, wie sie getestet werden können (vgl. Potvin et al. 2020; Rusanen 2014).
- Klassische Theorien fokussieren auf Defizite und vernachlässigen den Kontext (vgl. Stark 2002).
- Die Terminologie ist unpräzise (vgl. Rusanen 2014; Bohlmann 2022) und es gibt wenig Konsens, sodass Forschende die Terminologie so verwenden, wie es ihren Forschungsinteressen entspricht (vgl. Lin et al. 2016).
- Es gibt keine Standards, wie Daten zu analysieren sind (vgl. Schneider/Hardy 2013).
- Es ist unklar, welche Lernprozesse überhaupt unter den Begriff des Konzeptwechsels fallen (vgl. Rusanen 2014).

Diese Probleme erschweren den Überblick und die Generalisierbarkeit.

3.3 Kleinster gemeinsamer Nenner der Konzeptwechselansätze

Dennoch lassen sich folgende Kriterien extrahieren, die für den Unterricht entscheidend sind:

- Präkonzepte existieren.
- Präkonzepte entstehen häufig im Alltag und werden durch die Umwelt verstärkt (z.B. eigene Erfahrungen, Alltagssprache, Medien).
- Präkonzepte können das adäquate Erlernen des wissenschaftlichen Konzepts erschweren, wenn sie nicht mit diesem im Einklang stehen.
- Präkonzepte werden nicht ersetzt/ausgelöscht, sondern bleiben bestehen.
- Konzeptwechsel ist ein langsamer, schrittweiser Prozess, der nicht nach einer Unterrichtsstunde abgeschlossen ist.
- Zwischenschritte mit intermediärem Verständnis können gebildet werden.
- Vorwissen lenkt das Lernen.
- Metakonzeptuelles Bewusstsein ist wichtig (die Lernenden müssen verstehen, welche ursprünglichen Annahmen sie haben).
- Kognitive, motivationale/affektive und situationale Faktoren spielen eine Rolle⁸.

Eine Hauptimplikation aller Konzeptwechseltheorien ist daher, dass sich Lehrende darauf fokussieren müssen, was Lernende in den Unterricht mitbringen. Dies ist der Ausgangspunkt für erfolgreiches Lernen.

3.4 Abgrenzung zu Didaktischer Rekonstruktion

Konzeptwechsel unterscheidet sich von Didaktischer Rekonstruktion insofern, als Didaktische Rekonstruktion keine Theorie, sondern ein

8 Die bisherige Forschung macht allerdings noch nicht klar, wie genau diese Faktoren eine Rolle spielen (und welche Effekte sie haben).

Modell ist. Didaktische Rekonstruktion ist ein Transfermodell von Konzeptwechsel für den Unterricht (vgl. Kattmann et al. 1997; siehe auch die Beiträge von Mathis sowie Schröder/Faulstich in diesem Band). Didaktische Rekonstruktion beschäftigt sich damit, wie ein Thema instruktional aufgebaut werden kann und betont dabei die Kontextualisierung, die Identifikation von Präkonzepten (Erfassen von Schüler:innenvorstellungen) und konstruierendes Lernen. Konzeptwechsel bezieht sich auf das Lernen des Individuums, während Didaktische Rekonstruktion ein Werkzeug für die Lehrperson darstellt.

4. Wie kann Konzeptwechsel als Modell für sozial- und kulturwissenschaftliche Fächer genutzt werden?

Obwohl Konzeptwechseltheorien primär in den MINT-Fächern angewendet werden, sind die Prinzipien des Konzeptlernens nicht auf diese beschränkt. Einige Forschende haben Konzeptwechseltheorien bereits auf sozialwissenschaftliche Themen übertragen, insbesondere aus den Bereichen Sozialkunde, Politik und Wirtschaft (vgl. Aalto/Mikkilä-Erdmann/Rossi 2004; Ekström/Lundholm 2021; Lundholm 2018; Lundholm/Davies 2013; Wade 1994). Es gibt jedoch einige Unterschiede zwischen den MINT-Fächern und den Sozial- und Kulturwissenschaften, auf die ich im Folgenden eingehen werde.

4.1 Was sind »Konzepte« in den Sozial- und Kulturwissenschaften?

Wie eingangs erwähnt, sind »Konzepte« keine objektähnlichen Repräsentationen, sondern mentale Hilfsmittel (*mental devices*) zur *Kategorisierung* und *Schlussfolgerung*. Die Menschheit hat sprachliche Ausdrücke für bestimmte Phänomene in der Welt geschaffen. Sozialwissenschaftliche »Konzepte« sind dennoch oft schwer greifbar. Beispielsweise versteht man das Konzept »Parlament« nicht, wenn man Parlamentsgebäude wie den Bundestag, das Kapitol oder das Schweizer Bundeshaus besucht. Zudem verändert sich die Sprache, so dass unsere heutigen Konzepte

nicht mehr ausreichen, um Konzepte wie »Nirwana« aus dem Buddhismus so zu beschreiben, wie sie in früheren Epochen begriffen wurden. Weitere Beispiele für Konzepte, die sich im Laufe der Zeit verändert haben, sind »Imperium«, »Revolution« und »Demokratie« (vgl. Limón 2002).

