

Kompetenzentwicklung durch Projektunterricht

Development of competences in project methods

In der Diskussion um die Steigerung der Bildungsqualität rückt Projektunterricht stärker in den Fokus der Bildungsforschung. Projektunterricht ist mittlerweile fest in den Rahmenrichtlinien der Bundesländer Deutschlands verankert. Empirische Befunde über seine Lernwirksamkeit liegen allerdings kaum vor. Die vorliegende Studie geht der Frage nach, ob Projektunterricht hinsichtlich der Kompetenzentwicklung der SchülerInnen lernwirksam ist. In dem Treatment befassten sich SchülerInnen der sechsten Jahrgangsstufe in Unterrichtsprojekten innerhalb des integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts mit dem Themenfeld Boden. Die Stichprobe betrug 170 SchülerInnen. Mit Hilfe eines Vor-, Nach- und Folgetest Designs wurde die Kompetenzentwicklung der SchülerInnen hinsichtlich des Fachwissens, des vernetzten Wissens, der Experimentierfähigkeit und der Problemlösekompetenz empirisch ausgewertet.

Die Daten zeigten einen bedeutsamen Zuwachs an Faktenwissen. Die SchülerInnen der Stichprobe erwarben dabei ein vernetztes Fachwissen. Der Vernetzungsgrad der Wissensbausteine stieg nach dem Ende des Projektunterrichts noch an. Die Lernzuwächse erwiesen sich auf allen Lernniveaus als langfristig stabil. Eine Verbesserung in experimentellen Fähigkeiten und im Problemlösen konnte ebenfalls nachgewiesen werden.

Although the discussion about improving the quality of scientific education focused on project learning empirical findings about its efficiency stayed seldom. This study was designed to investigate the learning effects of the project method referring to the development of competences. The treatment was conducted with 170 sixth grade students in seven classes in integrated science lessons. The projects were related to soil. Items were developed for indicating competences in knowledge of facts, in networked knowledge, in experimentation and problem-solving abilities. Using a pre-post-followup test design, the empirical investigation was statistically evaluated.

The data revealed that project learning fosters the learning outcome in cognitive knowledge. Students built up complexly networked knowledge. The integration of knowledge continued after the end of the project intervention.

Long-term retention of the knowledge could be proved. An improvement in experimental and problem-solving competences was also found.

1. Einleitung

Seit die TIMS-Studien und PISA (Third International Mathematics and Science Studies) auf Wissensdefizite und Schwächen bei SchülerInnen in der Bearbeitung anspruchsvoller, anwendungsbezogener Aufgaben und handlungsrelevanten Wissens (Prenzel, 2006, S. 8) aufmerksam machten, werden neue Unterrichtskonzepte, von denen erwartet wird, dass sie die Bildungsqualität steigern, verstärkt ausprobiert und evaluiert. Es wird ein besonderes Augenmerk auf Unterrichtskonzepte gelegt, die den Aufbau transferfähigen Wissens, die Herausbildung und Aufrechterhaltung fachspezifischen Interesses und selbstbestimmte Formen der Lernmotivation ermöglichen (Helmke, 2003). Auf didaktisch-methodischer Ebene erfordern die neuen Bildungsansprüche eine Veränderung der Unterrichtsgestaltung. So stehen die Forderungen nach vernetzten Zugängen zu den Bildungsinhalten (Campo a, Langlet, Kremer & Philipp, 2003; Kattmann, 2003) und nach Zurücknahme der Lehrerdominanz an vorderster Stelle. In diesem Zusammenhang rückt der Projektunterricht in den Fokus. Auf schulpolitischer Ebene wurde Projektunterricht in den letzten Jahren stärker in den Bildungsvorgaben festgeschrieben. So finden sich in den neuesten Rahmenrichtlinien aller Bundesländer vielfache Hinweise auf Projektunterricht, projektorientiertes Lernen und Projekte (KMK, 2004; 2005). Dem stehen wenige empirisch gesicherte Aussagen über die Wirkung von Projektunterricht gegenüber. Während die empirische Bildungsforschung lehrergesteuerte Lernprozesse unter verschiedensten Perspektiven wie Instruktionsqualität, Lehr-, Lernarrangements sehr genau in den Blick genommen hat, wissen wir sehr wenig über die durch Projektunterricht erzeugte Bildungsqualität, ihre Wissensstrukturen, den Aufbau konzeptuellen Verständnisses und Nutzung von Wissen in komplexen Anwendungssituationen (Wasmann-Frahm, 2008). Diese Studie zielt auf die empirische Überprüfung der Lernwirksamkeit hinsichtlich der Kompetenzentwicklung.

2. Theoretischer Rahmen

2.1 Der Projektbegriff

Eine Explizierung des Projektbegriffs fällt nicht leicht. Zu facettenreich wurde er im Laufe des letzten Jahrhunderts in der wissenschaftlichen Diskussion definiert. Bislang ist die Wissenschaftscommunity noch zu keiner einheitlichen Auffassung gekommen. Bezeichnungen wie „idealer Curriculumprozess“ (Frey, 2002, S. 25), „wünschenswerter Unterricht“ und „diffuses Veränderungsprinzip“ (Hänsel, 1999b, S. 79), „Konglomerat von Merkmalen oder Komponenten“ oder „weitestgehende Form handlungsorientierten Unterrichts“ (Wöll, 1998, S. 214) sind wenig hilfreich für eine Klärung des Begriffs. Einer Vielzahl von Projektbeschreibungen stehen wenige theoriegeleitete, ausdifferenzierte Begriffsklärungen gegenüber

(Biermann, Büttner, Lenzen & Schulze, 1986; Emer & Lenzen, 2005; Hän-
sel, 1999a; Jüdes, 1997).

