

2014

RPZ Impulse

Ferdinand Herget

Beiträge der Conceptual Change-Theorie und
der Erforschung von Problemlöseprozessen
zum Erstellen von Lernaufgaben

Impressum

RPZ Impulse
Zeitschrift des Religionspädagogischen Zentrums in Bayern, München
(RPZ in Bayern)

Veröffentlicht werden Beiträge der wissenschaftlichen Referentinnen und Referenten des RPZ, die zur Einführung in die religionspädagogischen Themen der Jahreskonferenzen verfasst werden. Dabei liegt das Augenmerk auf übergreifende Anliegen religiöser Bildung und Erziehung mit dem Schwerpunkt Religionsunterricht.

Verantwortlicher Herausgeber:
Dr. Ferdinand Herget, Direktor des RPZ

Erscheinungsweise:
Die RPZ Impulse erscheinen einmal jährlich als Online-Zeitschrift und sind kostenfrei zugänglich. Da die Zeitschrift eine ISSN-Nummer besitzt, werden ihre Hefte archiviert und sind bestands gesichert. Damit sind die Beiträge allseits zitabel.

ISSN 2191-7930

www.rpz-bayern.de

© 2014 RPZ in Bayern. Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwendung ohne Einwilligung des Herausgebers unzulässig und strafbar.



RPZ-Impulse 2014

Ferdinand Herget

Beiträge der Conceptual Change-Theorie und der
Erforschung von Problemlöseprozessen zum Erstellen
von Lernaufgaben

Abstract

Das Neue der Kompetenzorientierung geschieht auf der Lehrplanebene: Bisher stand die systematische Darstellung des Stoffs im Mittelpunkt, jetzt werden Stoff und Aneignungsprozesse des Schülers miteinander in Beziehung gesetzt. Das weckt neues Interesse am Lernen selbst. Lernen ist als der Übergang von einem der Sachlage unangemessenen zu einem angemessenen mentalen Modell zu beschreiben, so dass ein sachgerechtes Handeln möglich wird. Hier soll nach den Befunden der aktuellen pädagogischen und psychologischen Diskussion zur Struktur mentaler Modelle und der Eigenart der Veränderungsprozesse, dem Problemlösen, gefragt werden. Ziel ist es zu klären, welche Faktoren des Lernens die verschiedenen Forschungsrichtungen in den Blick nehmen. Das ist für die Religionsdidaktik von Interesse, weil sich aus diesen Befunden auch Hinweise für die Gestaltung des Unterrichts ableiten lassen sollten.

- Von der Conceptual Change-Forschung sind Klärungen über Veränderungen mentaler Modelle beim Lernen zu erwarten. Nach der Überwindung des Behaviorismus und seiner Sicht auf das Lernen als Anstücken an oder Herausbrechen von Elementen aus Verhaltensketten, stellt sich die Frage nach den Veränderungen von Strukturen. Das zerfällt in die Teilfragen, was die Veränderung anregt und wie diese Veränderungen ablaufen.

- Von der Erforschung des Problemlösens sollten Erkenntnisse darüber gewonnen werden, wie ein Unterricht zu gestalten ist, der Fragen und Probleme aufwirft, und wie der Umgang von Schülern mit Fragen und Problemen gefördert und verbessert werden kann.

1	<i>Neue Anforderungen an das schulische Lernen aus Sicht der Kompetenzorientierung</i>	4
2	<i>Conceptual Change - Schülervorstellungen aktivieren und im Unterricht nutzen</i>	4
	<i>2.1 Strukturalismus und Paradigmenwechsel: Die Vorläufer der Conceptual Change-Forschung</i>	
	<i>2.2 Themen und Entwicklungen des Conceptual Change-Ansatzes</i>	
	<i>2.3 Beiträge der Conceptual Change-Forschung zur Unterrichtspraxis</i>	
	<i>2.3.1 Die Didaktische Rekonstruktion als Instrument zur Analyse von Schülervorstellungen</i>	
	<i>2.3.2 Das Phasenmodell Reconstruction Map: Schülervorstellungen im Unterricht aktivieren</i>	
	<i>2.4 Ergebnisse der Conceptual Change-Forschung und deren Bedeutung für Lernaufgaben</i>	
3	<i>Das Problemlösen aus Sicht von Kognitivismus und Gestalttheorie</i>	9
	<i>3.1 Zur Geschichte der Problemlöseforschung: Behaviorismus, Gestalttheorie, Kognitivismus</i>	<i>9</i>
	<i>3.2 Die Gestalttheorie: Problemlösen als schöpferisches Denken</i>	<i>10</i>
	<i>3.2.1 Ziel / Aufgabe, Material und Lösungsablauf als Faktoren beim Problemlösen</i>	<i>11</i>
	<i>3.2.2 Operationen des Denkens und heuristische Methoden</i>	<i>12</i>
	<i>3.2.3 Folgerungen für Lernaufgaben: Die Qualität der Unterrichtsprozesse für das Problemlösen fördern</i>	
	<i>3.2.3.1 Die zentrale Funktion des Aufgabenverständnisses für das zielbezogene Steuern des Lernens</i>	
	<i>3.2.3.1 Die zentrale Funktion des Aufgabenverständnisses für das zielbezogene Steuern des Lernens</i>	
	<i>3.2.3.2 Die Beschaffung des Materials als Kennzeichen geistiger Selbständigkeit</i>	
	<i>3.2.3.3 Die Planung des Lösungsablaufs als Nagelprobe der Einsicht</i>	
	<i>3.2.4 Vorschläge für den kompetenzorientierten Unterricht und das Erstellen von Lernaufgaben</i>	
	<i>3.3 Der Kognitivismus: Problemlösen als Anwenden von Algorithmen</i>	
	<i>3.3.1 „System“ und „Regelkreis“ als zentrale Kategorien des Kognitivismus</i>	
	<i>3.3.2 Analytische und komplexe Probleme und ihre Bewältigung durch Experten</i>	
	<i>3.3.3 Expertise als Merkmal guter Problemlösefähigkeit</i>	
	<i>3.3.4 Direkte Förderansätze: Scaffolding – Coaching – Lautes Denken – Lernen mit Lösungsbeispielen</i>	
	<i>3.3.5 Indirekte Förderansätze: Anchored Instruction – Cognitive Apprenticeship</i>	
	<i>3.3.6 Beiträge des Kognitivismus zur Entwicklung von Lernaufgaben</i>	
4	<i>Was bleibt? Beiträge der Conceptual Change-Hypothese und der Er-forschung von Problemlöseprozessen zum Erstellen von Lernaufgaben</i>	19
5	<i>Literatur</i>	21

1 Neue Anforderungen an das schulische Lernen aus Sicht der Kompetenzorientierung

Das Neue der Kompetenzorientierung findet auf der Lehrplanebene statt: Stand bisher der findende Wechsel von der systematischen Darstellung des Lernstoffs zur Stoff zum Schüler¹ und seinen Aneignungsprozessen als Mittelpunkt des Unterrichts. Maßstab für die Qualität und Gestaltung eines kompetenzorientierten Unterrichts ist, ob ein Schüler lebendiges Wissen und Können erwirbt. Das zeigt sich in seiner Fähigkeit und Bereitschaft, Wissen und Können zu verbinden, in variablen Anwendungssituationen erfolgreich zu agieren, Probleme zu lösen und verantwortungsvoll zu handeln (ISB, 2011, S. 5). Die Kompetenzorientierung hat neues Interesse am Lernen selbst geweckt. Wenn Kompetenzen nur vom Schüler selbst entfaltet und entwickelt werden können, ist zu fragen, welche Lernprozesse das bewirken können? Was geschieht beim Übergang von einem Zustand der Inkompetenz zur Kompetenz? Was regt einen Schüler an, von sich aus über einen Sachverhalt nachzudenken, neue Erkenntnisse für sich zu gewinnen, für sich neue Handlungsmöglichkeiten zu entwickeln und so über seinen bisherigen Stand hinauszuwachsen? Wenn man das alles berücksichtigen will, reicht die Frage, was gelernt werden soll, nicht mehr aus, um alle Bedingungen gelingenden Unterrichts zu beschreiben. Sie muss ergänzt werden durch die Frage, wie sich ein Schüler den Stoff aneignet und was getan werden kann, seine Lernprozesse zu fördern.

Im Folgenden werden die Conceptual Change-Forschung und die Forschungen zum Problemlösen im Hinblick auf ihre Beiträge zur Gestaltung von Lernaufgaben analysiert.

- Von der Conceptual Change-Forschung sind Klärungen über Veränderungen mentaler Modelle beim Lernen zu erwarten. Nach der Überwindung des Behaviorismus und seiner Sicht auf das Lernen als Anstücken an oder Herausbrechen von Elementen aus Verhaltensketten, stellt sich die Frage nach den Veränderungen von Strukturen. Das zerfällt in die Teilfragen, was die Veränderung anregt und wie diese Veränderungen ablaufen.

- Von der Erforschung des Problemlösens sollten Erkenntnisse darüber gewonnen werden, wie ein Unterricht zu gestalten ist, der Fragen und Probleme aufwirft, und wie der Umgang von Schülern mit Fragen und Problemen gefördert und verbessert werden kann.

Ziel ist es zu klären, welche Faktoren des Lernens die verschiedenen Forschungsrichtungen in den Blick nehmen. Dabei wird davon ausgegangen, dass das Lernen eine schöpferische Leistung des Schülers ist, bei der er für sich neue Erkenntnisse und Handlungsmöglichkeiten auf Grund von Einsicht in die Sachlage gewinnt.

2 Conceptual Change - Schülervorstellungen aktivieren und im Unterricht nutzen

Die Auseinandersetzung mit Theorien zum Conceptual Change sind im Kontext eines kompetenzorientierten Unterrichts und der Erstellung von Lernaufgaben bedeutsam, weil hier Befunde zu den Ursachen und Prozessen der Veränderung von Wissensstrukturen zu erwarten sind. Die Conceptual Change-Forschung untersucht, wie naives Alltagswissen, also Vorstellungen, Ideen oder Begriffe (concepts) über Prozesse der Welt, im Unterricht in theoriegestütztes Wissen re- oder umstrukturiert werden kann. Die Conceptual Change-Forschung ist in Deutschland vor allem in naturwissenschaftlichen Fächern (Jonen, Möller, & Hardy, 2003), aber auch in der Geschichtsdidaktik (Günther-Arndt, 2006) und der Religionsdidaktik (Fuchs, 2010) rezipiert worden.

¹ Nomina agentis werden stets im generischen Maskulinum verwendet. Sie schließen sprachlich beide natürlichen Geschlechter ein.

2.1 Strukturalismus und Paradigmenwechsel: Die Vorläufer der Conceptual Change-Forschung

Als zwei wichtige Vorläufer des Conceptual Change-Ansatzes gelten Jean Piaget und Thomas S. Kuhn. Nach Piagets Modell der kognitiven Entwicklung besitzt jeder Mensch angeborene Denk- und Verhaltensmuster, die Schemata. Diese werden durch Assimilations- und Akkommodationsprozesse verändert, d. h., Schemata werden im Umgang mit der Welt erweitert oder differenziert. Damit setzt sich Piaget vom Behaviorismus und dessen Vorstellung vom Menschen als einer tabula rasa ab. Von Thomas S. Kuhn wurde der Gedanke des Paradigmenwechsels übernommen. Ein Paradigma meint die in einer aktuellen Wissenschaft vorherrschenden Hypothesen und Theorien. Ein Paradigmenwechsel ist die umfassende Veränderung der grundlegenden Voraussetzungen einer wissenschaftlichen Theorie, die durch die Anhäufung von Widersprüchen im bisherigen System angeregt wird. Kuhn vollzieht so die Wende zu einer holistischen Wissenschaftstheorie (Rentsch, 1989, S. 80). Ein Paradigma besteht nicht aus der Summation von elementaren Fakten, sondern ist ein System, dessen Eigenschaften und Struktur ein übergeordnetes Prinzip bestimmen.