In sozial- und kulturwissenschaftlichen Fächern ist die Anwendung von Konzepten in Lern- und Alltagssituationen von großer Bedeutung. Oft reicht es nicht aus, ein konzeptuelles Verständnis zu entwickeln. Vielmehr müssen Lernende auch in der Lage sein, die Konzepte in Alltagskontexten anzuwenden und Problemlösekompetenz zu erwerben. Gesellschaftlich relevante Themen wären hier beispielsweise der kritische Umgang mit Antisemitismus und Demokratiefeindlichkeit oder die Akzeptanz anderer Denkweisen und Kulturen.

Darüber hinaus ist es in den Sozial- und Kulturwissenschaften oft wichtig, mehrere Perspektiven auf ein Thema aufzuzeigen, um unidirektionale, monokausale Erklärungen aufzubrechen (vgl. ebd.). Das erfordert eine Multiperspektivität, die man den Lernenden allerdings erst vermitteln muss (vgl. Ekström/Lundholm 2021). Das Loslassen einer einzelnen (»richtigen«) Perspektive ist oft mit Unsicherheit und Ängsten bei den Lernenden verbunden. Gerring (1999) spricht davon, dass Konzepte multivalent sein und gedehnt werden können, da es nicht eine richtige Definition gibt. Er vergleicht den Prozess der Konzeptbildung mit einem künstlerischen Prozess, bei dem man fortlaufend mit Entscheidungen konfrontiert ist (vgl. Gerring 1999: 390).

4.2 Herausforderungen für Konzeptwechseltheorien in den Sozial- und Kulturwissenschaften: Die Kognitive Sicht

Die in der Einleitung genannten Herausforderungen für die Anwendung von Konzeptwechsel in den Sozial- und Kulturwissenschaften werfen aus einer kognitionswissenschaftlichen Sicht heraus folgende Diskussionspunkte auf:

- a) *Korrektheit*: Wissenschaftliche Korrektheit stellt nicht immer ein eindeutiges Kriterium dar. In Themengebieten mit mehreren

konkurrierenden Theorien erschwert dies die Bestimmung von besseren und schlechteren Konzepten für die Praxis (vgl. Kainulainen/Puurtinen/Chinn 2019). Einige Forschende schlagen daher vor, Funktionalität als Kriterium zu nutzen und den Kontext in situationistischen Modellen zu berücksichtigen (vgl. Stark 2002; Ramsburg/Ohlsson 2013). Konzepte und Lerninhalte in den Sozial- und Kulturwissenschaften sind von Natur aus ambig. Dieses Wesensmerkmal sollte den Lernenden bewusst gemacht werden. Dabei ist es oft notwendig zu betonen, dass Ambiguität in diesen Disziplinen üblich ist, und eine erhöhte Toleranz für solche Ambiguität zu fördern. In dieser Hinsicht könnte eine Orientierung an Theorien und Erkenntnissen der Konzeptwechselforschung als »allgemeine pädagogische Haltung [...] betrachtet werden, die viele Formen annehmen kann: Toleranz nicht-normativer Ideen, Integration anspruchsvoller erkenntnistheoretischer und psychologischer Überlegungen usw.« (Potvin 2023: 158).

- b) *Normativität*: Soziale und kulturelle Phänomene sind das Resultat menschlicher Entscheidungen und Wertvorstellungen. Konzepte in den Sozial- und Kulturwissenschaften sind daher eher normativ geprägt und nicht rein deskriptiv. Dies kann zu einer stärkeren Assoziation der intuitiven Konzepte führen und damit eine stärkere Unterdrückungsreaktion beim Konzeptwechsel erfordern.
- c) *Ich-Bezug und Emotionalität*: Auch der starke Selbstbezug der Inhalte und die resultierende höhere emotionale Bindung an bestimmte Überzeugungen (vgl. z.B. Limón 2002; Stark 2002) kann eine stärkere Unterdrückungsreaktion erfordern. Darum müssen Lehrpersonen auch Werte, Meinungen, Motivationen, Emotionen, Selbstwirksamkeitsüberzeugungen und epistemische Überzeugungen berücksichtigen (vgl. Lundholm 2018). Dies lässt sich unter dem Sammelbegriff *hot cognition* zusammenfassen, unter dem Literatur zu diesen Aspekten verfasst wurde (vgl. z.B. Sinatra 2005).
- d) *Situiertheit von Konzepten*: Konzepte in den Sozial- und Kulturwissenschaften verändern sich über die Zeit und verschiedene Kontexte hinweg. Dies geschieht zwar auch in den Naturwissenschaften, und auch dort sind Konzepte situiert (vgl. Benke o.D.), d.h. in ei-

nen Kontext eingebettet, allerdings trägt die bisherige Forschung dem zu wenig Rechnung. Dies bietet Möglichkeiten für zukünftige Forschung zu Konzeptwechseltheorien.