In diesem Artikel wird ein Projekt als ein klar definierter Unterrichtsab-
schnitt aufgefasst, der „durch die umfassende Bearbeitung eines zusam-
menhängenden Sachthemas oder Problems, das gemeinschaftlich und hand-
lungsorientiert aus verschiedenen Perspektiven bearbeitet wird und zu ei-
nem deutlich sichtbaren Produkt führt“, charakterisiert ist (Wasmann-
Frahm, 2008, S. 13). Anders als im instruktionalen Unterricht wird am An-
fang ein Ziel von dem Lehrer und den SchülerInnen gemeinsam formuliert,
auf das die Projekthandlungen ausgerichtet werden. Die zu bearbeitende
Sachlage ist in der Regel ein Problem oder ein Phänomen, das eine Fülle
von Aspekten umfasst und sich nicht auf die engen Vorgaben eines Unter-
richtsfaches reduzieren lässt. Die selbsttätige Erarbeitung des neuen Wis-
sensgebietes oder eines Problems erfolgt arbeitsteilig aus verschiedenen
Perspektiven und auf unterschiedlichen Lernwegen. Die Wissens Elemente
aus den verschiedenen Fachgebieten werden im Rahmen einer abschließen-
den Präsentation zusammengeführt. Projektunterricht wird in dieser Studie
als ein didaktisch-methodisches Unterrichtsverfahren aufgefasst.

Die hier vorgestellte Untersuchung geht der Frage nach, welche Wirkung
Projektunterricht auf die Vermittlung von Kompetenzen hat. Kompetenzen
beschreiben das tatsächliche Können von Lernenden als Ergebnis des Lern-
prozesses. Sie umfassen nicht nur abrufbares Wissen, sondern berücksichti-
gen auch die Situation, in der dieses angewandt wird. Klieme fasst Kompe-
tenzen als die Befähigung zur Bewältigung von Situationen und Aufgaben
auf (Klieme, 2004). Besondere Bedeutung kommt dabei dem lebensweltli-
chen Bezug, dem Aufbau komplexer Wissensstrukturen, dem Lernfort-
schritt und den themenverbindenden Konzepten zu. Zudem erhalten die na-
turwissenschaftlichen Arbeitsweisen ein stärkeres Gewicht. Die genannten
Aspekte der Neuorientierung finden sich in den vielschichtigen Lernprozes-
sen des Projektunterrichts wieder.

Dabei soll auch die vieldiskutierte Frage beantwortet werden, ob SchülerIn-
nen im Projektunterricht überhaupt etwas lernen. Diese Frage wurde in der
Vergangenheit unterschiedlich beantwortet, ohne dass auf gesicherte Be-
funde zurückgegriffen wurde, denn es liegen kaum empirisch belegte Aus-
sagen über die Lernwirksamkeit von Projektunterricht vor. Darauf weisen
unter anderem Oelkers und Frey hin (Frey, 2002; Oelkers, 1999). Auch
Klieme et al. sehen ein Defizit in der empirischen Unterrichtsforschung ü-
ber „ganzheitliches und selbsttätiges Lernen“ (Klieme, Lipowski, Rukoczy
& Ratzka, 2006, S. 128). Eine der wenigen empirischen Arbeiten zu diesem
Thema führte Bieberbach an Grundschulklassen durch. Ihre Studie erhebt
einzelne Aspekte des Projektunterrichts, identifiziert aber nicht die lern-
wirksamen Elemente der Konzeption eines Projektunterrichts und kommt
zu widersprüchlichen Ergebnissen hinsichtlich der Lernentwicklung
(Bieberbach, 2000).

2.2 Kompetenzerwerb im Projektunterricht

Kompetenzbereich Fachwissen

Die im Projektunterricht aufgebauten fachbezogenen Kompetenzen umfassen Fachwissen, welches in den Naturwissenschaften in Basiskonzepten abgebildet wird, und vernetztes Wissen. Im Projektunterricht konstruieren, erweitern und vertiefen Lernende ausgehend von selbst intendierten und ausgeführten Handlungen ihre kognitiven Fähigkeiten. Dabei knüpfen sie neues Wissen an verfügbare Vorstellungen und vorher erworbenes Wissen an. Das im Projektunterricht aufgebaute, bedeutungshaltige Wissen kann in die eigene mentale Wissensstruktur integriert werden, da jeder Schüler von seinem Fähigkeitsstand ausgehend neues Wissen verarbeitet. Es ist davon auszugehen, dass der komplexe Ansatz eines Projektthemas den Aufbau vernetzter Wissensstrukturen unterstützt. So entsteht aktiv nutzbares vernetztes Wissen (Aebli, 2001; Campo a et al. 2003; Kattmann, 2003; KMK, 2005; Renkl, 1996). Diese Studie geht davon aus, dass Vernetzung von Wissen deren feste Verankerung in die individuellen Wissensstrukturen fördert. Vernetztes Wissen stellt zudem eine Voraussetzung für Problemlösekompetenz dar.