2.2 Themen und Entwicklungen des Conceptual Change-Ansatzes

Der seit den 1970er Jahren im Angelsächsischen entwickelte Conceptual Change-Ansatz fußt auf der Beobachtung, dass Schüler oftmals feste Vorstellungen (Präkonzepte) über physikalische Prozesse haben und nicht als tabula rasa in den Unterricht kommen (Adamina, 2008, S. 20f).² Diese Schülervorstellungen sind überraschend stabil und nur schwer durch anschauliche Experimente oder Erklärungen zu verändern (Krüger, 2007, S. 87). Oft kommt es sogar zu einem Neben- oder Ineinander von naiver und wissenschaftlicher Weltsicht („Was ich denke“ und „Was der Lehrer sagt“). Diese Präkonzepte sind in der Regel domänenspezifisch und unabhängig vom Alter.

Anfangs stellte die Konzeptforschung hauptsächlich misconceptions, also naive Alltagstheorien, und conceptions gegenüber, die als wissenschaftlich adäquate Repräsentationen von Realität verstanden wurden (Möller, 2007, S. 260). Dabei stand die Resistenz von Präkonzepten im Mittelpunkt. Solche ‘deeply rooted concepts’ können beim Lernen sogar die Wahrnehmung so verändern, dass Schüler von komplexeren Abläufen nur das sehen, was mit ihren Präkonzepten übereinstimmt (Duit, 2002, S. 3ff).³ Ziel des Lernens ist im Sinne Kuhns die grundlegende Veränderung eines falschen in ein richtiges Konzept. Eine solche defizitorientierte Sicht wird aber der orientierenden Leistung von Alltagskonzepten nicht gerecht, zumal diese dem Individuum nicht selten eine erfolgreiche Handlungssteuerung ermöglichen. Darüber hinaus bestehen auch nach dem Unterricht Präkonzepte weiter und beeinflussen das alltägliche Denken und Handeln – offenbar nicht immer zum Schaden der Menschen. Anknüpfend an Jean Piagets Theorie der Äquilibration⁴ haben Posner et. al. (Posner, Strike, Hewson, W., & Gertzog, 1982) gezeigt, dass Lernende erst in konfliktiven Situationen ihre Präkonzepte in Frage stellen, in denen sie deren Begrenztheit erleben und deshalb mit ihren Modellen unzufrieden sind. Neue Konzepte werden akzeptiert, wenn sie die Bedingungen der Verständlichkeit, also der stringenten und logischen Nachvollziehbarkeit, der Plausibilität, d. h., der Erkenntnis, dass das neue Konzept Probleme löst, die das alte nicht lösen konnte, und der Fruchtbarkeit, i. e., das neue Konzept erweist sich auch in anderen Situationen als hilfreich, erfüllen.

2 In der Religionspädagogik sind Schülererfahrungen und -vorstellungen spätestens seit der Entwicklung der Korrelationsdidaktik Gegenstand der wissenschaftlichen Forschung. Es verwundert aber schon, dass der Austausch über die Fachgrenzen hinweg kaum stattfindet und das auch deshalb, weil die Religionspädagogik sich ausführlich mit Schülervorstellungen befasst. Aus der Fülle der Veröffentlichungen sei nur genannt (Feige & Gennerich, 2008) und (Ziebertz & Riegel, 2008).

3 Die Rezeption der Hattie-Studie in manchen Gazetten kann nur als bedingt richtig angesehen werden. So titelt Die Zeit: „Ich bin superwichtig! - Kleine Klassen bringen nichts, offener Unterricht auch nicht. Entscheidend ist: Der Lehrer, die Lehrerin. Das sagt John Hattie.“ [URL: <http://www.zeit.de/2013/02/Paedagogik-John-Hattie-Visible-Learning>; Stand 12.05.2014] Zu einer differenzierten und nüchternen Darstellung und Bewertung der Hattie-Studie vgl. Reinhardt, 2013.

4 Die Äquilibrationstheorie ist ein auch anthropologisch bedeutsames Theorem Piagets. Danach ist der Mensch ein System, das ein Ruhegleichgewicht anstrebt bzw. dann zum Denken, zum Handeln und zur Entwicklung gebracht wird, wenn das Ruhegleichgewicht gestört ist. Der Mensch ist aus sich heraus zu keiner Entwicklung fähig, sondern verbleibt, wenn ungestört, in einem Zustand unaufgeregter Gleichmütigkeit. Darüber hinaus glaubt Piaget im Sinne seines physikalistischen Weltbildes die Idee der Finalität vermeiden zu können. Piaget klammert die Spontaneität und die Zielbezogenheit des menschlichen Geistes aus. Er verzichtet auf prinzipiellen Erwägungen auf eine Erklärung des selbstursächlichen, also freien Denkens und Handelns des Menschen. Ebenso findet er keinen theoretischen Zugang zu der für die Erklärung aller schöpferischen Prozesse unverzichtbare Zielbezogenheit des Denkens. Die Folgen für das Verständnis des schöpferischen Denkens und Lernens sind drastisch: Piaget muss letztlich auf assoziations-theoretische Modelle zurückgreifen, um Denken und Lernen zu erklären.

Der Ansatz Posners wurde in der Folgezeit weiter differenziert. Ein Konzeptwechsel verläuft auch als langfristiger, schrittweiser, kontextbezogener und mühsamer Prozess der Umstrukturierung (Adamina, 2008, S. 25). Umstrukturierung meint die Anknüpfung an bereits vorhandene Konzepte, die durch die Schaffung von mehr Relationen und mehr Schemata erweitert werden. Vorherrschend ist dabei ein holistischer Ansatz, der empirisch durch die Erforschung der Denkprozesse von Säuglingen gesichert ist. Bereits Kleinkinder haben theorieähnliche Konzepte von der Wirklichkeit, die umfassend und stabil sind und nicht fragmentiert und flüchtig. Das menschliche Denken ist offenbar von Anfang an zur Abstraktion und zum Verstehen fähig. Das impliziert, dass das Stufenmodell Piagets die Entwicklung des Denkens als Aufstieg vom Konkreten zum Allgemeinen nicht hinreichend beschreibt. Der Unterschied zwischen Kindern und Erwachsenen liegt in der alters- und erfahrungsbedingt unterschiedlich weiten und tiefen Durchgliederung und -strukturierung der Inhalte zu liegen (Stern, 2002). Die Conceptual Change-Forschung spricht deshalb auch von conceptual growth, conceptual reorganisation oder conceptual reconstruction, um den ein stufentheoretisches Modell implizierenden Begriff change zu erweitern. So sollen das kontinuierliche Wachstum und die Entwicklung des Geistigen besser abgebildet werden (Kattmann, Duit, Gropengießer, & Komorek, 1997, S. 6).

Die Conceptual Change-Forschung erweiterte die Theorie um affektive, motivationale und soziale Faktoren. Der Wechsel hängt nicht nur von kognitiven („kalten“) Prozessen ab, sondern auch von „heißen“ Faktoren wie Motivation oder sozialem Status (Krüger, 2007, S. 86; Möller, 2007, S. 261; Möller, 2004, S. 157f). U. a. genügt ein kognitiver Konflikt nicht, um Lernen auszulösen. Es muss sich auch ein Unbehagen an der Situation einstellen. Daneben wirken sich z. B. folgende Faktoren motivierend auf das Lernen aus:

- die persönliche Bedeutung des Lerngegenstandes,
- das Interesse am Inhalt,
- die Wünsche nach Autonomie und Kompetenzerleben,
- die Struktur der Klasse und der peer-group oder
- der gesellschaftlich-kulturelle Kontext.

Die Conceptual Change-Forschung macht sich derzeit vor allem das konstruktivistische Lernmodell zu eigen.⁵ Die vom Konstruktivismus stark betonte Eigentätigkeit des Lernenden bietet dafür hinreichend Anknüpfungspunkte (Krüger, 2007, S. 83; Möller, 2004, S. 152; Stern, 2006, S. 45f; Duit, 2002, S. 9) (Kattmann, Duit, Gropengießer, & Komorek, 1997, S. 6). Lernen ist danach die Konstruktion von Bedeutung und nicht die Konditionierung durch kontingentes Assoziieren. Der Schüler gilt als der Schmied seines Wissens. Er macht sich sein Bild von der Wirklichkeit, das wesentlich von den vorhandenen Vorstellungen geprägt und geformt wird. Aufgabe der Schule ist es, strukturierte Lernumgebungen zu schaffen, in der Schüler gezielt Kompetenzen aufbauen können. Ein Lehrer kann durch Perturbationen Lernprozesse anregen, sie aber inhaltlich nicht determinieren.

2.3 Beiträge der Conceptual Change-Forschung zur Unterrichtspraxis

Die Conceptual Change-Forschung will ihren Ansatz auch für die Optimierung des Unterrichts fruchtbar machen. Auf Forschungsebene ist dafür u. a. das Modell der *Didaktischen Rekonstruktion* entwickelt worden. Auf der Ebene der Unterrichtspraxis gibt es verschiedene Phasenmodelle, die Schülervorstellungen in den Unterricht integrieren wollen. Exemplarisch dafür steht das Verfahren der *Reconstruction Map*.

2.3.1 Die Didaktische Rekonstruktion als Instrument zur Analyse von Schülervorstellungen

Für die jüngere Conceptual Change-Forschung sind Schülervorstellungen fruchtbar und bedeutungsvoll für den Lernprozess und keine Lernhindernisse. Sie sollen daher im Unterricht nicht ersetzt, sondern modifiziert, differenziert und bereichert werden. Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion will Schü-

⁵ Conceptual Change-Forscher lehnen den radikalen Konstruktivismus durchweg ab und sprechen sich für einen moderat-konstruktivistischen Unterricht aus (Adamina, 2008, S. 28). Der moderate Konstruktivismus bietet u. a. das theoretische Fundament zur Integration sozialer Prozesse bei der Wissenskonstruktion. Das ist bei der Beschreibung unterrichtlichen Lernens wohl auch sinnvoll. Zur Kritik am Konstruktivismus: Gabriel, 2013; s. a. Hergel, 2012.

lerkonzepte und fachwissenschaftliche Vorstellungen miteinander in Beziehung setzen, um daraus didaktische Leitlinien für den Unterricht zu entwickeln (Kattmann, 2007, S. 93ff; Kamelger & Kattmann, 2004, S. 65). Die fachliche Klärung, die Erhebung von Lernerperspektiven und die Strukturierung von Lernangeboten sollen der Forschung gleichgewichtig zugänglich werden.

- Die *fachliche Klärung* dient der Erhebung des Kenntnisstandes der jeweiligen Fachwissenschaft zu einem Thema aus didaktischer Sicht. Aus dieser metatheoretischen Perspektive ist u. a. zu fragen, welche unterschiedlichen Befunde, welche impliziten wissenschafts- oder erkenntnistheoretischen Positionen, welche ethischen oder soziokulturellen Implikationen und welche Anwendungsbereiche das Thema bestimmen. Die Einnahme eines überfachlichen Standpunkts dient dazu, den für den Unterricht wesentlichen Gehalt (das Exemplarische) einer Fachwissenschaft zu ermitteln.
- Die *empirische Erhebung von Lernerperspektiven* dient der Ermittlung aller Vorstellungen von Schülern zu einem Thema und nicht allein der Klärung von fachlichen Kenntnissen. Schülervorstellungen sind in ihren Kontexten in der Regel in sich stimmig und sinnvoll. Zumeist haben sie sich auch lebensweltlich bewährt. Um sie mit den Aussagen der Fachwissenschaften in Beziehung setzen zu können, müssen aus ihnen verallgemeinerbare Aussagen gewonnen werden. Daher ist u. a. nach den Kontexten und Bezugssystemen, den Denkfiguren und Theorien, den zugrundeliegenden Erfahrungen sowie dem Zusammenhang zwischen den Konzepten der Schüler und der Wissenschaft zu fragen. Methodisch werden hierfür u. a. offene Interviews oder Fragebögen vorgeschlagen.
- Die *Strukturierung von Lernangeboten* (auch: *didaktische Strukturierung*) ist ein Planungsprozess, der verallgemeinerbare Ziel-, Inhalts- und Methodenentscheidungen für den Unterricht ermöglichen soll. Entscheidend ist, dass die wissenschaftlichen Modelle und die Schülerkonzepte im Hinblick auf ihre Eigenheiten, Gemeinsamkeiten, Verschiedenheiten und Begrenztheiten erfasst und miteinander in Beziehung gesetzt werden. Dabei geht es nicht um ein einfaches Falsch oder Richtig, sondern darum, dass sich beide Seiten gegenseitig erhellen und klären. Ein von diesen Voraussetzungen her geplanter Unterricht soll Schülern dazu verhelfen, eine Metaposition gegenüber beiden Positionen zu entwickeln. Dazu ist u. a. zu klären, welche Inhalte der Alltagsvorstellungen im Unterricht zu berücksichtigen sind, welche Möglichkeiten die Präkonzepte für den Unterricht eröffnen oder welche Schülervorstellungen mit den wissenschaftlichen Konzepten korrespondieren.