- e) *Verdinglichung und Anschaulichkeit*: Naturwissenschaftliche Konzepte lassen sich oft in Modelle übertragen oder veranschaulichen, obwohl sie nicht unmittelbar beobachtbar sind (z.B. Atommodell). Experimente erlauben die Manipulation von Phänomenen. In den Sozial- und Kulturwissenschaften sind Konzepte abstrakter und lassen sich nur mit größerem Aufwand manipulieren (z.B. Demokratie in einem Planspiel). Dies erfordert von den Lernenden ein anderes Verständnis von einem »Modell« und eine andere pädagogische Vermittlung der Konzepte.
- f) *Neuartigkeit der Didaktik*: Für Disziplinen wie Religionswissenschaft fehlen einheitliche Didaktiken und Lehrpläne (vgl. Alberts 2008), was die Festlegung der relevanten, zu vermittelnden Konzepte erschwert. Dies stellt aus kognitionspsychologischer Perspektive aber weniger eine Herausforderung dar als vielmehr aus praktischer Perspektive.

Abschließend sei angemerkt, dass sich auch viele Themen in den MINT-Fächern mit den in der Einleitung dieses Buches angesprochenen Herausforderungen konfrontiert sehen. Zum Beispiel gibt es in der Mathematik verschiedene Lösungswege zu einem Problem, was eine Multiperspektivität erfordert. In Physik wird das Konzept von Energie anders eingebettet (z.B. mit verschiedenen Arten von Energie) als in der Chemie (z.B. als Aktivierungsenergie). In der Biologie wird das Unterrichten von Evolution erschwert, wenn bei den Lernenden religiöse Konzepte über die Entstehung des Lebens vorherrschen. Die Evolution oder andere komplexe Systeme sind ebenfalls schwierig zu veranschaulichen. Die Trennung von Wissen nach Domänen und Fächern und die strikte Einteilung in MINT vs. non-MINT-Fächer ist rein artifiziell. Wissen ist nicht in solche Kategorien unterteilt.

4.3 Wie messen wir Konzeptwechsel?

Konzeptwechsel zu messen, ist keine leichte Aufgabe, weder für Forschende noch für Lehrende. Kognitive Prozesse sind nicht direkt beobachtbar und es ist unklar, ob gewisse Konzepte in den Köpfen der Lernenden existierten, bevor man sie danach gefragt hat (vgl. z.B. Ohlsson 2013; Stark 2002). Um Konzepte und Präkonzepte systematisch zu erfassen, hat sich im schulischen Alltag der Ansatz des Formativen Assessments⁹ bewährt (vgl. Black/Wiliam 2009; Thurn et al. 2023). Als Formative-Assessment-Techniken für die Sozial- und Kulturwissenschaften eignen sich beispielsweise Merkmalsmatrizen, Anwendungskarten, das Erstellen von Prüfungsfragen (vgl. Angelo/Cross 2012) oder Concept Maps (vgl. Thurn/Hänger/Kokkonen 2020). In den Sozial- und Kulturwissenschaften kann es sehr hilfreich sein, die Lernenden auch nach der Nützlichkeit ihrer Konzepte zu fragen, da sie letztendlich multiperspektivisch denken sollen.

Wie im Abschnitt zum Gedächtnis erwähnt, ist die Speicherung und der Abruf von Wissen kontextabhängig. Dies erfordert die Berücksichtigung des Kontexts bei der Diagnose von Wissen und Konzeptwechsel und kann zu zwei »Fehldiagnosen« führen: 1.) Wenn Lernende eine Aufgabe anders kontextualisieren als von der Lehrperson beabsichtigt, geben sie unerwartete Antworten. Diese sind aber nicht notwendigerweise Ausdruck eines Präkonzepts. So begründet Gläser (2023) das Beispiel, dass Lernende beim Zeichnen des Skelettsapparates die Wirbelsäule nicht einzeichnen mit der Erklärung, dass man diese von vorne nicht sehen kann. Ein weiteres Beispiel diskutiert Stark (2003) anhand des berühmten Linda-Problems¹⁰ (vgl. Kahneman/Tversky 1982). Er zeigt, wie

-
- 9 Formatives Assessment bezeichnet Methoden, die erheben was Schüler:innen wissen und was noch nicht, um daraufhin den Unterricht anzupassen. Im Deutschen wird es auch als förderliche Lernstandserhebung oder Lernkontrolle bezeichnet. Im Gegensatz zu summativem Assessment (Prüfungen) geht es bei formativem Assessment darum, Fehler nicht negativ zu bewerten (Stichwort Fehlerkultur) sondern als Chance zu nutzen um den Lernprozess zu gestalten.
- 10 Das Linda-Problem läuft folgendermaßen (vgl. Kahneman/Tversky 1982; Stark 2002): Stellen Sie sich eine 31-jährige Frau namens Linda vor, die sehr intelli-

Proband:innen die Aufgabe anders kontextualisieren und dadurch die wissenschaftlich falsche Antwort wählen, die aber dennoch dem gesunden Menschenverstand folgt. 2.) Wenn Lernende nach der Instruktion eine andere Antwort geben als zuvor, ist dies nicht notwendigerweise ein Zeichen für einen Konzeptwechsel. Es kann ebenfalls sein, dass die Lernenden nun eine andere Art der Beschreibung des Konzepts wählen, abhängig vom Kontext, in dem es präsentiert wurde (vgl. Duit/Treagust 2003).