Es ist erstaunlich, dass Autoren, die die besonderen Methoden des Projektunterrichts theoretisch analysieren und als wirkungsvoll einschätzen, diesem Unterrichtsansatz keinen besonderen Lernzuwachs zutrauen. So äußert sich Frey skeptisch zum kognitiven Lernfortschritt durch Projektunterricht. Dabei argumentiert er mit einem unscharfen Begriff von Leistung ohne Befundlage (Frey, 2002). Frey vertritt die Meinung, dass normalerweise 60 bis 90 % des neu erworbenen Wissens nach einer gewissen Zeit verloren gehen. Die Veröffentlichungen von Semb und Ellis, die er hierzu zitiert, kommen jedoch zu einem gegenteiligen Befund (Frey, 2002; Semb & Ellis, 1994). Der Verlust von Wissen ist nicht so hoch wie allgemein angenommen. Auch Oelkers stellt in Frage, ob „die Steigerung der Anstrengung mit steigender Effektivität verbunden ist.“ (Oelkers, 1999, S. 26). Andere Autoren erwarten die Vermittlung von kognitiven Kompetenzen *oder* fächerübergreifenden Kompetenzen, aber nicht den gleichzeitigen Erwerb von Fachkompetenzen *und* fächerübergreifenden Kompetenzen (Mayer, 2006).

Für die vorliegende Studie wird die kognitive Wissensentwicklung durch Projektunterricht über den Lernzuwachs an Faktenwissen und über den Verknüpfungsgrad von Wissen erfasst.

Methodenkompetenz

Methodenkompetenz wird in den Naturwissenschaften auf der Basis der grundlegenden Arbeitsverfahren wie Beobachten, Experimentieren, Modellieren und Vergleichen aufgebaut. Die Durchführung vieler Projektlernhandlungen hat nicht nur in Bezug auf den Erwerb von Methodenkompetenz eine zentrale Bedeutung, sondern auch für die Aktivierung der Lernenden zur Wissenskonstruktion und für den Erwerb von Fachwissen. Hinsichtlich der Experimentierfähigkeit bilden die Teilkompetenzen Hypothesenbildung, Ergebnissicherung oder auch schlussfolgernde Auswertung Indikatoren dieser naturwissenschaftlichen Methodenkompetenz (Hammann, 2004; Mayer & Ziemek, 2006). Auf Grund der vielfältigen eigenständigen Durchführungen von Handlungen basierend auf den Erkenntnismethoden

wird ein Zuwachs an Methodenkompetenz für den in diesem Treatment evaluierten Projektunterricht erwartet.

Bewertungskompetenz

Bewertungskompetenz beschreibt das begründete Abwägen von Fakten, Konzepten, Methoden und Handlungen auf der Basis naturwissenschaftlicher Sachverhalte und eines moralischen Maßstabes (Bögeholz & Barkmann, 2005; Eggert & Hößle, 2006). Projektlernumgebungen bieten Lernenden die Möglichkeit, sowohl Fachwissen aufzubauen als auch handlungsleitende Werte und Normen auszubilden. Letzteres geschieht in dieser Studie in der individualisierten Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand *Boden* und es kann angenommen werden, dass SchülerInnen eine verantwortungsvolle Grundhaltung gegenüber Boden aufbauen.

Problemlösekompetenz

Leutner et al. definieren Problemlösekompetenz als eine Fähigkeit, anwendungsbezogene Problemstellungen zu erkennen, zu verstehen und zu lösen. Sie betonen, dass hierzu die Fähigkeiten vernetzt zu denken und Wissen flexibel auf neue Situationen anzuwenden wichtige Beiträge leisten (Leutner, Klieme, Meyer & Wirth, 2004).

Klieme et al. definieren das Problemlösen als ein zielorientiertes Denken und Handeln in Situationen, für deren Bewältigung keine Routinen verfügbar sind (Klieme, Artelt & Stanat, 2002). Sie unterscheiden zwischen analytischem und dynamischem Problemlösen.

Projektlernumgebungen stellen dynamische Problemlösesituationen dar. Diese Annahme stützt sich auf die Projektmerkmale Komplexität, Vernetztheit, konkurrierende Aspekte eines Phänomens, Selbstregulierung sowie Nutzung von Lernstrategien und offener Ausgang. Außerhalb von Projektlernen sind derartige Situationen in Schulen wenig anzutreffen. Entgegen den Annahmen anderer Bildungsforscher geht diese Studie davon aus, dass Kompetenzen im dynamischen Problemlösen innerhalb des schulischen Rahmens in Projekten entwickelt werden können. Gerade die Perspektivenübernahme verschiedener Facetten eines Problems oder Phänomens charakterisiert das Vorgehen in Projekten (Wasmann-Frahm, 2008).

3. Projektunterricht und Kompetenzentwicklung

In Projekten finden vielfältige Lernprozesse statt, die eng ineinander greifen. Dabei besteht die Vorstellung, dass Projektunterricht sich für einen fachlichen und fächerübergreifenden Kompetenzerwerb auf Grund der in ihm ablaufenden vielfältig verzahnten Lernprozesse besonders eignet. Die nachfolgende Grafik bildet die Zusammenhänge zwischen Projektlernen und Kompetenzentwicklung ab. Links in der Abbildung werden die im Projektunterricht stattfindenden Aktivitäten und Lernprozesse gebündelt dargestellt. Rechts sind die im Projektunterricht aufzubauenden Kompetenzen aufgeführt.