Mittlerweile liegen für verschiedene Unterrichtsfächer wie Chemie, Sachunterricht, Geschichte, Deutsch oder Sport Untersuchungen zur Didaktischen Rekonstruktion vor. Auch hermeneutisch ausgerichtete Fächer können von diesem Ansatz profitieren.

2.3.2 Das Phasenmodell Reconstruction Map: Schülervorstellungen im Unterricht aktuieren

Für die unterrichtspraktische Umsetzung des Conceptual Change-Modells sind verschiedene Vorschläge unterbreitet worden. Kennzeichnend für alle ist die Einführung einer ausgedehnten Phase der Entfaltung der Präkonzepte der Schüler und deren Integration in den Unterrichtsverlauf. Unterschiede zeigen sich darin, wie der Konzeptwechsel angebahnt werden soll. Hauptsächlich unterscheidet man kontinuierliche und diskontinuierliche Lernwege:

1. Konfrontieren: Die Präkonzepte der Schüler werden im Unterricht bewusst gemacht und der wissenschaftlichen Sicht deutlich gegenüber gestellt.
2. Umgehen: Das Umgehen vermeidet bewusst die Aktivierung von Präkonzepten und verwendet zur Beschreibung von Vorgängen die Fachtermini. Erst zu einem späteren Zeitpunkt werden die Präkonzepte mit den fachwissenschaftlichen Konzepten in Beziehung gesetzt. Das Verfahren setzt ein solides fachwissenschaftliches Fundament voraus und kann nicht bei Anfängern angewendet werden.
3. Anknüpfen: Aus den Präkonzepten der Schüler werden jene Vorstellungen ausgewählt, die der wissenschaftlichen Sicht möglichst nahe kommen. Der Konzeptwechsel soll sich so nahtlos wie möglich vollziehen.
4. Umdeuten: Die Aussagen von Schülern werden ähnlich wie beim Anknüpfen möglichst bruchlos in die wissenschaftlich richtigen Konzepte überführt, in dem bereits vorhandene richtige Inhalte z. B. mit den zutreffenden Begriffen versehen werden.

Die Konzeption einer Unterrichtseinheit vermittels von Reconstruction Map gliedert sich in 6 Schritte (Peter, 2014):

Vorphase - Erhebung der konstruierten Alltagsvorstellungen: Das unterrichtsnahe Erfassen von Präkonzepten ist ein wichtiger Teil des Unterrichts, um die Schüler dort abzuholen, wo sie stehen. Der Lehrer konfrontiert die Schüler mit einem Sachverhalt, der sie anregen soll, sich ihre Vorstellungen mit Hilfe von Visualisierungen oder Verbalisierungen wie Zeichnungen, Bilder, Beschreibungen usw. zu vergegenwärtigen.

Phase I - Aktivierung, Klärung, Strukturierung: Die Schüler treten in einen Dialog über ihre Präkonzepte mit dem Ziel ein, ihre Vorstellungen zu strukturieren. Dazu können z. B. Zeichnungen an Stellwänden befestigt und präsentiert werden, bis alle Schüler ihre Vorstellungen benannt haben. Die Klasse strukturiert die Vorstellungen, in dem sie Oberbegriffe zur Klassifizierung der Präkonzepte bilden. Der Lehrer nimmt darauf möglichst wenig Einfluss. Ergebnis der Phase I ist eine Reconstruction Map der Schülervorstellungen, die z. B. in einer Mindmap veranschaulicht werden.

Phase II - Exposition: Ziel ist es, bei Schülern Unzufriedenheit auszulösen. Dazu werden ihre Präkonzepte gezielt mit Provokationen in Zweifel gezogen. Dieses konfrontative Vorgehen löst kognitive Konflikte aus, die bewirken sollen, dass die Schüler ihre Präkonzepte in Frage stellen. Die Fragen werden auf der in Phase I erstellten Mindmap festgehalten.

Phase III - Erarbeitung und Rekonstruktion: Aus den Fragen leiten die Schüler Teilaufgaben ab, die sie je nach Art und Umfang etwa in Partner- oder Gruppenarbeit lösen. Die Arbeitsergebnisse werden so aufbereitet, dass sie anderen ihre Ergebnisse präsentieren können. Die Mindmap wird anhand der neuen Erkenntnisse korrigiert. Schüler bauen aktiv neue Konzepte auf, die im fachwissenschaftlichen Sinne richtig sind. Phase III fördert das selbstgesteuerte und das soziale Lernen.

Phase IV - Präsentation und Validierung: Die Schüler stellen ihre fachlichen Konzepte vor und zeigen deren Bedeutung auf. Sie treten gegenüber den anderen als Experten auf, denen sie ihre Lösungen präsentieren. Der sich daran anschließende diskursive Austausch über die gefundenen Lösungen macht die neuen Konzepte einsichtig und plausibel.

Phase V - Interdependenzen: Die einzelnen Arbeitsergebnisse werden zusammengeführt, zu einem komplexen System verbunden und mit der Mindmap von Phase I verglichen. Die Unterschiede werden festgestellt und benannt.

2.4 Ergebnisse der Conceptual Change-Forschung und deren Bedeutung für Lernaufgaben

Die Conceptual Change-Forschung zeigt, wie sehr Präkonzepte in Form von Vorwissen oder grundlegenden Überzeugungen Lernprozesse beeinflussen. Ohne eine angemessene Bewusstmachung und Klärung solcher Konzepte im Rahmen einer Lernaufgabe wird das Unterrichten erheblich erschwert. Die Abhängigkeit des Verstehens von den individuellen Bezugssystemen zeigt, dass die Intentionen des Lehrers bereits auf einer grundlegenden Ebene gelingen oder scheitern können, wenn sie an die Präkonzepte der Schüler anschlussfähig sind oder nicht. Erst wenn Schülervorstellungen zur Sprache kommen, vermag auch ein Lehrer zu erkennen, wie die Lernenden die Inhalte erfassen und bewerten. Die Planung und Gestaltung des Unterrichts sollte dafür eine eigene, zeitlich großzügig bemessene Phase vorsehen. Die hier investierten zeitlichen Ressourcen lohnen sich am Ende, weil Verstehenshindernisse frühzeitig überwunden werden. Auch lassen sich Lerndiagnosen erheblich genauer stellen und die daraus abzuleitenden Lernarrangements präziser auf den Lernbedarf der Schüler zuschneiden.

Für die Analyse der Präkonzepte u. a. im Sachunterricht liegen ausgefeilte Werkzeuge vor, so dass auf wissenschaftlicher Ebene Schülervorstellungen identifiziert und dargestellt werden können. Als Desiderat erweist sich, dass der in der Regel deskriptiv angelegte Ansatz der Forschung noch nicht hinreichend verdeutlicht, wie Veränderungen von Präkonzepten im Unterricht angeregt werden können (Einsiedler, 2002, S. 35). Das deutet m. E. auf das tieferliegende Problem einer geeigneten Theorie der Aneignungsprozesse von Schülern hin (s. u.). Schließlich fehlen vielfach Analysewerkzeuge für die Hand des Leh-

ers, um sich mit vertretbarem Aufwand einen Überblick über die Präkonzepte der Schüler verschaffen zu können.⁶

Eine wichtige Erkenntnis ist, dass die grundlegenden kognitiven Prozesse beim Lernen und Denken bei Kindern und Erwachsenen im Wesentlichen identisch sind. Das ist im Hinblick auf die Gestaltung von Bildungs- und Erziehungsprozessen bereits im Elementarbereich ein bedeutender Befund.

Unübersehbar stößt der Conceptual Change-Ansatz ohne eine angemessene Theorie des Lernens an seine Grenzen. Das zeigt sich an dem selbstkritisch diagnostizierten immer tiefer werdenden Graben zwischen Theorie und Praxis (so Reinders Duit, zit. nach Giest, 2011, S. 82). Das liegt nicht nur an den vor allem deskriptiv angelegten Forschungen zu Schülervorstellungen. Das System 'Unterricht' selbst kommt durch die angewendeten Forschungsmethoden nicht richtig in den Blick, weil die wissenschaftliche Abstraktion das komplexe Geschehen reduktionistisch behandelt. „Dies deshalb, weil weder der zu lehrende und zu erlernende Gegenstand, noch der Aneignungsprozess hinsichtlich ihres Wesens analysiert wurden“ (Giest, 2011, S. 82). Der Rekurs auf den Konstruktivismus hilft hier nicht viel, weil dessen Lerntheorie – sofern sie überhaupt menschliches Lernen abbildet – in gleicher Weise reduktionistisch ist.

3 Das Problemlösen aus Sicht von Kognitivismus und Gestalttheorie

Das Problemlösen ist die Lernform, die für den kompetenzorientierten Unterricht hauptsächlich geeignet ist (Klieme, Funke, Leutner, Reimann, & Wirth, 2001, S. 179f). Die auf Weinert zurückgehende Definition von Kompetenz bezeichnet die Fähigkeit zum Problemlösen als ein zentrales Merkmal von Kompetenz (Weinert, 1999). Das ISB hat in den Vorgaben für die neue Lehrplangeneration LehrplanPLUS dem Problemlösen eine zentrale Rolle im Unterricht zugewiesen. Darin ist es u. a. der KMK gefolgt, die dies bereits für die „Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung für das Fach katholische Religionslehre“ festgelegt hat. Einige der neueren Lehrpläne für den KR haben dies übernommen. Auch in der religionsdidaktischen Diskussion wird auf die Bedeutung des Problemlösens bei der Lösung von Lernaufgaben hingewiesen (Obst, 2008, S. 185; Sajak & Feindt, 2012, S. 90). Das Problemlösen wird als eine der höchsten Formen des Lernens charakterisiert (Porzelt, 2.1013, S. 42). Dagegen äußern manche Lehrer große Vorbehalte: Das reicht von der Ablehnung des Begriffs Problemlösen, weil es im RU nicht nur um soziale oder emotionale Konflikte gehe, bis hin zur Überzeugung, dass Schüler zu „so was“ nur in Ausnahmefällen fähig seien. Anderer Natur ist die Frage, ob sich religiöses Lernen mit Problemlösen hinreichend beschreiben lässt (Englert, 2012, S. 64). Ein weiterer, grundsätzlicher Einwand lautet, dass hinter dem Konzept Problemlösen ein funktionalistisches Verhältnis zur Wirklichkeit stehe. Das Problemlösen wird dabei als ein fiktives „Selbst er-lösen“ entlarvt, denn der Problemlöser bleibt für sich selbst ein unüberwindbares Problem (Schmid, H. , 2014).

Hier wird ein Blick auf die Sache selbst geworfen und es werden m. E. zentrale Theorien des Problemlösens besprochen. Das kann zu einer nüchternen Beurteilung des Konzepts Problemlösen beitragen.

3.1 Zur Geschichte der Problemlöseforschung: Behaviorismus, Gestalttheorie, Kognitivismus

Die Frage, wie Probleme gelöst werden können, ist für die Psychologie seit ihrer Entstehung als selbständiger Wissenschaft im 19. Jahrhundert bis heute immer ein wichtiges Forschungsthema. Es lassen sich drei dominierende Forschungsrichtungen unterscheiden.

Der *Behaviorismus* (Thorndike, Watson, Skinner, Bandura) hat mit der Anwendung empirischer Verfahren auf vorwiegend tierisches Problemlöseverhalten die Erforschung vorangetrieben. Seine versuchsmethodischen und physiologischen Grundannahmen führten ihn zu der These, dass alle Probleme nur blindprobierend gelöst werden können. Ein Organismus variiert seine als elementare Einheiten gedachte Muskelbewegungen (Elementarismus) so lange, bis ein physiologisches Ungleichgewicht behoben und ein

⁶ Dass die Entwicklung eines solchen leicht handhabbaren Werkzeugs möglich ist, zeigt die aus den Forschungsarbeiten von Andreas Feige und Carsten Gennerich für den Berufsschulbereich entwickelte Wertefeldanalyse [Url: [http://vkr-niedersachsen.de/downloads/wertefeldanalyse/ Stand 20.06.2014](http://vkr-niedersachsen.de/downloads/wertefeldanalyse/Stand%2020.06.2014)] (Feige & Gennerich, 2008).