Darum ist es wichtig, in formativen Assessments die Lernenden auch nach Begründungen für ihre Antworten zu fragen. Dieses »Nachbohren« hilft, den Kontext zu erfassen, aus dem heraus die Lernenden argumentieren, und etwaige grundlegendere Präkonzepte aufzudecken. So kann die Antwort auf eine Multiple-Choice-Frage richtig beantwortet sein, aber wenn man die Begründungen erfasst, können dennoch Präkonzepte auftreten.

4.4 Wie unterrichten wir Konzeptwechsel?

Für die Praxis sind folgende Kriterien wichtig, um Konzeptwechsel bei den Lernenden zu fördern: Lehrpersonen sollten das *Zielkonzept*, das Lernende nach dem Unterricht erreicht haben sollten, so detailliert wie möglich *beschreiben* und sich klar machen, welche Präkonzepte die Lernenden anfangs mitbringen. Dies fördert das meta-konzeptuelle Bewusstsein für Lerninhalte. So hilft eine Orientierung über die Themen zu Beginn des Unterrichts. Eine Lernzielklärung ermöglicht es den Lernenden, festzustellen, ob sie auf dem richtigen Weg sind und

gent ist und ihren Abschluss in Philosophie gemacht hat. Als Studentin hat sie sich ausgiebig mit Fragen der Diskriminierung und sozialen Gerechtigkeit beschäftigt und auch an Anti-Atomkraft-Demonstrationen teilgenommen. Welche der beiden folgenden Aussagen trifft wahrscheinlicher auf Linda zu: a) Linda ist Kassiererin in einer Bank oder b) Linda ist Kassiererin in einer Bank und in der feministischen Bewegung aktiv. Aus wahrscheinlichkeitstheoretischer Sicht wäre die korrekte Lösung a), denn es ist wahrscheinlicher, dass *ein* Ereignis zutrifft (Linda ist Kassiererin), als die Konjunktion *zweier* Ereignisse (Linda ist Kassiererin *und* in der feministischen Bewegung).

wohin sie gelangen sollen. Es ist in der Regel sinnvoll, diese *intuitiven Konzeptionen* und das *allgemeine Vorwissen* zu erfassen (bspw. via formativem Assessment). Wenn Lehrpersonen davon ausgehen, dass Vorwissen manchmal hilfreich und manchmal hinderlich sein kann, wenden sie eher einen lernenden-zentrierten Ansatz an. Um diesen zu fördern, kann es helfen, wenn Lehrpersonen sich nicht nur selbst über die Prinzipien des Konzeptwechsels bewusst sind, sondern auch die Lernenden darauf aufmerksam machen, dass diese eigene intuitive Vorstellungen mitbringen und diese eventuell ändern müssen. Dabei müssen sie sich bewusst machen, dass die Präkonzepte nicht verschwinden werden. Dies verdeutlicht ihnen, dass es normal ist, bestimmte Fehler zu machen und hilft ihnen, diese nicht auf ihre Kompetenz zu attribuieren.

Dieses Vorwissen kann durch *kognitiv aktivierende Lernformen* (vgl. Schumacher/Stern 2023) aktiviert werden. Auch wenn noch ungeklärt ist, ob ein kognitiver Konflikt notwendig ist, um Konzeptwechsel auszulösen, kann es helfen, die Lernenden zu ›irritieren‹ und mit den Grenzen ihrer Erklärungen zu konfrontieren. Reflexionsfragen erfordern neue Perspektiven. Lehrpersonen können Unterstützungsmethoden nutzen, welche Vorwissen mit Zielkonzepten des Unterrichts kontrastieren (vgl. Ziegler/Stern 2016), Unterschiede verschiedener Konzeptionen hervorheben oder Analogien, die ein bekanntes Basisanalogon mit einem neuen Zielanalogon verknüpfen (vgl. Richland/Simms 2015).