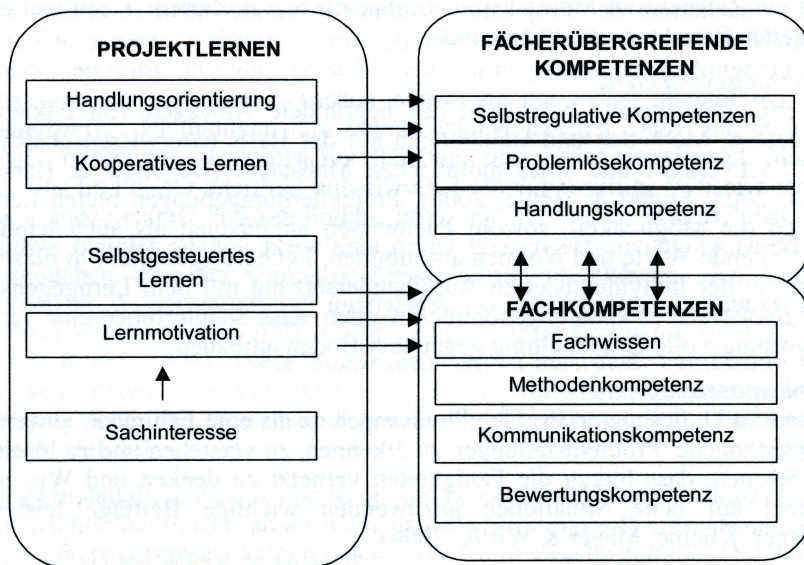


Abb. 1: Projektlerndimensionen und Kompetenzentwicklung

Ich gehe davon aus, dass sich die fächerübergreifenden Kompetenzen und die Fachkompetenzen auf Grund der multikriterialen Zielstellung des Projektunterrichts gleichzeitig entwickeln und dass sie schon während des Projektlernprozesses aufeinander einwirken. Projektunterricht bildet eine Lernumgebung, in der die Ausbildung komplexer Handlungskompetenzen auf Grund des Zusammenwirkens von Fach-, Methoden-, Sozialkompetenz sowie selbstregulativer Fähigkeiten erfolgen kann. Klieme et al. weisen darauf hin, dass es keinen linearen Zusammenhang zwischen fächerübergreifendem Lernen und fächerübergreifenden Kompetenzen gebe (Klieme et al., 2002, S. 218). Nach Labudde et al. besteht noch Klärungsbedarf darüber, in welchen Anteilen fächerübergreifende Kompetenzen durch fachliches Lernen beziehungsweise durch fächerübergreifendes Lernen erworben werden (Labudde, Heitzmann, Heiniger & Widmer, 2005). Wie die fachlichen und überfachlichen Kompetenzen interagieren, ist in der Lehr-Lern-Forschung bislang wenig geklärt. Es herrscht Einigkeit darüber, dass man ohne Wissensbasis Problemlösekompetenz schwer erwerben kann, ohne übergreifende Fähigkeiten wie vernetztes Denken aber ebenso wenig. Für die fächerübergreifenden, selbstregulierenden Kompetenzen liegen Befunde vor, die darauf hinweisen, dass sie auf die Problemlösefähigkeit wirken (Otto, Perels, Schmitz & Bruder, 2006).

Doll und Prenzel vertreten die Ansicht, dass die naturwissenschaftlichen Fächer besonders geeignet sind, fächerübergreifende Kompetenzen aufzubauen. Sie vermuten eine von den naturwissenschaftlichen Arbeits- und Denkweisen ausgehende Wirkung auf das Problemlösen. Weiterhin betonen sie, dass sich übergeordnete Kompetenzen aus kognitiven, motivationalen und metakognitiven Fähigkeiten zusammensetzen (Doll & Prenzel, 2004, S. 12ff).

Die Auffächerung der Projektfragestellung in verschiedene Aspekte entspricht der Multiperspektivität, unter der ein Problemlösevorgang abläuft. Die in der Projektstruktur enthaltenen verschiedenen Zugänge zu einem Problem unterstützen die für die Problemlösung notwendige Fähigkeit, ein Problem aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten. Die Abwägung verschiedener Perspektiven verlangt multiperspektivisches Denken in dem Sinne, wie Rost et al. es für die naturwissenschaftliche Grundbildung beschreiben (Rost, Prenzel, Carstensen, Senkbeil & Groß, 2004). Aber auch die Entwicklung von Bewertungskompetenz wirkt auf die Fähigkeit zum Problemlösen ein, denn die Perspektiven werden in der Regel gegenübergestellt, bewertet und gegeneinander abgewogen.

4. *Forschungsdesign und Forschungsmethode*

Zur Überprüfung der Lernwirksamkeit von Projektunterricht habe ich eine Feldstudie in einer Gesamtschule im integrierten naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht durchgeführt, an der sieben Parallelklassen beteiligt waren. In einem Unterrichtsprojekt innerhalb des naturwissenschaftlichen Fachunterrichts befassten sich SchülerInnen der sechsten Jahrgangsstufe mit dem Themenfeld Boden, in dessen Inhalt Anteile der Fächer Geografie, Geologie, Biologie, Chemie, Physik und Gesellschaftskunde einfließen. Die Projekte liefen drei Wochen lang im integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht, der dreistündig stattfand. Sie waren also im regulären Unterricht mit stundenweiser Organisation und nicht in einer extra dafür geschaffenen Vorhaben- oder Projektwoche angesiedelt.

Die Stichprobe betrug 170 SchülerInnen, die alle aus demselben Einzugsgebiet stammten. Ihr durchschnittliches Alter war 12,1. Der Jungenanteil in der Stichprobe lag mit 60% überproportional hoch. Da in früheren Studien über Projektunterricht große Unterschiede der Lernentwicklung durch die Lehrervariable zustande kamen, wurde der Projektunterricht in den sieben Klassen von derselben Lehrkraft durchgeführt. Auf eine Kontrollklasse wurde verzichtet, da diese Studie ihr Hauptaugenmerk auf die Lernentwicklung im Projektunterricht richtet und daher diesen als eigenständige Unterrichtsmethode isoliert analysiert.