Bedürfnis befriedigt ist. Durch oftmaliges Wiederholen (Assoziation) der zielführenden Verhaltens Elemente entstehen Lösungsstrategien, die das Überleben ermöglichen. Solche erfolgreichen Strategien werden gedächtnismäßig gespeichert und in identischen Situationen reflexhaft wiederholt. Methodisch und systemtheoretisch lehnt der Behaviorismus die Erforschung intrapsychischer Prozesse ab. Der Geist ist ein Epiphänomen basaler Reflexe und eine black box: Der Organismus ist eine lernfähige Reflexmaschine. Die behavioristischen Forscher waren davon überzeugt, dass die von ihnen entdeckten Gesetze des Problemlösens universale Gültigkeit besitzen. Die Forschungsmethode ist empirisch ausgerichtet und empiristisch geprägt: Was nicht empirisch darstellbar ist, gilt als irrelevant für die psychologische Theoriebildung. Bis heute sind sie wichtiger Bestandteil vieler psychologischer und pädagogischer Lehrbücher (Kiesel & Koch, 2012), obwohl ihre äußerst begrenzte Gültigkeit und ihre praktische Irrelevanz gut belegt sind. Der Behaviorismus wird daher nicht weiter besprochen.

Die *Gestalttheorie* (Wertheimer, Köhler, Duncker, Metzger) wendet sich in ihrer qualitativ-empirischen Erforschung des Problemlösens sogenannten komplexen Problemen zu. Das Lösen von Problemen geschieht durch Einsicht in die relevanten Zusammenhänge einer Problemsituation. Es ist in ihren Augen daher immer ein schöpferischer oder produktiver Prozess in der der Mensch alle seine geistigen Kapazitäten und Fähigkeiten, Emotionen und Willenskräfte bündelt, um für sich Neues zu erzeugen (Erstleistung). Die Einsicht wird durch mehr oder minder umfängliche Klärungsprozesse der Struktur der Sachlage erreicht. Dabei werden neue Zusammenhänge entdeckt oder erfunden, bestehende Zusammenhänge neu gewichtet oder sie gehen sogar unter. Schöpferische Prozesse beanspruchen immer den ganzen Menschen und werden von kognitiven, emotionalen, volitionalen aber auch von sozialen Faktoren beeinflusst. Die Gestalttheorie verbindet phänomenologisch-qualitative und empirische Forschungsmethoden. Forschungsgegenstand ist der gesamte Bestand des Psychischen. Psychologische Forschung muss vom phänomenal Gegebenen ausgehen und darf keine psychischen Inhalte auf Grund forschungsmethodischer Prämissen ausschließen (Metzger, 1999, S. 53f). Unbeschadet dessen, dass derzeit viele Psychologen die Gestalttheoretiker als Vorläufer ausgeben, spielt deren Grundidee von der ganzheitlichen Funktionsweise des Psychischen im psychologischen Mainstream nur eine untergeordnete Rolle. Auf Grund ihrer eminenten Bedeutung für schöpferische Prozesse soll die Gestalttheorie hier besprochen werden.

Der *Kognitivismus* (Shannon, Simon, Newell, Miller, Klix, Funke) erklärt das Problemlösen als einen Prozess der intrapsychischen Informationsverarbeitung (Spada & Lüer, 1990; Solso, 2005; Spada & Wichmann, 1996). Es gibt angeborene Schemata, die die Verhaltenssteuerung in verschiedenen ähnlichen Situationen erlauben. Schemata können mittels Problemlösen zu kognitiven Repräsentationen erweitert werden, die begriffliches Wissen und verfahrensbezogene Inhalte in zusammenhängenden Konzepten vereinen. Diese Schemata enthalten grundlegende Strukturen konkreter Situationen und können daher auf verschiedene, aber gleichartige Gegebenheiten angewendet werden. Die daran beteiligten kognitiven Prozesse sind als Regelkreise modellierbar und können in den Termen der Informationsverarbeitung beschrieben werden. Informationsverarbeitungsprozesse basieren auf Regeln und Symbolen, die mittels der Regeln verknüpft werden können (z. B. Formeln und Zahlen). Problemlösen bedeutet ein bereits bekanntes Lösungsverfahren (Algorithmus) auf eine problemhaltige Situation anzuwenden. Falls dieser Algorithmus versagt, wird mittels Suchstrategien (Heuristiken) ein neues Lösungsverfahren gesucht. Solche Suchstrategien dienen entweder dazu, bereits andere bekannte Lösungsverfahren zu finden und zu übernehmen oder durch Probieren eine Lösung zu finden. Der kognitivistische Ansatz ist geprägt von der empirischen Erforschung psychischer Prozesse und deren computationalen Modellierung. Gemeint ist damit die mathematische Modellierung von Bestandteilen des neuronalen Systems, deren Funktionsweise psychische Prozesse wie Denken und Lernen determiniert (Sommerfeld, 2009).

3.2 Die Gestalttheorie: Problemlösen als schöpferisches Denken

Die gestalttheoretische Forschung zum Problemlösen geht insbesondere auf die Forschungsarbeiten von Max Wertheimer, Wolfgang Köhler, Karl Duncker, Wolfgang Metzger und Hans Fillbrandt zurück. Das wesentliche Interesse der Gestalttheorie kreist um die Frage: „Was geht vor sich, wenn irgendwann das Denken wirklich fruchtbar ist? Was geschieht, wenn das Denken irgendwann wirklich vorwärts dringt? Was geht recht eigentlich vor bei solchem Prozess (Wertheimer, 2.1964, S. 1)?“

Für die Gestalttheorie baut sich das Psychische aus Ganzen oder Gestalten auf und nicht nur aus Elementen (Köhler, 1971; Metzger, 3.1976; Metzger, 1999). Der Aufbau und die Struktur einer Gestalt werden durch ein Prinzip bestimmt, das den inneren Zusammenhang der Teile organisiert. Solche Gestalten bestimmen in allen Bereichen die Welt des Menschen, seien es Musikstücke, Bilder, Gedanken, Bücher, Geometrieaufgaben, Gebäude, Bäume, Verlaufsgestalten wie Gottesdienste, Theaterstücke, Spiele usw. Das meiste, was wir wahrnehmen, erleben und denken, sind Gestalten. Ganze sind aus Teilen aufgebaut wie ein Musikstück aus Noten, Rhythmen usw., die miteinander in einem Realzusammenhang stehen, also eine Struktur bilden. Diese wird als Melodie bzw. Gesamtcharakter des Musikstückes wahrgenommen. Gestalten unterliegen einem Aufbauprinzip, das die Anordnung und das Zueinander der Teile bestimmt. Im optimalen Falle ist eine Gestalt prägnant, besitzt also eine möglichst klare, einfache, durchsichtige Ordnung. Eine Grundfunktion des Denkens ist, das Ganze, seine Teile und ihre Zusammenhänge und das zugrundeliegende Prinzip zu verstehen, also zu wissen, warum etwas ist. Aus gestalttheoretischer Sicht ist das Verstehen ein individuelles Verhältnis zwischen Person und Sache.

Was geschieht, wenn die Auffassung einer Situation unzureichend ist, also das Ganze selbst, seine Teile oder ihre Zusammenhänge nicht wirklich erfasst werden, also eine unprägnante Gestalt vorliegt? Eine unprägnante Gestalt wird als Problem erlebt, wenn das Denken ein Ziel hat und nicht weiß, wie es das erreichen kann. Ein Problem besteht, wenn nicht alle relevanten Beziehungen oder Teile erfasst worden sind. Ein Problem zu lösen heißt, alle wesentlichen Beziehungen und Teile in Bezug auf ein Ziel zu erfassen und zu wissen, warum sie bedeutsam sind. Das wird als ein Prozess des Übergangs von einer unklaren in eine klare Sachlage erlebt. Ein solcher Prozess heißt schöpferisch oder produktiv, weil er das Entdecken oder Erfinden neuer Strukturen bedeutet.⁷ Aus gestalttheoretischer Sicht ist daher das Problemlösen ein Prozess, in dem eine Person im Hinblick auf a) ihre eigenen Ziele, Pläne und Absichten oder b) auf die Anforderungen der Sache, die sie nicht zu erfüllen vermag, strukturelle Zusammenhänge entdeckt oder erzeugt, die es ihr ermöglichen, das Gewollte oder Geforderte zu erreichen. Aus gestalttheoretischer Sicht ist das Problemlösen ein komplexer Prozess, bei dem sich Inhalte und Zusammenhänge mehr oder weniger umfassend verändern können. Deshalb lassen sich Problemlöseprozesse nicht allein auf logische Operationen reduzieren. Logisches Schließen untersucht die Gültigkeit von Argumenten unabhängig vom Inhalt einer Aussage (Intension). Menschliches Denken operiert normalerweise immer mit inhaltlichen Zusammenhängen. Die Beziehungen zwischen Inhalten lassen sich auch nicht allein mit logischen Operatoren (und, oder, nicht) und Begriffen ausdrücken insbesondere dann, wenn es um zielbezogene (teleologische) Vorgänge geht.

3.2.1 Ziel / Aufgabe, Material und Lösungsablauf als Faktoren beim Problemlösen

Was geschieht beim schöpferischen Denken und Lernen. Schöpferisches Lernen läuft in einem Feld an, das aus drei Faktoren besteht:

1. das *Ziel* und die *Aufgabe*: Ziel ist, was man erkennen, erreichen, wissen oder verwirklichen will. Die Aufgabe oder das Aufgabenspektrum sind die aus dem Ziel abgeleiteten Forderungen, die aufzeigen, was zu tun ist, um das Ziel zu erreichen.
2. das *Material*: Material ist alles, was Gegenstand (Objekt) des Tuns aufgrund der Forderungen der Aufgabe werden muss.
3. der *Lösungsablauf*: Beim Lösungsablauf werden Inhalt und Abfolge der einzelnen Lösungsschritte geplant, realisiert und mit der Aufgabe abgeglichen.

Zentral für das produktive Denken ist seine aufgaben(ziel)- und problembezogene Arbeitsweise. Es bewegt sich *nichtlinear* und *dynamisch* zwischen Aufgabe, Material und Lösungsablauf hin und her. Das Denken schreitet von oben nach unten, von der Klärung der Aufgabe, des Materials und des Lösungsablaufs die einzelnen Stufen bis zur Lösung hinab. Aber auf jeder Stufe kann sich ein Problem auftun: Das Verständnis der Aufgabe, des Materials oder des Lösungsablaufs kann unzureichend sein. Dann wechselt das Denken nach oben zur Aufgabe zurück und versucht unter erneuter Abklärung ihrer Forderungen,

⁷ Aus gestalttheoretischer Sicht sind schöpferisches Denken und Lernen gleichzusetzen. Der Unterschied besteht nur darin, dass beim schöpferischen Lernen die Lösungen bereits Kulturgut, aber dem einzelnen Schüler noch nicht bekannt sind. Er steht für sich vor der gleichen Frage wie ein Denker, der ein Problem erstmals in der Menschheitsgeschichte löst.

das Problem zu bewältigen. Das Denken verändert so beim Lösen von Problemen häufig die Richtung, um die Forderungen der Aufgabe an das Material, die Eigenschaften der Mittel und Verfahren sowie den Ablauf des Lösungsprozesses wiederholt zu kontrollieren.