Literatur

Aalto, Ilana/ Mikkilä-Erdmann, Mirjamaija/Rossi, Leena (2004): »Conceptual Change During Introductory Course on Cultural History«, in: Kaarina Merenluoto/Mirjamaija Mikkilä-Erdmann (Hg.), *Learning Research Challenges the Domain Specific Approaches in Teaching*, Symposium conducted at the University of Turku, Finland. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=5753d13497c8ac6a000a3c7ff4655a764c7f88e3#page=43>

- Alberts, Wanda (2008): »Religionswissenschaftliche Fachdidaktik in europäischer Perspektive«, in: Zeitschrift für Religionswissenschaft 16 (1), S. 1–14. <https://doi.org/10.1515/zfr.2008.16.1.1>
- Anderson, Michael C. (2003): »Rethinking Interference Theory: Executive Control and the Mechanisms of Forgetting«, in: Journal of Memory and Language 49, S. 415–445. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2003.08.006>
- Angelo, Thomas A./Cross, K. Patricia (2012): Classroom Assessment Techniques, Hoboken, NJ: Jossey Bass Wiley.
- Atkinson, Richard C./Shiffrin, Richard M. (1968): »Human Memory: A Proposed System and Its Control Processes«, in: Kenneth W. Spence/Janet Taylor Spence (Hg.), Psychology of Learning and Motivation Vol. 2, New York/San Francisco/London: Academic Press, S. 89–195. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60422-3](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60422-3)
- Baddeley, Alan D./Hitch, Graham J. (1974): »Working Memory«, in: Gordon H. Bower (Hg.), Psychology of Learning and Motivation Vol. 8, New York/San Francisco/London: Academic Press, S. 47–89. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Barnett, Susan M./Ceci, Stephen J. (2002): »When and Where Do We Apply What We Learn?: A Taxonomy for Far Transfer«, in: Psychological Bulletin 128 (4), S. 612–637. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.128.4.612>
- Benke, Gertraud (o.D.): Konzeptlernen im Klassenzimmer. Habilitationsschrift, Universität Klagenfurt.
- Bohlmann, Markus (2022): »CONCEPT as a Travelling Concept in Subject-Matter Teaching and Learning. Conceptual Change Research Between Science Education and Philosophy Education«, in: RISTAL 5, S. 78–92. <https://doi.org/10.2478/ristal-2022-0107>
- Black, Pauls/Wiliam, Dylan (2009): »Developing the Theory of Formative Assessment«, in: Educational Assessment, Evaluation and Accountability 21, S. 5–31. <https://doi.org/10.1007/s11092-008-9068-5>
- Brod, Garvin (2021): »Toward an Understanding of When Prior Knowledge Helps or Hinders Learning«, in: npj Science of Learning 6 (1), S. 24.

- Caravita, Silvia/Halldén, Ola (1994): »Re-Framing the Problem of Conceptual Change«, in: *Learning and Instruction* 4 (1), S. 89–111. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90020-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90020-5)
- Carey, Susan (2000): »The Origin of Concepts«, in: *Journal of Cognition and Development* 1 (1), S. 37–41. https://doi.org/10.1207/S15327647CDO101N_3
- Chi, Michelene T. H. (2013): »Two Kinds and Four Sub-Types of Misconceived Knowledge, Ways to Change It, and The Learning Outcomes«, in: Stella Vosniadou (Hg.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, New York: Routledge, S. 49–70. <https://doi.org/10.4324/9780203154472>
- Chi, Michelene T. H./Slotta, James D./de Leeuw, Nicholas (1994): »From Things to Processes: A Theory of Conceptual Change for Learning Science Concepts«, in: *Learning and Instruction* 4 (1), S. 27–43. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90017-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90017-5)
- Clement, John (1993): »Using Bridging Analogies and Anchoring Intuitions to Deal With Students' Preconceptions in Physics«, in: *Journal of Research in Science Teaching* 30 (10), S. 1241–1257. <https://doi.org/10.1002/tea.3660301007>
- diSessa, Andrea A. (1983): »Phenomenology and the Evolution of Intuition«, in: Dedre Gentner/Albert Stevens (Hg.), *Mental Models*, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, S. 15–33.
- Dole, Janice A./Sinatra, Gale M. (1998): »Reconceptualizing Change in the Cognitive Construction of Knowledge«, in: *Educational Psychologist* 33 (2–3), S. 109–128.
- Duit, Reinders/Treagust, David F. (2003): »Conceptual Change: A Powerful Framework for Improving Science Teaching and Learning«, in: *International Journal of Science Education* 25 (6), S. 671–688. <https://doi.org/10.1080/09500690305016>
- Edelsbrunner, Peter A./Thurn, Christian M. (2023): »Improving the Utility of Non-Significant Results for Educational Research: A Review and Recommendations«, in: *Educational Research Review* 42, Artikel 100590. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100590>
- Ekström, Linda/Lundholm, Cecilia (2021): »How Much Politics Is There? Exploring Students' Experiences of Values and Impartiality From an