Der hier evaluierte Projektunterricht wurde entsprechend der eingangs gegebenen Definition organisiert. Er fand also arbeitsteilig statt. Die Projekte wurden unter der Partizipation der SchülerInnen interessegeleitet in von ihnen gewünschte Themen aufgeteilt. Die Methoden und Lernwege unterschieden sich von Gruppe zu Gruppe deutlich in Abhängigkeit von der Themenwahl. So sammelte, bestimmte und beobachtete die Gruppe, die über *Bodentiere* arbeitete, Lebewesen, während die Gruppe mit dem Thema *Wasser* Versuche zur Wasserhaltefähigkeit verschiedener Bodentypen durchführte. Demgegenüber führte die *Chemiegruppe* chemische Nachweise zu pH-Wert und Kalkgehalt durch. Andere wiederum beschäftigten sich mit Langzeitbeobachtungen zum Abbauprozess von Blättern (*Humusgruppe*) oder mit dem Zusammenhang zwischen Zeigerpflanzen und Bodentypen (*Pflanzengruppe*).

Am Ende der arbeitsteiligen Durchführungsphase fand eine Präsentation der Einzelaspekte statt. Ergänzend dazu wurde eine Concept Map gemeinsam erstellt.

Planung, Durchführung und Evaluation des hier vorgestellten Projektunterrichts lagen in einer Hand. Mit Hilfe eines Vor-, Nach- und Folgetest Designs wurden die Kompetenzentwicklung und die Kompetenzstruktur der SchülerInnen analysiert. Die erste Erhebung fand direkt vor den Projekten statt, die zweite Erhebung direkt danach. Der erste Folgetest wurde nach einem halben Jahr und der zweite nach einem Jahr durchgeführt. So konnten Lerneffekte während des Projektlernens und deren Langzeitwirkung erfasst werden. Die Testinstrumente zur Erfassung von Fachkompetenz, vernetztem Wissen und zur Problemlösekompetenz wurden für die Erhebung entwickelt. Zur Erhebung des Faktenwissens über Boden wurden 23 Items entwickelt, die in einer Zweifach-Wahlaufgabe erhoben wurden. Für die Erfassung von vernetztem Wissen sollten die Stichprobenteilnehmer eine Concept Map zum Boden mit acht vorgegebenen Begriffen erstellen (siehe hierzu nähere Ausführungen in Kap. 5.2). Für die Erfassung der Problemlösekompetenz wurde in enger Anlehnung an die von Rost et al. entwickelten Aufgaben zur Gestaltungskompetenz (Rost et al., 2004) sowie an die von Klieme et al. entwickelten Aufgaben zur Problemlösefähigkeit konzipiert. Die hier verwendete Problemlöseaufgabe wurde in einem gesellschaftlichen Rahmen mit Schulbezug kontextualisiert (Klieme et al., 2005).

5. Ergebnisse zur Lernentwicklung im Projektunterricht

5.1 Lernzuwachs im Faktenwissen

Ein Vergleich des Faktenwissens vor und nach dem Projektunterricht zeigt, dass die Stichprobenpopulation einen signifikanten Wissenszuwachs durch den Projektunterricht erworben hat. Dies konnte durch einen T-Test, bei dem ein Mittelwertvergleich bei einer gepaarten Stichprobe für die 23 Items des Faktenwissens durchgeführt wurde, festgestellt werden. Während vor dem Bodenprojekt der Mittelwert für richtige Antworten bei 9,5 lag, stieg er direkt nach dem Unterricht auf 12,6 an. Die Korrelation beträgt $r = ,55$. Ein Mittelwertvergleich bei gepaarter Stichprobe zeigte, dass die Stichprobenteilnehmer einen signifikanten Lernzuwachs aufbauten (Signifikanzniveau von 0,00). Diese Befunde wurden mit Hilfe der Effektstärkenberechnung nach Cohen auf ihre Bedeutsamkeit überprüft. Es kam eine Effektstärke von $d = ,88$ dabei heraus, bei der es sich im Sinne der Einschätzung nach Bortz und Döring um einen großen Effekt handelt (vgl. Bortz, Döring, 2005). In der folgenden Grafik sind die Veränderungen vom Vor- zum Nachtest für die Gesamtstichprobe sowie getrennt nach Schulniveau abgebildet:

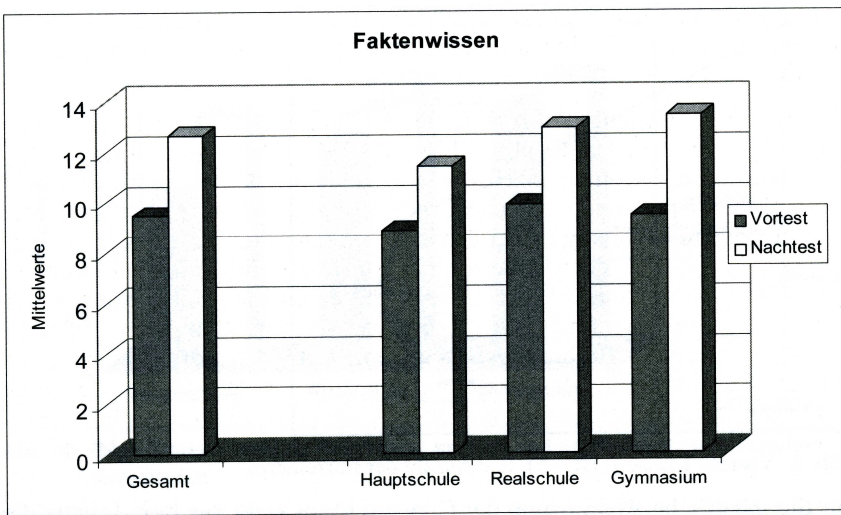


Abb. 2: Wissensentwicklung im Faktenwissen, Mittelwerte der richtig gelösten Aufgaben im Vor- und im Nachtest; Gesamtstichprobe und nach Schulart getrennt

Die Grafik zeigt, dass die SchülerInnen aller Schularten eine signifikante Steigerung an bodenrelevantem Faktenwissen erzielten. Das bedeutet, dass Projektunterricht trotz unterschiedlichen bereichsspezifischen Vorwissens auf allen Lernniveaus ausgesprochen ähnliche Lernfortschritte ermöglicht.