3.2.2 Operationen des Denkens und heuristische Methoden

Beim einsichtigen Lernen vollziehen sich strukturelle Änderungen am Gegebenen. Diese heißen Operationen des Denkens und sind phänomenale Eigenbewegungen der Sache, die vom Denkenden im Allgemeinen nicht machbar sind (Wertheimer, 2.1964, S. 224f). Zu den strukturellen Operationen zählen u. a.:

- *Zentrierung/Umzentrierung*: *Zentrierung* bezeichnet die Auffassung einer Gesamtlage nach bestimmten Schwerpunkten. Bei der *Umzentrierung* wird die Sachlage unter einem neuen Gesichtspunkt ins Auge gefasst. Psychologisch gesehen sind auch religiöse oder philosophische Entdeckungen oft *Umzentrierungen*. Die Bekehrung des Paulus ist ein Beispiel für eine *Umzentrierung* von der Gesetzesfrömmigkeit zur Erkenntnis der Gnade Gottes. Ebenso ist das Funderlebnis von Descartes eine *Umzentrierung*. Hier vollzieht sich der Wechsel vom grundlegenden Zweifel an der Erkenntnis zu deren methodischer Sicherung.
- *Funktionswechsel*: Die Stelle und die Rolle der Teile werden vom Ganzen her definiert. Entsprechend üben sie im Ganzen für das Ganze bestimmte Funktionen aus. Das Zeichen I hat im Bezugssystem der römischen Zahlenreihe I, II, III usw. eine andere Funktion als im Alphabet (... H, I, J ...). Gehen Teile in ein neues Ganzes ein, übernehmen sie oftmals völlig neue Funktionen, die sie nur innerhalb dieses Ganzen haben. Das *Umfunktionieren* findet sich in unterschiedlichsten Bereichen: z. B. beim Gebrauch eines Buches als Briefbeschwerer, beim Wort *persona* vom bühnentechnischen (Maske) zum philosophischen *terminus technicus* (Person).

Neben den vom Lernenden nicht machbaren, ihm zufallenden Veränderungen am Gegebenen, gibt es eine aktive Vorbereitung auf solche Veränderungen (Metzger, 2.1962, S. 95). Dieser Vorbereitung dienen sogenannte 'heuristische Methoden' (Duncker, 2.1966). Sie fördern das Aufhellen von Hindernissen, die sich bei der Aufgabe, dem Material und dem Lösungsablauf stellen können. Duncker unterscheidet zwei Hauptschritte: die *Zielanalyse* und die *Situationsanalyse*. Die *Situationsanalyse* zerfällt in die Teilschritte der Klärung des Konflikts, des Materials und des Lösungsablaufs: Die *Zielanalyse* dient der Klärung der Aufgabe. Die *Situationsanalyse* umfasst die *Konflikt-*, die *Material-* und die *Verfahrensanalyse*. Für das Finden einer Lösung ist die Frage, warum es eigentlich nicht geht, wesentlich (*Konfliktanalyse*).

Die *Materialanalyse* fragt nach allem Material, was zur Lösung dienen kann und nach seiner aufgabenbezogenen Verfügbarkeit. Die *Verfahrensanalyse* dient der Klärung des Lösungsablaufs und fragt, wie die einzelnen Lösungsschritte sinnvoll angeordnet werden müssen. Grundsätzlich sollten diese oder vergleichbare heuristische Methoden mit den Schülern von Anfang an eingeübt werden.

3.2.3 Folgerungen für Lernaufgaben: Die Qualität der Unterrichtsprozesse für das Problemlösen fördern

Für das Problemlösen ist die Qualität der Unterrichtsprozesse entscheidend. Sie sind hinsichtlich ihrer Unterstützung der Problemlösungsprozesse der Schüler zu überprüfen. Deshalb richten sich die Vorschläge darauf, nach welchen Kriterien der Unterrichtsverlauf zu gestalten ist.

3.2.3.1 Die zentrale Funktion des Aufgabenverständnisses für das zielbezogene Steuern des Lernens

Das Aufgabenverständnis ist das A und O jeder Lektion. Denn einsichtiges Lernen organisiert sich vom Aufgabenverständnis her. Erst wenn Schüler den Sinn einer Aufgabe begriffen haben, können sie selbständig und zielgerichtet arbeiten. Das Entdecken und Analysieren einer Aufgabe erfordert oft die längste Zeit im Unterricht. Eine der anspruchsvollsten Anforderungen an die Organisation des Unterrichts ist es, die Sachlage so zu gestalten, dass Schüler darin für sich eine Aufgabe entdecken können. Dazu ist eine

unprägnante Sachlage zu entwickeln, die für den Schüler Probleme aufwirft, weil er die Unklarheit nicht sofort durchschauen kann. Eine solche kognitive Dissonanz ergibt sich oftmals in Situationen, über die ein Schüler staunen kann.

Wie kann Staunen angeregt werden? Der Geist staunt, wenn er den Grund des aktuellen Gegebenseins mindestens zweier Ganzer nicht erfasst und dann die Ursache dafür suchen will. Staunen basiert auf dem kognitiven Prozess des Vergleichens. Die didaktische Organisation kann Vergleiche durch die Schaffung strukturierter Situationen anstoßen. Derartige strukturierte Situationen umfassen Inhalte, die anscheinend unvereinbar sind, oder die von eigenen Zielen, Erfahrungen, Konzepten oder Wünschen deutlich abweichen. Eine solche Struktur wirkt unprägnant, weil sie scheinbar Unstimmiges, Lückenhaftes, Unvollständiges, Überflüssiges, Unzusammenhängendes oder Sachfremdes enthält. Der Geist geht diesen Wechselwirkungen, Abhängigkeiten und Einflüssen innerhalb einer Situation nach, weil er sich Klarheit verschaffen will.

Klassisches Beispiel für das Staunenlassen durch Vergleiche sind die sokratischen Dialoge, die den Gesprächspartner immer in eine Problemsituation führen (Nelson, 2.1996; Martens, 2003). Aus dem Bereich der Naturwissenschaften ist hier vor allem das genetische Lernen von Martin Wagenschein zu nennen (Wagenschein, 2.1999). Schließlich sind auch die neutestamentlichen Gleichnisse strukturell betrachtet immer Vergleichssituationen, die den Hörer in die Situation einbeziehen, indem sie ihn zum Nachdenken und Urteilen anregen.

Die Klarstellung der Aufgabe und die Konkretisierung in einer Aufgabenstellung erfordern langes und gründliches Nachdenken, bei dem Schüler aufdecken, was sie wissen wollen, was sie noch nicht wissen und welche Probleme bestehen. In der Formulierung einer klaren Aufgabe (der sogenannten 'sitzenden Frage') zeigt sich, dass die Schüler zur Erkenntnis des Problems gelangt sind. Der zeitliche Freiraum für das Finden und Klären einer Aufgabe ist großzügig zu bemessen, damit sich Schüler gedanklich auf ihr Ziel einpendeln können. Sie formulieren dann ihre Aufgabe selbständig. So werden ihre Fragen zum Inhalt des Unterrichts und ihr geistiger Zugang zum Aufgabenfeld sichtbar.

3.2.3.2 Die Beschaffung des Materials als Kennzeichen geistiger Selbständigkeit

Haben Schüler eine Aufgabe formuliert, müssen sie überlegen, welches Material zur Lösung der Aufgabe tauglich ist. Material sind alle Inhalte, auf die sich die Forderungen einer Aufgabe erstrecken und die zur Lösung der Aufgabe dienen können. Ebenso wie die Aufgabe kann das Material eindeutig gegeben sein, aber auch sehr verschwommen. Alle Stufen der Klarheit der Aufgabe können mit allen Stufen der Klarheit des Materials kombiniert sein: Von der richtig verstandenen Aufgabe, die sich auf bekanntes Material bezieht, bis zu einer eher allgemeinen Aufgabenstellung, die sich auf eine in Umrissen erfasste Situation richtet. Durch das selbständige Auswählen und Herbeibringen des Materials üben Schüler, sich mit Sinn und Struktur des Materials zu befassen und so dessen Aufbau zu klären. Der sachliche Gehalt des Materials muss ihren Erfahrungs- und Denkmöglichkeiten entsprechen. Eine Aufgabe entfaltet ihre dynamischen Wirkungen zumeist an wirklichkeitsnahem Material. Für Schüler lohnen meist nur realistische Situationen das Nachdenken, weil sich ihr Bemühen dann auf für sie bedeutungsvolle Sachverhalte bezieht. Material, das dem Alltag entstammt, vereinfacht die Strukturierungstätigkeit. Seine Anschaulichkeit erleichtert das sichere Erfassen des Sinnes und der Struktur des Materials wesentlich. Schüler können bei wirklichkeitsnahen Situationen eher einschätzen, welche Veränderungen sich durch die Erfüllung der Forderungen der Aufgabe ergeben könnten.

3.2.3.3 Die Planung des Lösungsablaufs als Nagelprobe der Einsicht

Die Organisation des Lösungsablaufs ist für Schüler eine anspruchsvolle Aufgabe. Sie planen die Realisierung der angestrebten Lösung, setzen den Plan in die Tat um und gleichen das Ergebnis mit der Aufgabenstellung ab. Können sie hier mitreden, bleibt vom Unterricht nichts übrig, was in seiner Notwendigkeit nicht erkannt wäre. Dann ist der Lernprozess für die Schüler transparent, also einsichtig: Sie wissen, warum die einzelnen Schritte gegangen werden müssen. In vielen didaktischen Modellen wird die Organisation des Lösungsablaufs durch Schüler so gut wie nie beachtet, sondern durchweg vorgegeben. Schüler verstehen den Sinn der Unterrichtsschritte deshalb meist nicht und können nur vermuten, warum

der Lehrer etwas Bestimmtes tut oder sagt. Der Ablauf der Stunde erscheint ihnen dann wie ein Mausefallenbeweis, bei dem am Schluss nur das als Ergebnis herauskommt, was dem Lehrer passt.

Den Abschluss einer Unterrichtseinheit bildet häufig die eigenständige Analyse eines konkreten Falls. Daran lässt sich der Lernfortschritt eines Schülers ablesen. Wie strukturiert er die Sachlage? Erfasst er das Prinzip der Sache? Kann er Wichtiges von Unwichtigem unterscheiden? Welche Zusammenhänge erkennt er, welche nicht? Welche Probleme erfasst er, welche Lösungen schlägt er dafür vor? Kann er Gelerntes auf eine neue Situation übertragen? Das erlaubt, die Leistung eines Schülers differenzierter und individueller zu beurteilen, als es durch Schulaufgaben möglich ist, die allein die Gedächtnisleistung testen.

3.2.4 Vorschläge für den kompetenzorientierten Unterricht und das Erstellen von Lernaufgaben

Die Gestalttheorie begreift das Problemlösen als einen schöpferischen Prozess, bei dem der einzelne für sich Neues erkennt. Schöpferisches Denken und Lernen ist ein zielbezogener Prozess, der in einer unprägnanten, problemhaltigen Situation anläuft und durch das Entdecken oder Erfinden relevanter Beziehungen in eine prägnante Sachlage umwandelt. Für die Entwicklung von Lernaufgaben ergeben sich daraus vor allem folgende Anforderungen:

1. Die Lernaufgabe sollte für den Schüler ein echtes Problem enthalten. Erst der taugliche Einstieg schafft überhaupt einen Anreiz zum Mitdenken. Das ist am ehesten gewährleistet, wenn die Lernaufgabe einen Vergleich anregt und ermöglicht. Je nach Schülerschaft ist ein unterschiedlicher Grad der Konkretion notwendig. Dabei sind das Alter und vor allem die Vertrautheit mit dem Sachverhalt zu berücksichtigen.
2. Wesentlich für das Lösen eines Problems ist die Klärung der drei Pole Aufgabe, Material und Lösungsablauf. Die Klärung der Aufgabe ist zentral, weil sie dem Denken ein Ziel vorgibt. Einerseits gehört es zur Vorbereitung des Lehrers, das Ziel einer Lernaufgabe für sich prägnant zu formulieren. Andererseits ist es maßgeblich für das Gelingen des Unterrichts, dass die Schüler selbst das Ziel formulieren können.
2. Lernaufgaben dürfen nicht auf künstliche Lernsituationen reduziert werden. Probleme können in allen möglichen Formen auftreten. Es ist für das Anspringen des Denkens sogar eher hinderlich, wenn eine Lernsituation künstlich und an den Haaren herbeigezogen wirkt. Die Lebensnähe (d. h., auch die Übersetzung theologischer Themen wie das der Trinität in grundlegende Lebensfragen) ist ein probates Mittel, erkünstelte Lernsituationen zu vermeiden.
3. Kompetenzorientiertes Problemlösen verläuft niemals linear. Der Unterricht muss daher Umwege und Fehler der Schüler zulassen und als Lösungsversuche akzeptieren. Generell wäre es sachangemessener von Hypothesen statt von Fehlern zu sprechen.
4. Der Unterricht muss ausreichende zeitliche Freiräume für das Einspielen des Denkens auf den Sachverhalt zulassen. Die individuelle Begegnung, das geistige In-Kontakt- und In-Fühlung-Treten mit der Sache, ist wesentlich für das Begreifen.