- Epistemic Perspective«, in: *Journal of Political Science Education*, S. 616–633. <https://doi.org/10.1080/15512169.2020.1730863>
- Fridrich, Christian (2010): »Alltagsvorstellungen von Schülern und Konzeptwechsel im GW-Unterricht: Begriff, Bedeutung, Forschungsschwerpunkte, Unterrichtsstrategien«, in: *Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft* 152, S. 305–322.
- Gettier, Edmund (1963): »Is Justified True Belief Knowledge?«, in: *Analysis* 23 (6), S. 121–123. <https://doi.org/10.1093/analys/23.6.121>
- Gerring, John (1999): »What Makes a Concept Good? A Criterial Framework for Understanding Concept Formation in the Social Sciences«, in: *Polity* 31 (3), S. 357–393. <https://doi.org/10.2307/3235246>
- Gläser, Eva (2023): »Sachunterrichtsdidaktik und Conceptual Change«, Vortrag im Rahmen der Tagung »Conceptual Change in den Didaktiken kultur- & sozialwissenschaftlicher Fächer« am 11.02.2023, Universität Bayreuth.
- Goertz, Gary (2020): *Social Science Concepts and Measurement: New and Completely Revised Edition*, Princeton/Oxford: Princeton University Press.
- Goldwater, Micah B./Schalk, Lennart (2016): »Relational Categories as a Bridge Between Cognitive and Educational Research«, in: *Psychological Bulletin* 142 (7), S. 729. <https://doi.org/10.1037/bul0000043>
- Gregoire, Michele (2003): »Is It a Challenge or a Threat? A Dual-Process Model of Teachers' Cognition and Appraisal Processes During Conceptual Change«, in: *Educational Psychology Review* 15, S. 147–179. <https://doi.org/10.1023/A:1023477131081>
- Guzzetti, Barbara J./ Snyder, Tonja E./ Glass, Gene V./Gamas, Warren S. (1993): »Promoting Conceptual Change in Science: A Comparative Meta-Analysis of Instructional Interventions From Reading Education and Science Education«, in: *Reading Research Quarterly* 28 (2), S. 117–159. <https://doi.org/10.2307/747886>
- Hanfstingl, Barbara/Benke, Gertraud/Zhang, Yuefeng (2019): »Comparing Variation Theory With Piaget's Theory of Cognitive Development: More Similarities Than Differences?«, in: *Educational Action Research* 27 (4), S. 511–526. <https://doi.org/10.1080/09650792.2018.1564687>

- Hewson, Peter W./Hewson, Mariana (1984): »The Role of Conceptual Conflict in Conceptual Change and the Design of Science Instruction«, in: *Instructional Science* 13, S. 1–13. <https://doi.org/10.1007/BF00051837>
- Hunt, Earl/ Minstrell, Jim (1994): »A Cognitive Approach to the Teaching of Physics«, in: Kate McGilly (Hg.), *Classroom Lessons: Integrating Cognitive Theory and Classroom Practice*, Massachusetts: The MIT Press, S. 51–74.
- Kahneman, Daniel/Tversky, Amos (1982): »On the Study of Statistical Intuitions«, in: Daniel Kahneman/Paul Slovic/Amos Tversky (Hg.), *Judgement Under Uncertainty: Heuristics and Biases*, Cambridge: Cambridge University Press, S. 493–508.
- Kainulainen, Miko/Puurtinen, Marjaana/Chinn, Clark A. (2019): »Historians and Conceptual Change in History Itself: The Domain as a Unit of Analysis«, in: *International Journal of Educational Research* 98, S. 245–256. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2019.09.001>
- Kattmann, Ulrich/Duit, Reinders/Gropengießer, Harald/Komorek, Michael (1997): »Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion«, in: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 3 (3), S. 3–18.
- King, Seth (2013): *Overcoming Misconceptions in Religious Education: The Effects of Text Structure and Topic Interest on Conceptual Change*, Utah: Utah State University.
- Lin, Jing-Wen/Yen, Miao-Hsuan/Liang, Jiachi/Chiu, Mei-Hung/Guo, Chorng-Jee (2016): »Examining the Factors That Influence Students' Science Learning Processes and Their Learning Outcomes: 30 Years of Conceptual Change Research«, in: *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 12 (9), S. 2617–2646.
- Limón, Margarita (2002): »Conceptual Change in History«, in: Margarita Limón/Lucia Mason (Hg.), *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice*, Dordrecht: Springer Netherlands, S. 259–289.
- Lundholm, Cecilia (2018): »Conceptual Change and the Complexity of Learning«, in: Tamer G. Amin/Olivia Levrini (Hg.), *Converging Perspectives on Conceptual Change. Mapping an Emerging Paradigm in the Learning Sciences*, Oxon/New York: Routledge, S. 34–42