5.2 Entwicklung von vernetztem Wissen

In die quantitative Auswertung des Vernetzungsgrades von Wissen geht die Anzahl der richtigen Relationen (hier als *Richtige Relationen* bezeichnet) ein.

Für eine inhaltliche Analyse von vernetztem bodenrelevantem Wissen wurden die Begriffsnetze der Schüler mit einem von verschiedenen Experten erarbeiteten Referenznetz abgeglichen. Die erreichte Leistung des Schüler-netzes wurde zu dem Referenznetz in Beziehung gesetzt. Diese Auswertungsmethode hat bei komplexen und auf freien Begriffen basierenden Concept Maps Bedeutung erlangt. In die Begriffsnetze, die von Peuckert und Fischler zu Forschungszwecken benutzt wurden, gingen 39 Begriffe ein (Fischler & Peuckert, 2000; Peuckert, 2000). Bei dem Begriffsnetz dieser Studie handelt es sich dagegen um eine einfache Concept Map mit acht Begriffen. Für die inhaltliche Auswertung wurden alle mit dem Experten-netz übereinstimmenden Relationen (hier als *Zentrale Relationen* bezeichnet) gezählt.

Die zwei Beispiele geben unterschiedliche Stadien der Vernetzung von Wissen wieder. Sie machen zum einen die heterogene Ausgangslage individueller Vorkenntnisse deutlich, zum anderen zeigen sie Alltagssprache und Alltagsvorstellungen.

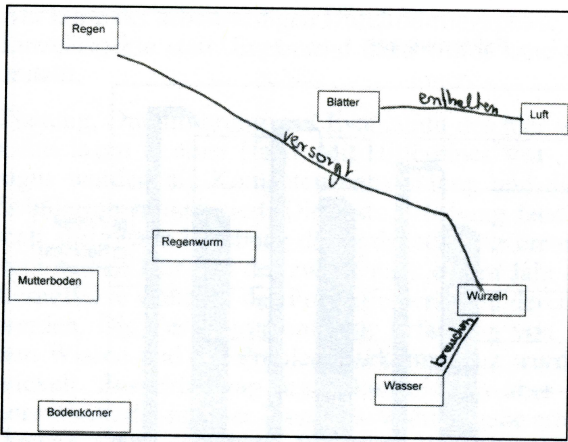


Abb. 3: Vortest, Klasse 7, (R = 5); R = Anzahl der Einzelnetze

Für die inhaltliche Auswertung der Concept Maps steht das Item Inhalte der zentralen Relationen. Die Anzahl der richtigen, zentralen Relationen weist auf die Verständnisse von Zusammenhängen hin. SchülerInnen dieser Alterstufe finden eine Menge Verknüpfungen, können diese aber nur mit Alltagsbegriffen formulieren. Da die Verständnisse von Querbezügen erfasst werden sollen, werden die alltagssprachlichen Formulierungen mitgezählt. Ein Beispiel für Alltagssprache ist *Wurzeln, trinken' Wasser*. Dabei handelt es sich um eine Alltagsformulierung. Weiterhin fällt das Wort *brauchen* als sehr häufige Beschriftung auf. So kommen einige SchülerInnen im Vortest zu einer hohen Anzahl an Relationen unter vielfacher Verwendung von *brauchen* als Beschriftung einer Relation.

Die Befunde zeigen, dass der Vernetzungsgrad des bodenrelevanten Wissens signifikant zunahm. Die Hauptschüler starteten mit der geringsten Vernetzung und erzielten den höchsten Lernzuwachs, wie die hier dargestellten Abbildungen verdeutlichen:

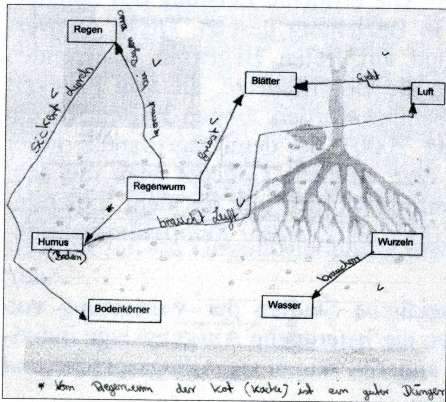


Abb. 4a: Nachttest Klasse 7, dieselbe Schülerin, (R = 2); R = Anzahl der Einzelnetze

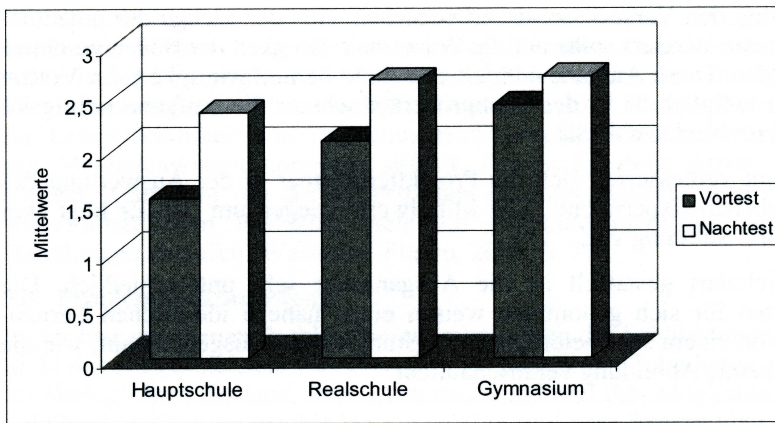


Abb. 4b: Begriffsnetz – zentrale Relationen, im Vor- und im Nachtest, nach Schulart differenziert