3.3 Der Kognitivismus: Problemlösen als Anwenden von Algorithmen

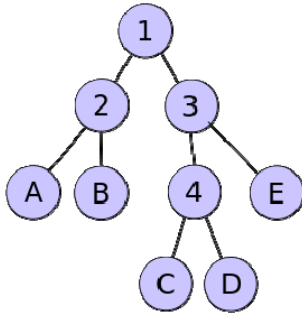
Derzeit ist die denkpsychologische Erforschung des Problemlösens vom Kognitivismus geprägt (Solso, 2005, S. 24f). Im Kognitivismus bündeln sich die Informationstheorie als Theorie der mathematischen Beschreibung von Informationsverarbeitungs- und Übertragungsprozessen, die Kybernetik als Theorie von der teleonomen Regelung und Steuerung von Systemen und der Forschungen zur Künstlichen Intelligenz als Modell der maschinellen Simulation kognitiver Prozesse. Der Kognitivismus versteht sich als Überwinder des Behaviorismus - er will Licht in die black box bringen unter Beibehaltung des an den Naturwissenschaften entwickelten Forschungsparadigmas für die Psychologie. Die entscheidende Veränderung gegenüber dem Behaviorismus besteht darin, mentale Prozesse wie Denken, Lernen oder Wissen als informationsverarbeitendes System darzustellen und eine wesentliche Eigenschaft des menschlichen Geistes, seine Zielbestimmtheit (Telelogie), technisch durch einen Regelkreis zu simulieren (Teleonomie).

Die besondere Attraktivität der kognitiven Wende speist sich daraus, menschliches Denken und Handeln naturwissenschaftlich abzubilden und der streng empirischen Untersuchung zugänglich zu machen.

3.3.1 „System“ und „Regelkreis“ als zentrale Kategorien des Kognitivismus

Die zentralen Begriffe der Kybernetik sind „System“ und „Regelkreis“.

- System bezeichnet das geordnete Zusammen materieller oder nichtmaterieller Objekte. Diese Objekte sind durch Relationen miteinander verknüpft.
- Im Regelkreis wird ein Ist-Wert durch einen Regler an einen Soll-Wert angeglichen. Dabei kann der Ist-Wert z. B. durch Störungen von außerhalb eines Systems in einem vorab definierten Rahmen affiziert und verändert werden. Die Abweichung des Ist-Wertes vom Sollwert führt zu Operationen des Systems, die den Unterschied des Ist-Wertes zum Soll-Wert aufheben sollen. Ist der Weg eines Systems nicht prognostizierbar, heißt es nichttrivial. Ein triviales System, z. B. eine einfache Maschine, erreicht ihr Ziel auf triviale Weise, auf einem vorhersagbaren Weg.



Das Verhalten eines regelkreisgesteuerten Systems hängt vollständig von dessen interner Struktur ab (geschlossenes System). Alle Prozesse innerhalb solcher Systeme sind mathematisch berechenbar und ingenieurtechnisch realisierbar. Voraussetzung dafür sind maschinale Einrichtungen, die sich in mathematischer Symbolsprache beschreiben lassen. Beispiel dafür sind Computer, deren Steuerung aus einem binären Entscheidungsprozess zwischen Elementen eines Signalvorrats bestehen. Dabei sind die Elemente auf einem Code-Baum angeordnet, so dass die Anzahl der Binärentscheidungen berechenbar wird. Dieser Code-Baum und die Operationen sind in einem Speicher abgelegt. Er enthält die Gesamtheit aller möglichen Zustände des

Systems. Für die kognitionspsychologische Forschung ist es eine zentrale Aufgabe, die Basisprozesse menschlicher Informationsverarbeitung empirisch zu ermitteln, indem Psychologie und Mathematik miteinander in Wechselbeziehung gesetzt werden (Sommerfeld, 2009, S. 94). Demnach werden nur mathematisch abbildbare, also logische Operationen in den Blick genommen.

3.3.2 Analytische und komplexe Probleme und ihre Bewältigung durch Experten

Binäre Entscheidungsprozesse entsprechen im Bereich des Denkens logischen Operationen. Daher kann auch Denken als ein Steuerungsprozess eines kybernetischen Systems verstanden werden. Grundsätzlich ist das Lösen von Problemen die Suche von Lösungsverfahren in einem Problemraum. Der Problemraum ist die Gesamtheit aller möglichen Verfahren, um von einem Ausgangszustand, hier von einem Problem, zu dessen Lösung zu gelangen (Schmid & Funke, 2013, S. 337). Menschliches Denken ist ein logischer Such- und Entscheidungsprozess, der die Information, die das Erreichen eines Ziels ermöglicht, sucht und findet bzw. bereitstellt. Dazu besitzt der Mensch Speicher (Gedächtnis), in denen er die verschiedenen Komponenten zur Zielerreichung (z. B. Operationen, Wissensinhalte) ablegt. Sind diese Informationen gespeichert und weiß der Mensch, wo er sie findet, erreicht er das Ziel mühelos. Man spricht von einer Aufgabe, einem *analytischen* oder *geschlossenen* Problem (Schmid & Funke, 2013, S. 342; Leutner, Fleischer, Wirth, Greiff, & Funke, 2012, S. 35f). Je mehr Informationen im Speicher abgelegt sind und je besser die Suchstrategien nach Informationen sind, d. h., je mehr Vorwissen ein Mensch besitzt, desto mehr Aufgaben kann und desto weniger Probleme muss er lösen. Für den Kognitivismus sind die zentralen Fragen, die nach dem Aufbau des Gedächtnisses, der Speicherung der Informationen und die nach dem Auffinden von Informationen.

Müssen die Informationen gesucht oder erzeugt werden, löst der Mensch ein *komplexes Problem* (Wirth & Funke, 2005, S. 55). Das Lösen eines Problems besteht in Suche und Neukombination von Informationen, die logischen Gesetzen folgt. Die richtigen Informationen werden aus den vielen Informationen und deren Kombinationsmöglichkeiten herausgefiltert und durch Bewertung auf ihre Tauglichkeit für die Zielerreichung ausgewählt.

Wie kann die Suche in einem faktisch unendlichen Problemraum so durchgeführt werden, dass in einer vertretbaren Zeit eine Lösung gefunden wird? Weil alle Lösungen bereits im Problemraum auf Grund der dort vorhandenen Informationen und Operationen vorliegen und keine Erstleistungen im Sinne der Gestalttheorie notwendig sind, sind die Suchstrategien entscheidend für ein erfolgreiches Problemlösen. Die

kognitivistische Expertiseforschung analysiert dazu die unterschiedlichen Verhaltensweisen von Experten und Novizen (Funke & Zumbach, 2006, S. 212f). Die Operationen erfolgreicher Problemlöser dienen Novizen als Vorlage und Handlungsmuster. Die Expertiseforschung hat z. B. in den Bereichen Schach, Medizin, Fußballspielen, Musizieren oder Fliegen untersucht, was den Meister ausmacht. Sie dient auch der Professionalisierung des Lehrerhandelns (König, 2010).

Charakteristisch für Experten sind u. a.:

- Experten besitzen eine breite Wissensbasis. Bei Problemen können sie auf ein umfangreiches Fakten- und Zusammenhangswissen zurückgreifen (Solso, 2005, S. 176f).
- Experten erfassen rasch die Charakteristika einer Situation, weil sie domänenspezifisches Wissen besitzen. Ein wesentlicher Bestandteil sind Problemlösestrategien, die hier erfolgreich verwendet worden sind. „Problemlösen besteht bei Experten eigentlich nur noch in der Auswahl eines Lösungsschemas, dessen Anpassung an die gegebene Situation und schließlich in der Ausführung der Problemlösung“ (Funke & Zumbach, 2006, S. 209). Mit anderen Worten: Sie wissen die Lösung bereits und müssen sie nur für die gegebene Situation modifizieren.
- Experten verarbeiten gleichzeitig mehr Informationen, indem sie die Einzelinformationen zu übergeordneten Sinneinheiten verknüpfen (chunking).
- Experten nutzen Metakognition. Sie kontrollieren und bewerten ihre Lösungsverfahren ausführlich.
- Experten können situationsbezogene Informationen besser generalisieren und zu allgemeinen Konzepten zusammenfassen.

3.3.3 Expertise als Merkmal guter Problemlösefähigkeit

Die Expertiseforschung hat Operationen erfolgreicher Problemlöser gesammelt und systematisiert (Funke & Zumbach, 2006, S. 212). Die Tabelle belegt, wie die kognitive Psychologie sich dem Problemlösen durch die Beschreibung manifesten Handelns annähert. Es ist nicht immer erkennbar, ob diese Verläufe für das richtige Lösen von Problemen spezifisch sind. Zweifelhaft erscheint beispielsweise, ob es an der Akkuratessse liegt, eine richtige Lösung hervorzubringen. Trotzdem kann die kognitive Psychologie wichtige Hinweise zur Entwicklung der Problemlösefähigkeit geben. Diese sind bei der Lösung von Lernaufgaben hilfreich. Man unterscheidet Verfahren zur direkten und zur indirekten Förderung (Funke & Zumbach, 2006, S. 213ff).

1.	Sie investieren Zeit in das Sammeln von Informationen und das Eingrenzen eines Problems.
2.	Sie gehen sowohl algorithmisch als auch heuristisch an Probleme heran.
3.	Sie überwachen ihren eigenen Problemlöseprozess und reflektieren die Effektivität der eingesetzten Methoden.
4.	Sie legen eher Wert auf Akkuratessse als auf Geschwindigkeit.
5.	Sie nutzen externe Repräsentationsformen (z. B. Stift und Papier) beim Problemlösen.
6.	Sie sind organisiert und systematisieren Informationen.
7.	Sie sind flexibel und halten sich verschiedene Handlungsoptionen offen bzw. betrachten ein Problem aus verschiedenen Perspektiven.
8.	Sie ziehen Hintergrundwissen hinzu und setzen dieses Wissen kritisch zur Beurteilung eines Problems und dessen Lösung ein.
9.	Sie gehen gerne auf mehrdeutige Situationen ein, werden durch Abwechslung erfreut und können gut mit Stress umgehen.
10.	Sie wählen eher einen übergreifenden Lösungsansatz für ein Problem anstatt verschiedene einzelne Lösungsansätze zusammenzuschustern.

Tab. 1: Merkmale guter Problemlöser (Funke & Zumbach, 2006, S. 212)

3.3.4 Direkte Förderansätze: Scaffolding – Coaching – Lautes Denken – Lernen mit Lösungsbeispielen

Beim *Scaffolding* (Gerüst) werden allgemein übliche, beim Problemlösen bewährte Verfahrensschritte in systematischer Folge antrainiert. Das hier exemplarisch aufgeführte Verfahren enthält eine Mischung aus motivationalen, heuristischen und organisatorischen Schritten für das Problemlösen.

1. Motivation: Ich kann es schaffen, ich möchte es schaffen.
2. Problemeingrenzung: Trage möglichst alle Informationen zum Problem zusammen, greife das Problem auf, suche die wesentlichen Informationen, bestimme Einschränkungen und Grenzen, definiere Kriterien für die Problemlösung.
3. Erkunde das Problem: Bestimme den Zielzustand, bestimme involvierte Sachverhalte.
4. Plane den Lösungsweg: Entwickle einen Plan, identifiziere Teilprobleme, wähle eine angemessene Theorie oder Prinzipien, bestimme zusätzlich benötigte Informationen.
5. Setze den Plan um.
6. Überprüfe die Lösung.
7. Evaluation und Reflexion: Ist meine Lösung stimmig und sinnvoll, sind meine Vermutungen angemessen gewesen, gibt es Abweichungen?

Tab. 2: Stufenmodell des Problemlösens nach Mourtos (zit. nach (Funke & Zumbach, 2006, S. 213)

Solche Verfahren erweisen sich domänenspezifisch als erfolgreich. Insbesondere fördern sie den Transfer von der Unterrichtssituation in den Alltag. Scaffolding ist immer inhaltspezifisch und kann nur in Bezug auf einen Fachbereich vermittelt werden.