- Lundholm, Cecilia/Davies, Peter (2013): »Conceptual Change in the Social Sciences«, in: Stella Vosniadou (Hg.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, New York/London: Routledge, S. 288–304.
- Machery, Edouard (2009): *Doing Without Concepts*, New York: Oxford University Press.
- Margolis, Eric (1994): »A Reassessment of the Shift From the Classical Theory of Concepts to Prototype Theory«, in: *Cognition* 51 (1), S. 73–89. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(94\)90009-4](https://doi.org/10.1016/0010-0277(94)90009-4)
- Martinez, Michael (2008): *Learning and Cognition: The Design of the Mind*, Boston: Pearson/Allyn and Bacon Publishers
- Özdemir, Gökhan/ Clark, Douglas B. (2007): »An Overview of Conceptual Change Theories«, in: *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 3 (4), S. 351–361. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75414>
- Ohlsson, Stellan (2009): »Resubsumption: A Possible Mechanism for Conceptual Change and Belief Revision«, in: *Educational Psychologist* 44 (1), S. 20–40.
- Peters, Jan Hendrik (2012): *Angstbewältigung und Erinnerung: Eine funktionale Sicht des Gedächtnisses*, Wiesbaden: Springer VS.
- Pintrich, Paul R. (1999): »The Role of Motivation in Promoting and Sustaining Self-Regulated Learning«, in: *International Journal of Educational Research* 31 (6), S. 459–470. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(99\)00015-4](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(99)00015-4)
- Posner, George J./Strike, Kenneth A./Hewson, Peter W./Gertzog, William A. (1982): »Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change«, in: *Science Education* 66 (2), S. 211–227. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>
- Potvin, Patrice (2013): »Proposition for Improving the Classical Models of Conceptual Change Based on Neuroeducational Evidence: Conceptual Prevalence«, in: *Neuroeducation* 1 (2), S. 16–43. <https://doi.org/10.24046/neuroed.20130201.16>
- Potvin, Patrice (2023): »From Conceptual Change to Conceptual Prevalence: What the Acknowledgment of Representational Plurality Could Mean for Science Teaching«, in: Michel Bélanger et al. (Hg.),

Multidisciplinary Perspectives on Representational Pluralism in Human Cognition: Tracing Points of Convergence in Psychology, Science Education, and Philosophy of Science, New York: Routledge, S. 143–162.

- Potvin, Patrice/Nenciovici, Lucian/Malenfant-Robichaud, Guillaume/Thibault, François/Sy, Ousmane/Mahhou, Mohamed Amine/Bernard, Alex/Allaire-Duquette, Geneviève/Sarrasin, Jérémie Blanchette/Fois, Lorie-Marlène Brault/Brouillette, Nancy/St-Aubin, Audrey-Anne/Charland, Patrick/Masson, Steve/Riopel, Martin/Tsai, Chin-Chung/Bélanger, Michel/Chastenay, Pierre (2020): »Models of Conceptual Change in Science Learning: Establishing an Exhaustive Inventory Based on Support Given by Articles Published in Major Journals«, in: *Studies in Science Education* 56 (2), S. 157–211. <https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1744796>
- Ramirez, Mary Anne Rea/Ramirez, Tina Marie (2017): »Changing Attitudes, Changing Behaviors. Conceptual Change as a Model for Teaching Freedom of Religion or Belief«, in: *JSSE-Journal of Social Science Education* 16 (4), S. 98–109. <https://doi.org/10.4119/jsse-856>
- Ramsburg, Jarred T./Ohlsson, Stellan (2016): »Category Change in the Absence of Cognitive Conflict«, in: *Journal of Educational Psychology* 108 (1), S. 98. <https://doi.org/10.1037/edu0000050>
- Richland, Lindsey Engle/Simms, Nina (2015): »Analogy, Higher Order Thinking, and Education«, in: *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science* 6 (2), S. 177–192. <https://doi.org/10.1002/wcs.1336>
- Rokeach, Milton (1972): *Beliefs, Attitudes and Values: A Theory of Organization and Change*, San Francisco: Jossey-Bass.
- Rusanen, Anna-Mari (2014): »Towards an Explanation for Conceptual Change: A Mechanistic Alternative«, in: *Science & Education* 23, S. 1413–1425.
- Saariluoma, Pertti (2002): »Does Classification Explicate the Contents of Concepts?«, in: Ilkka Pyysiäinen/Veikko Anttonen (Hg.), *Current Approaches in the Cognitive Science of Religion*, New York: Continuum, S. 229–259.
- Säljö, Roger (1999): »Concepts, Cognition and Discourse. From Mental Structures to Discursive Tools«, in: Wolfgang Schnotz/Stella