Auch die Schüler auf Realschulniveau integrierten mehr neues Wissen als die Gymnasiasten. Der Grund ist darin zu vermuten, dass die Gymnasiasten schon mit einem höheren bodenrelevanten Wissen in den Unterricht kamen. Die Integration von neuen Wissensbausteinen war bei den Gymnasiasten gegenüber dem Vortest nicht signifikant, bei Real- und Hauptschülern hingegen hochsignifikant (Signifikanz nach Pearson 2-seitig: 0,01). Aus diesem Ergebnis ist abzuleiten, dass SchülerInnen in der Lage sind, in einer komplexen Lernsituation Wissen zu vernetzen. Dies trifft ausdrücklich auch auf die Lernschwächeren zu. Der Zuwachs an bodenrelevanten Verknüpfungen zeigte eine Effektstärke von $d = .33$ und weist somit einen mittleren Effekt des Treatments auf.

Diese Befunde sprechen dafür, dass Projektlernen einen individuellen Lernzuwachs auch bei sehr heterogenen Lernvoraussetzungen fördert. Die Erarbeitung eines Wissensgebiets mit gleichen Mitteln bei sehr unterschiedlichem Vorwissensniveau führt zu gleichgerichteten Lerneffekten. Die hier gewonnenen Befunde lassen erkennen, dass gerade lernschwache SchülerInnen einen deutlicheren Zuwachs an Vernetzung aufweisen als die übrigen. Ein Erklärungsansatz für diesen Befund könnte in der genauen Passung von Vorwissen und Aufbau neuer Verständnisse liegen. Die Lernenden erweitern im Projektunterricht sehr individuell ihren Wissensstand. Das führt zu einem besonders auffälligen Fortschritt bei Lernschwächeren.

5.3 Methodenkompetenz

Da die SchülerInnen während der Durchführungsphase der Projektarbeit viele Lerngelegenheiten hatten, naturwissenschaftliche Erkenntnismethoden einzusetzen und darauf basierend neues Wissen zu konstruieren, wurde auch überprüft, ob sie Kompetenzen in der Anwendung von Erkenntnismethoden erworben haben. Dazu wurde eine zentrale Teilkompetenz der Experimentierfähigkeit, die Auswertung der Beobachtungen, exemplarisch berücksichtigt (Papier- und Bleistift Test). Anhand einer Abbildung mit Versuchen zur Wasserhaltefähigkeit von Boden musste in der Methodenaufgabe die richtige Schlussfolgerung gezogen werden. Dazu war es allerdings

notwendig, den Versuchsansatz zu verstehen. Aus der Menge des unten ankommenden Wassers sollte auf die Wasserhaltefähigkeit der Böden geschlossen werden. Diese Aufgabe enthielt eine hohe Itemschwierigkeit. Im Vortest konnten lediglich 31 % der Stichprobenteilnehmer die Aufgabe richtig lösen und im Nachtest 40 %.

Insgesamt verbesserten sich die Projektteilnehmer in der Auswertung des vorgegebenen Experiments. Die Mittelwerte stiegen um ,10. Es liegt aber eine große Streuung vor.

Nach Schulart gestaffelt ist die Ausgangslage sehr unterschiedlich. Die Schularten für sich genommen weisen einen nahezu identischen Lernzuwachs von einem sehr heterogenen Leistungsniveau ausgehend auf, wie die nachstehende Abbildung veranschaulicht:

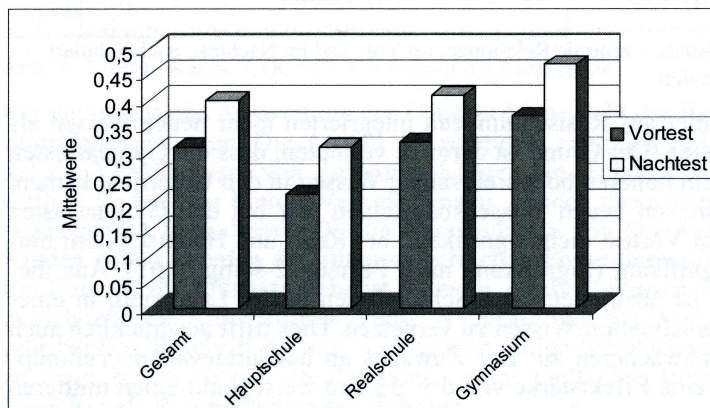


Abb. 5: Versuchsauswertung: Mittelwerte im Vor- und im Nachtest, Gesamtstichprobe und nach Schulart getrennt

Mittelwertvergleiche gepaarter Stichproben zeigen sowohl für die Gesamtstichprobe als auch für die einzelnen Schulniveaus einen signifikanten Lerneffekt hinsichtlich der Methodenaufgabe. Im Lösungsverhalten zeigten sich allerdings größere Unterschiede zwischen den Schularten als bei den anderen hier überprüften Kompetenzen. Eine einfaktorielle Anova mit dem Faktor Schulart stellt keine signifikanten Unterschiede in der Lernentwicklung zwischen den Schularten fest.