Das *Coaching* ist eine Form der direktiven Lernunterstützung. Dem Problemlöser werden z. B. durch gezielte Fragen Hinweise zum Stand und zur Richtung des Prozesses gegeben. Das kann dem Novizen helfen, Denkblockaden zu überwinden und einen neuen Blick auf die Sachlage zu gewinnen. Die Hinweise zum Problemlösen orientieren sich im Wesentlichen an den Modellen zum heuristischen Fragen, wie sie z. B. Duncker oder Polya entwickelt haben (Polya, 3.1980; Duncker, 2.1966). Experten können etwa fragen: „Welche Informationen kann ich der Aufgabenstellung entnehmen?“, „Was weiß ich bereits dazu und was ist davon besonders wichtig?“. Das Trainieren der Problemlösefähigkeit mit solchen Fragen erweist sich als besonders effektiv für das eigenständige Arbeiten.

Das *Laute Denken* dient dem Verbalisieren der einzelnen Schritte beim Lösen einer Aufgabe (Völzke, 2012). Durch das Verbalisieren gewinnt der Problemlöser Übersicht über seine einzelnen Verfahrensschritte und ist angehalten, sie auf ihre Bedeutung für den Lösungsprozess zu prüfen und zu bewerten. In gleicher Weise kann lautes Denken das Verstehen von Texten bzw. das Erfassen von Verständnislücken erheblich erleichtern. Dabei kommt es offenbar zu kognitiven Konflikten, die den Lernenden dazu zwingen, sein Vorverständnis anzupassen.

Das *Lernen mit Lösungsbeispielen* ist ein Sonderfall des Lernens am Modell (Renkl & Schworm, 2002). Dem Novizen werden Problemlöseverfahren durch einen Musterfall vorgeführt. Zu unterscheiden sind dabei vollständige und unvollständige Lösungsverfahren. Bei einem vollständigen Lösungsverfahren weist die Musterlösung keine Lücken auf, bei einem unvollständigen Verfahren dienen Lücken dazu, Erklärungen zu suchen und damit das Verständnis für den Lösungsprozess zu ermitteln. Dabei kann sich der Experte immer weiter aus dem Prozess zurückziehen.

3.3.5 Indirekte Förderansätze: Anchored Instruction – Cognitive Apprenticeship

Die indirekte Förderung schult die Problemlösefähigkeit vermittelt der Lernumgebung. Lernaufgaben, die ein problembasiertes Vorgehen verlangen, fördern neben dem domänenspezifischen Wissenserwerb auch das Problemlösen. Sie eignen sich besonders für den Einsatz in der Schule.

Das *Anchored Instruction-Modell* belegt, dass Lernen vor allem in wirklichkeitsbedeutsamen Lernumgebungen zu lebendigem Wissen führt. Das insbesondere im naturwissenschaftlichen und dem Mathematikunterricht verwendete Verfahren führt Schüler in eine konkrete Problemsituation ein, zu deren Lösung z. B. mathematische Verfahren notwendig sind. Dazu wird in der Regel ein Video eingesetzt, das ein Problem enthält, das das Interesse der Schüler weckt. Die Handlung im Video endet, bevor das Problem genau definiert und die Lösungssuche beginnt. Das Fallbeispiel ist der Anker für ihr Interesse und fordert nun die Schüler dazu auf, das Problem zu finden, es zu formulieren und zu lösen. Dabei soll das zugrundeliegende, allgemeingültige Lösungsverfahren entdeckt werden. Anschließend übertragen die Schüler die Lösungsregel auf weitere Alltagsprobleme. Durch eine solche situative Verankerung erhofft man sich eine gesteigerte Motivation und eine verbesserte Identifikation, so dass die Lernenden eher geneigt sind, sich mit Problemen zu befassen. Dieses erzählende Herangehen an Probleme ist ein bewährtes Verfahren, zumal eine Problemlage dann für Schüler anschaulich werden kann.

Der *Cognitive Apprenticeship-Ansatz* ist dem Meister-Lehrling-Verfahren nachgebildet. Es handelt sich um eine direktive (instruktionale) Methode, die sich als ein Vormachen-Nachmachen charakterisieren lässt. Ähnlich wie im Anchored Instruction-Modell setzt man hier auf wirklichkeitsnahe, authentische Lernsituationen, in denen der Meister seine kognitiven Prozesse beobachtbar machen soll. Der Lehrling soll nun den Meister beobachten und nachahmend-probierend ein Verfahren lernen. Dabei zeigt der Experte anfangs, wie er die Aufgabe löst (*modeling*). Im nächsten Schritt (*coaching*) beginnt der Lernende selbst das Problem zu lösen, wird aber dabei vom Experten unterstützt. Schließlich wird der Lernende weitestgehend sich selbst überlassen und kann nur noch mit Hilfe rechnen, wenn er überhaupt nicht mehr weiterkommt (*scaffolding*). Schritt für Schritt zieht sich der Experte zurück, damit der Lehrling weitgehend selbständig arbeiten kann (*fading*). Die nächsten Schritte dienen der Vertiefung und Sicherung des Gelernten. Auf Anweisung des Tutors drückt der Lernende seine Vorgehensweise schriftlich oder mündlich aus (*articulation*), reflektiert sein Verhalten und prüft auf der Ebene der Metakognition seine Verfahrensweise, um sie ggf. zu korrigieren (*reflection*), und wendet sich anschließend neuen Problemen zu, die er selbständig löst (*exploration*).

3.3.6 Beiträge des Kognitivismus zur Entwicklung von Lernaufgaben

Der Kognitivismus hat seinen Schwerpunkt auf der Übermittlung von bereits bekanntem Kulturgut an die jüngere Generation. Theoriebedingt begreift er diesen Prozess als eine Bewusstmachung von im Grunde schon vorhandenen Verfahren, die aus Gründen der Zeitersparnis durch einen Experten angeleitet werden müssen. Er bietet keine echte Theorie des Problemlösens, sofern man darunter das Entdecken und Erfinden von Neuem begreift. Der Kognitivismus liefert wichtige und in der Regel empirisch gestützte Beiträge dafür, wann und wo Problemlöseprozesse anlaufen und wie sie von einem Lehrer gefördert werden können.

Bezogen auf die Entwicklung von Lernaufgaben und einen kompetenzorientierten Unterricht können aus dem Kognitivismus verschiedene Vorgaben abgeleitet werden:

1. Im kompetenzorientierten Unterricht sollten Verfahren zur Lösung von Problemen eingeübt werden. Direkte Förderansätze liefern dafür entscheidende Vorschläge. Es sollte zu einer Propädeutik des Lernens gehören, Verfahren wie Scaffolding, Lautes Denken, Coaching etc. zu beherrschen. Auch das Einüben und die Verwendung von heuristischen Verfahren sollte, wo immer dies möglich ist, eine zentrale Aufgabe aller Fächer sein. Wenn Lehrer und Schüler in gleicher Weise systematische Verfahrensschritte zur Lösung von Problemen nutzen, verbessert sich der Umgang mit herausfordernden Aufgaben spürbar. Daher scheint es auch angebracht, Problemlöseverfahren bereits in der Ausbildung der Lehramtsstudenten einzuüben. Eine wichtige Bedingung dafür ist eine gewisse Einheitlichkeit des Verfahrens, um eine Verwirrung von Studenten und Schülern zu vermeiden. Das sollte angesichts der

Ähnlichkeit der Verfahren aber keine besondere Herausforderung sein. Bei der Bearbeitung von Lernaufgaben sind daher immer Phasen der Planung des Arbeitsverfahrens und der Reflexion der Arbeitsschritte zu berücksichtigen.

2. Auch von Anchored Instruction und Cognitive Apprenticeship können Impulse zur Konstruktion von Lernaufgaben ausgehen. Die Befunde zur Anchored Instruction zeigen, dass lebensnahe, narrativ dargebotene Situationen das Interesse eines Schülers eher auf sich ziehen können als abstrakte Problemangaben. Deshalb sollten Lernaufgaben einen lebensweltlichen, realitätsnahen Bezug haben. Die Realitätsnähe soll die Erfindung erkünstelter Lernaufgaben verhindern, die sich bei manchen Lernsituationen findet. Das wirkt auf die Schüler nur lächerlich und an den Haaren herbeigezogen. Deshalb ist ein tauglicher Einstieg, der wirklich zum Mitdenken anregt, eine wichtige Forderung an die Entwickler von Lernaufgaben. Cognitive Apprenticeship belegt die nach wie vor wichtige Rolle eines Lehrers beim Problemlösen und zeigt, wie Lehrer und Schüler miteinander agieren können. Eine nicht zu unterschätzende Gefahr dieses Ansatzes liegt allerdings in der Versuchung, den Unterricht auf ein bloßes Vor- und Nachmachen zu reduzieren. Das kann vermieden werden, wenn das Lösen von Lernaufgaben konsequent als Problemlösen gestaltet wird. Hilfreich ist dabei, ein exemplarisches Lösungsverfahren so darzubieten, dass der Schüler an allen Stellen einen Anlass zum Mitdenken findet.

4 Was bleibt? Beiträge der Conceptual Change-Hypothese und der Erforschung von Problemlöseprozessen zum Erstellen von Lernaufgaben

Conceptual Change, Gestalttheorie und Kognitivismus untersuchen mit jeweils unterschiedlichen Intentionen das Lernen von Schülern. Es ist verfehlt, diese Ansätze als komplementär zu betrachten. Dazu sind diese Theorien in ihrem Forschungsobjekt und in ihrer Methodik zu verschieden. Insbesondere können die Differenzen bei der Auffassung vom Lernen selbst nicht übersehen werden. Auf der einen Seite steht die Gestalttheorie mit ihrem ganzheitlichen Ansatz, die das Wie des Lernens als einen schöpferischen Prozess erforschen will. Auf der anderen Seite steht der Kognitivismus, der das Was und Wo des vorwiegend gedächtnisgestützten Lösens von Problemen erforscht. Ihm folgt auch das Conceptual Change-Modell, sofern es über das Lernen vertieft reflektiert. Eine schulrelevante Theorie des Lernens muss entscheiden, welchen Stellenwert sie dem schöpferischen und welchen dem reproduktiven Modell des Lernens beimisst. Daran wird sich auch ablesen lassen, welche Rolle das Problemlösen im kompetenzorientierten Unterricht hat.

Trotzdem ist es nicht vergeblich, aus den drei Ansätzen Forderungen an den kompetenzorientierten Unterricht und die Entwicklung von Lernaufgaben abzuleiten.

1. Das Lernen ist ein schöpferischer, produktiver und ein gedächtnisgeleiteter, reproduktiver Prozess. Die Förderung des schöpferischen Lernens sollte das erste Ziel des Unterrichts sein, weil so Verstehen ermöglicht wird. Das Verstehen befähigt zu der von der Kompetenzorientierung geforderten Fähigkeit, auch völlig neue Probleme anzugehen und zu lösen. Gedächtnisgestütztes Problemlösen gelingt immer in Routinesituationen. Auch das wird Bestandteil des Unterrichts sobald der Lösungsweg verstanden worden ist.
2. Präkonzepte von Schülern gehören an eine zentrale Stelle des Unterrichts. Sie sind die Ausgangsbasis der Begreifprozesse der Schüler. Kommen ihre Bezugssysteme im Unterricht zur Sprache, können Schüler ihre Sichtweisen und ihre Urteile als Teil eines für sie sinnvollen Ganzen darstellen. Sie werden in dem, was sie denken und tun, ernstgenommen. Ihre Umwege können dann beim Lösen von Problemen als Hypothesen und damit wichtige Schritte beim Erkenntnisgewinn erkannt werden.
3. Die aktive und gezielte Unterstützung des Problemlösens durch systematisches und konsequentes Anwenden von Problemlösungsverfahren ist ein Herzstück kompetenzorientierten Unterrichts. So werden Schüler befähigt, auch Aufgaben und Probleme außerhalb der Schule anzugehen und zu bewältigen.