- Vosniadou/Mario Carretero (Hg.), *New Perspectives on Conceptual Change*, Oxford: Pergamon, S. 81–90.
- Schneider, Michael/Hardy, Illonca (2013): »Profiles of Inconsistent Knowledge in Children's Pathways of Conceptual Change«, in: *Developmental Psychology* 49 (9), S. 1639–1649. <https://doi.org/10.1037/a0030976>
- Schnotz, Wolfgang/Bannert, Maria (2003): »Construction and Interference in Learning From Multiple Representation«, in: *Learning and Instruction* 13 (2), S. 141–156. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00017-8](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00017-8)
- Schnotz, Wolfgang (2006): »Conceptual Change«, in: Detlef H. Rost (Hg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*, Weinheim: Beltz Juventa, S. 77–82.
- Schumacher, Ralph/Stern, Elsbeth (2023): »Promoting the Construction of Intelligent Knowledge with the Help of Various Methods of Cognitively Activating Instruction«, in: *Frontiers in Education* 7. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.979430>
- Sherin, Bruce (2021): »Where Are We? Syntheses and Synergies in Science Education Research and Practice«, in: Olivia Levrini et al. (Hg.), *Engaging with Contemporary Challenges Through Science Education Research. Selected Papers From the ESERA 2019 Conference*, Cham: Springer VS, S. 211–224. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74490-8_17
- Shtulman, Andrew/Harrington, Kelsey (2016): »Tensions Between Science and Intuition Across the Lifespan«, in: *Topics in Cognitive Science* 8 (1), S. 118–137. <https://doi.org/10.1111/tops.12174>
- Shtulman, Andrew/Valcarcel, Joshua (2012): »Scientific Knowledge Suppresses But Does Not Supplant Earlier Intuitions«, in: *Cognition* 124 (2), S. 209–215. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2012.04.005>
- Sinatra, Gale M. (2005): »The ›Warming Trend‹ in Conceptual Change Research: The Legacy of Paul R. Pintrich«, in: *Educational Psychologist* 40 (2), S. 107–115. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4002_5
- Stark, Robin (2002): *Conceptual Change: kognitivistisch oder kontextualistisch?* (Forschungsbericht Nr. 149), LMU München: Lehrstuhl für

- Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie. <https://epub.ub.uni-muenchen.de/257/>
- Stark, Robin (2003): »Conceptual Change: kognitiv oder situiert?«, in: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 17, S. 133–144. <https://doi.org/10.1024//1010-0652.17.2.133>
- Stern, Elsbeth (2004): »Wie viel Hirn braucht die Schule? Chancen und Grenzen einer neuropsychologischen Lehr-Lern-Forschung«, in: *Zeitschrift für Pädagogik* 50 (4), S. 531–538. <https://doi.org/10.25656/01:4826>
- Taber, Keith S. (2011): »Stella Vosniadou (Ed): International Handbook of Research on Conceptual Change«, in: *Science & Education* 20, S. 563–576. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9283-6>
- Taber, Keith S. (2018): *Masterclass in Science Education: Transforming Teaching and Learning*, London: Bloomsbury Academic.
- Thagard, Paul (1989): »Explanatory Coherence«, in: *Behavioral and Brain Sciences* 12 (3), S. 435–467. <https://doi.org/10.1017/S0140525X00057046>
- Thagard, Paul (1990): »Concepts and Conceptual Change«, in: *Synthese* 82, S. 255–274. <https://doi.org/10.1007/BF00413664>
- Thurn, Christian M./Hänger, Brigitte/Kokkonen, Tommi (2020): »Concept Mapping in Magnetism and Electrostatics: Core Concepts and Development Over Time«, in: *Education Sciences* 10 (5), S. 129. <https://doi.org/10.3390/educsci10050129>
- Thurn, Christian M./Edelsbrunner, Peter A./Berkowitz, Michael/Deiglmayr, Anne/Schalk, Lennart (2023): »Questioning Central Assumptions of the ICAP Framework«, in: *Nature Science of Learning* 8 (1), S. 49. <https://doi.org/10.1038/s41539-023-00197-4>
- Tulving, Endel/Thomson, Donald M. (1973): »Encoding Specificity and Retrieval Processes in Episodic Memory«, in: *Psychological Review* 80 (5), S. 352–373. <https://doi.org/10.1037/h0020071>
- Tyson, M. Louise/Harrison, Allan G./Venville, Grady J./Treagust, David F. (1996): »A Multidimensional Interpretative Framework for Understanding Conceptual Change Learning, New York: American Education Research Association, April, 8–12.

- van Boxtel, Carla/van Drie, Jannet (2018): »Historical Reasoning: Conceptualizations and Educational Applications«, in: Scott Alan Metzger/Lauren McArthur Harris (Hg.), *The Wiley International Handbook of History Teaching and Learning*, New York: Wiley-Blackwell, S. 149–176. <https://doi.org/10.1002/9781119100812.ch6>
- Vosniadou, Stella (2023, 25. Oktober): *Misconceptions and Their Role in Conceptual Change Research* [Presentation], SIG 03 Online Meeting Series.
- Vosniadou, Stella/Brewer, William F. (1987): »Theories of Knowledge Restructuring in Development«, in: *Review of Educational Research* 57 (1), S. 51–67. <https://doi.org/10.3102/00346543057001051>
- Vosniadou, Stella/Brewer, William F. (1992): »Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood«, in: *Cognitive Psychology* 24 (4), S. 535–585. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(92\)90018](https://doi.org/10.1016/0010-0285(92)90018)
- Wade, Rahima C. (1994): »Conceptual Change in Elementary Social Studies: A Case Study of Fourth Graders' Understanding of Human Rights«, in: *Theory & Research in Social Education* 22 (1), S. 74–95. <https://doi.org/10.1080/00933104.1994.10505716>
- Ziegler, Esther/Stern, Elsbeth (2016): »Consistent Advantages of Contrasted Comparisons: Algebra Learning Under Direct Instruction«, in: *Learning and Instruction* 41, S. 41–51. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2015.09.006>