5 Literatur

- Adamina, M. (2008). Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu raum-, zeit- und geschichtsbezogenen Themen. Eine explorative Studie in Klassen des 1., 3., 5. und 7. Schuljahres im Kanton Bern. Abgerufen am 06.03.2014 von http://profi-l.net/sites/profi-l.net/files/profi-L-101_8_9_Was_bleibt_Schuelervorstellungen_ZfG_Heft_1_09_%20download.pdf.
- Duit, R. (2002). Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In E. e. Kircher, *Physikdidaktik in der Praxis* (S. 1-26). Berlin: Springer.
- Duncker, K. (2.1966). *Zur Psychologie des produktiven Denkens*. Berlin: Springer.
- Einsiedler, W. (2002). Empirische Forschung zum Sachunterricht - ein Überblick. In K. u. Spreckelsen, *Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht* (S. 17-38). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Englert, R. (2012). Was bedeutet Kompetenzorientierung für den RU? Neun kritische Punkte. In C. P. Sajak, *Religionsunterricht kompetenzorientiert. Beiträge aus fachdidaktischer Forschung* (S. 61-73). Paderborn: Ferdinand Schöningh.
- Feige, A., & Gennerich, C. (2008). Lebensorientierungen Jugendlicher: Alltagsethik, Moral und Religion in der Wahrnehmung von Berufsschülerinnen und -schülern in Deutschland. Münster: Waxmann.
- Fuchs, M. E. (2010). *Bioethische Urteilsbildung im Religionsunterricht. Theoretische Reflexion – Empirische Rekonstruktion*. Göttingen: V&R unipress.
- Funke, J., & Zumbach, J. (2006). Problemlösen. In H. Mandl, & H. Friedrich, *Handbuch Lernstrategien* (S. 206-220). Göttingen: Hogrefe.
- Gabriel, M. (2013). *Warum es die Welt nicht gibt*. Berlin: Ullstein.
- Giest, H. (Heft 4 2011). Wissensaneignung, Conceptual Change und die Lehrstrategie des Aufsteigens vom Abstrakten zum Konkreten. *Tätigkeitstheorie: Journal für tätigkeitstheoretische Forschung in Deutschland*, S. 65-99.
- Günther-Arndt, H. (2006). Conceptual Change-Forschung: Eine Aufgabe für die Geschichtsdidaktik. In H. Günther-Arndt, & M. Sauer, *Geschichtsdidaktik empirisch. Untersuchungen zum historischen Denken und Lernen* (S. 251-277). Berlin: LIT.
- Herget, F. (2012). Was versteht ein Konstruktivist, wenn er Verstehen konstruiert? *RPZ-Impulse*, S. 1-16.
- ISB. (2011). *LehrplanPLUS - Handreichung für die Mitglieder der Lehrplankommissionen* (unveröffentl.). München.
- Jonen, A., Möller, K., & Hardy, I. (2003). Lernen als Veränderung von Konzepten - am Beispiel einer Untersuchung zum naturwissenschaftlichen Lernen in der Grundschule. In D. Cech, *Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht* (S. 93-108). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Kamelger, K., & Kattmann, U. (2004). Schülervorstellungen und fachliche Vorstellungen zu den biologischen Grundlagen menschlichen Verhaltens. Ein Beitrag zum Modell der Didaktischen Rekonstruktion. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, S. 65-78.
- Kattmann, U. (2007). Didaktische Rekonstruktion - eine praktische Theorie. In D. Krüger, & H. Vogt, *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 93-104). Berlin: Springer.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., & Komorek, M. (Heft 3 1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftliche Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, S. 3-18.
- Kiesel, A., & Koch, I. (2012). *Lernen. Grundlagen der Lernpsychologie*. Wiesbaden: VS Verlag.
- Klieme, E., Funke, J., Leutner, D., Reimann, P., & Wirth, J. (2001). Problemlösen als fächerübergreifende Kompetenz. Konzeption und erste Resultate aus einer Schulleistungsstudie. *Zeitschrift für Pädagogik* 47, 2, S. 179-200.
- Köhler, W. (1971). *Die Aufgabe der Gestaltpsychologie*. Berlin: de Gruyter.
- König, J. (2010). Lehrerprofessionalität. Konzepte und Ergebnisse der internationalen und deutschen Forschung am Beispiel fachübergreifender, pädagogischer Kompetenzen. In J. König, & B. Hofmann, *Professionalität von Lehrkräften. Was sollen Lehrkräfte im Lese- und Schreibunterricht wissen und können?* (S. 40-105). Berlin: DGLS.
- Krüger, D. (2007). Die Conceptual Change-Theorie. In D. Krüger, & H. Vogt, *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 81-92). Berlin: Springer-Verlag.
- Leutner, D., Fleischer, J., Wirth, J., Greiff, S., & Funke, J. (2012). Analytische und dynamische Problemlösekompetenz im Lichte internationaler Schulleistungsvergleichsstudien. *Psychologische Rundschau*, 63 (1), 34-42.
- Martens, E. (2003). *Methodik des Ethik- und des Philosophieunterrichts. Philosophieren als elementare Kulturtechnik*. Hannover: Siebert.
- Metzger, W. (1999). *Gestaltpsychologie. Ausgewählte Werke aus den Jahren 1950 bis 1988*. Frankfurt: Kramer.
- Metzger, W. (3.1976). *Psychologie in der Erziehung*. Kamp: Bochum.
- Metzger, W. (2.1962). *Schöpferische Freiheit*. Frankfurt: W. Kramer.
- Möller, K. (2007). Genetisches Lernen und Conceptual Change. In J. u. Kahlert, *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts* (S. 258-266). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Möller, K. (2004). Verstehen durch Handeln beim Lernen naturwissenschaftlicher und technikbezogener Sachverhalte. In R. u. Lauterbach, *Verstehen und begründetes Handeln* (S. 147-165). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Nelson, L. (2.1996). *Die Sokratische Methode*. Kassel: Weber & Zucht.
- Obst, G. (2008). *Kompetenzorientiertes Lehren und Lernen im Religionsunterricht*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Peter, C. (2014). Reconstruction Map und Conceptual Change - Eine Methode zur Umsetzung des konstruktivistischen Ansatzes. Abgerufen am 15.03.2014 von http://schulgeographen-saarland.de/files/3013/4156/9119/Reconstruction_Map_und_Conceptual_Change.pdf.
- Polya, G. (3.1980). *Schule des Denkens. Vom Lösen mathematischer Probleme*. Bern: Francke.
- Porzelt, B. (2.1013). *Grundlegung religiösen Lernens*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, W., P., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Towards a theory of conceptual change. *Science Education*, Volume 66 (Issue 3), S. 211-227.
- Renkl, A., & Schworm, S. (2002). Lernen, mit Lösungsbeispielen zu lehren. In M. Prenzel, *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen* (S. 259-270). Weinheim: Beltz.

- Rentsch, T. (1989). Paradigma, in: In HWPh, Bd. 7 (S. 74-81). Basel: Schwabe.
- Sajak, C.-P. (2012). Religionsunterricht kompetenzorientiert. Beiträge aus fachdidaktischer Forschung. Paderborn: Schoeningh.
- Sajak, C.-P., & Feindt, A. (2012). Zur Signatur kompetenzorientierter Unterrichtsgestaltung im Religionsunterricht. Ergebnisse aus den unterrichtspraktischen Forschungsprojekten KompRU und KompKath. In C.-P. Sajak, Religionsunterricht kompetenzorientiert. Beiträge aus fachdidaktischer Forschung (S. 89-106). Paderborn: Schoeningh.
- Scharnhorst, U. (2001). Anchored Instruction: Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen. Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften, 23 (3), S. 471-492.
- Schmid, H. (2011). Falsche Alternativen. Zur Diskussion um Kompetenzorientierung im Religionsunterricht. Abgerufen am 15.01.2014 von <http://cargocollective.com/hansschmid/Falsche-Alternativen-Zur-Diskussion-um-Kompetenzorientierung-im->
- Schmid, U., & Funke, J. (2013). Kreativität und Problemlösen. In A. Stephan, & S. Walter, Handbuch Kognitionswissenschaften (S. 335-343). Stuttgart: Metzler.
- Solso, R. L. (2005). Kognitive Psychologie. Heidelberg: Springer.
- Sommerfeld, E. (2009). Aufklärung von Basisprozessen menschlicher Informationsverarbeitung. Ein systematischer Zugang durch Elementaranalyse von Denkprozessen bei der Lösung von Ordnungsproblemen. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin, (101), S. 93-100.
- Spada, H., & Lüer, G. (1990). Denken und Problemlösen. In H. Spada, Lehrbuch Allgemeine Psychologie (S. 189-280). Bern: Huber.
- Spada, H., & Wichmann, S. (1996). Kognitive Determinanten der Lernleistung. In F. E. Weinert, Psychologie des Lernens und der Instruktion (S. 119-153). Göttingen: Hogrefe.
- Stern, E. (2006). Was wissen wir über erfolgreiches Lernen in der Schule? Pädagogik, 58, S. 45-49.
- Stern, E. (2002). Wie abstrakt lernt das Grundschulkind? Neuere Ergebnisse der entwicklungspsychologischen Forschung. In H. Petillon, Individuelles und soziales Lernen in der Grundschule. Kinderperspektiven und pädagogische Konzepte (S. 27-42). Opladen: Leske + Budrich.
- Völzke, K. (2012). Lautes Denken bei kompetenzorientierten Diagnoseaufgaben zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung . Abgerufen am 1. 6 2014 von <http://kobra.bibliothek.uni-kassel.de/bitstream/urn:nbn:de:hebis:34-2012061541272/1/VoelzkeLautesDenken.pdf>.
- Wagenschein, M. (2.1999). Verstehen lernen. Genetisch - sokratisch - exemplarisch. Weinheim: Beltz.
- Weinert, F. E. (1999). Konzepte der Kompetenz. Paris: OECD.
- Wertheimer, M. (2.1964). Produktives Denken. Frankfurt: W. Kramer.
- Wirth, J., & Funke, J. (2005). Dynamisches Problemlösen: Entwicklung und Evaluation eines neuen Messverfahrens zum Steuern komplexer Systeme. In E. Klieme, Problemlösekompetenz von Schülerinnen und Schülern (S. 55-72). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Ziebertz, H.-G., & Riegel, U. (2008). Letzte Sicherheiten: Eine empirische Studie zu Weltbildern Jugendlicher. Freiburg: Herder.

Autor



Ferdinand Herget, Dr.theol., MPhil, 1956, ist wissenschaftlicher Referent für berufliche Schulen am RPZ in Bayern und Dozent an der Ludwig-Maximilians-Universität, München, für die fachdidaktische Ausbildung von Religionslehrkräften an beruflichen Schulen. Er hat als Religionslehrer an einer Münchner Berufsschule und als Assistent am Lehrstuhl für Religionspädagogik und Didaktik des Religionsunterrichts, Katholisch-Theologische Fakultät, LMU München, gearbeitet. Schwerpunktmäßig befasst sich Dr. Herget mit den denkpsychologischen Grundlagen des einsichtigen Lernens und der didaktisch-methodischen Förderung des Verstehens im Religionsunterricht.

Auswahl weiterer Veröffentlichungen

2010: Einsichtiges Lernen – Grundlagen des Verstehens im Mathematikunterricht. In: Christina Schenz; Stephan Rosebrock (Hrsg.): Von der Begabtenförderung zur Begabungsgestaltung. Vom kreativen Umgang mit Begabungen in der Mathematik: Lit-Verl., Berlin, S. 128-139.

2009: Einsichtiges Lernen und seine methodische Unterstützung im Unterricht. In: Hellmuth Metz-Göckel (Hrsg.): Gestalttheorie aktuell. Handbuch zur Gestalttheorie 1. Krammer, Wien, S. 133-158.

2005: Gleichnisse verstehen. Erwägungen zur Struktur von Gleichnissen aus denkpsychologischer Sicht. In: Herbert Stettberger (Hrsg.): Was die Bibel mir erzählt. Aktuelle exegetische und religionsdidaktische Streiflichter auf ausgewählte Bibeltexte. Festschrift für Prof. Dr. Franz Laub. Bibel - Schule - Leben 6. Lit-Verl., Münster, S. 101-114.

2014

RPZ Impulse

Die Kompetenzorientierung betrachtet auf Lehrplanebene den Stoff im Blick auf die Aneignungsprozesse der Schüler. Das weckt neues Interesse am Lernen. Hier soll nach den Befunden der aktuellen pädagogischen und psychologischen Diskussion zur Struktur mentaler Modelle und der Eigenart der Veränderungsprozesse, dem Problemlösen (schöpferisches Lernen), gefragt werden. Ziel ist es zu klären, welche Faktoren des Lernens die conceptual-change-Theorie sowie die Gestalttheorie und der Kognitivismus als Theorien des Problemlösens in den Blick nehmen. Das ist für die Religionsdidaktik von Interesse, weil sich aus diesen Befunden auch Hinweise für die Gestaltung des Unterrichts ableiten lassen sollten.

ISSN 2191-7930