Die Fähigkeit, ein bodenbezogenes Experiment auszuwerten, zeigte signifikante Zusammenhänge mit den Aussagen der Variablen (*Es gefiel mir*) *Versuche zum Boden zu machen*, (*Es gefiel mir*) *eigene Versuche über einen längeren Zeitraum zu beobachten* und (*Es gefiel mir*) *Versuche zu verbessern* (nach Pearson, auf 0,01 [2-seitig] Signifikanzniveau). Das liegt auch nahe, wenn man davon ausgeht, dass zum einen Lernende, die sich positiv zu Versuchen äußern, auch gute Ergebnisse erzielen, und zum anderen eine experimentell ausgerichtete Lernkultur zu einer Methodensicherheit im Experimentieren führt.

Die zentrale Stellung der Erkenntnismethoden in Hinblick auf den Aufbau fachlichen Wissens zeigt sich in dem signifikanten Zusammenhang zwischen hoher Leistung in der Methodenaufgabe und der Anzahl richtig gelösten Faktenwissens (Pearson, 0,01 Niveau, 2-seitig). Daraus lässt sich für die Lernwirksamkeit von Projektunterricht ableiten, dass Fachwissen eng mit Methodenwissen korreliert auftritt. Dieses Ergebnis dürfte erwartet werden, wenn man von der theoretischen Annahme ausgeht, dass in naturwissenschaftlichen Projekten viele auf Erkenntnismethoden basierende Handlungen ablaufen (Wasmann-Frahm, 2008, S. 30).

5.4 Problemlösekompetenz

In der hier gegebenen Problemlöseaufgabe sollten die SchülerInnen aus der Sicht des Bürgermeisters zwischen drei verschiedenen Schulhöfen, die sich im ökologischen Zustand, dem Kostenaufwand und den Möglichkeiten für Schüleraktivitäten unterschieden, auswählen und eine Begründung für ihre Wahl geben.

Aufgabe

Stell dir vor, du bist der Bürgermeister von T. und es soll entschieden werden, welcher Schulhof für die KGST (Klaus-Groth-Schule T.) genommen wird.

Entscheide dich aus Sicht des Bürgermeisters für einen neuen Schulhof und begründe deine Entscheidung mit Argumenten.

Zur Lösung der Schulhofgestaltungsaufgabe wurde erwartet, dass verschiedene Perspektiven und berechnete Ansprüche gegeneinander abgewogen werden und auf dieser Basis eine Entscheidung getroffen wird. Die Hauptgesichtspunkte für eine Entscheidung waren Schüleraktivität (Spielen, Sport treiben), finanzielle Erwägungen, da für alle Schulhöfe ein Kostenvoranschlag mitgegeben war, und der Aspekt der Naturverträglichkeit. Es gab für die Aufgabe keine eindeutige Lösung.

Die Auswertung der Schulhofaufgabe erfolgte unter drei Aspekten:

1. Die Wahl des Schulhofes,
2. die Zahl der Argumente für den Schulhof,
3. qualitative Analyse der Argumente.

Die Wahl des Schulhofes ging als Nominalskala von 1-3 in die statistische Auswertung ein. Bezogen auf das Umweltbewusstsein kann sie als Ordinalskala angesehen werden, da die Schulhöfe von Nr.1 bis Nr. 3 zunehmend umweltschonend sind. Hof Nr. 3 ist der naturfreundlichste, während Hof Nr. 2 aus der Zusammenschau mehrerer Perspektiven günstig ist, so für sportliche Aktionen, aus finanziellen Gründen, im Vergleich zum ersten Hof eine naturnähere Lösung und für viele Schüler auch aus ästhetischem Empfinden eine Zustimmung wert.

Die Zahl der Argumente gibt Hinweise auf den Grad multiperspektivischen Denkens. Die qualitative Auswertung der Argumente erfolgte über ein Kategoriensystem, das aus dem offenen Antwortformat der Schulhofaufgabe

mit der Einteilung in Ästhetik, Aktion, Natur, Finanzen und Sonstiges gebildet wurde. Ein Beispiel für die Kategorie *Aktion* lautet: '...und es gibt viele Spielmöglichkeiten'; für die Kategorie *Natur*: '..., weil da viel Lebensraum für Tiere ist.' oder '..., weil da am meisten Grundwasser entsteht.' Die Kategorien der Argumente gehen als dichotome Struktur (ja/nein) in die statistische Auswertung ein.

Der Schulhof Nr. 2 wurde von den drei möglichen am häufigsten gewählt. Dies trifft auf den Vor- und auch den Nachtest zu. Im Nachtest waren die Nennungen für den Schulhof Nr. 1 und Nr. 2 leicht rückläufig. Dafür gab es eine deutliche Verschiebung (7,01 %) in Richtung des naturnahen dritten Schulhofs, die aber statistisch nicht signifikant ist.

Tab. 1: Verteilung der Wahl des Schulhofs, Angaben in Prozent, Differenzen zwischen Vor- und Nachtest

| Schulhof | Vortest | Nachtest | Differenzen |
|---------------|---------|----------|-------------|
| kein Schulhof | 2,47 % | 1,8 % | - 0,67 % |
| Schulhof 1 | 14,20 % | 11,2 % | - 3,00 % |
| Schulhof 2 | 58,64 % | 55,3 % | - 3,34 % |
| Schulhof 3 | 24,69 % | 31,7 % | + 7,01 % |

Die ökologischen Argumente für einen neuen Schulhof bilden Indikatoren für handlungsleitende Wertmaßstäbe in Bezug auf die Problemlöseaufgabe. Die inhaltliche Argumentation zu einem neuen Schulhof veränderte sich signifikant nur bei den ökologischen Argumenten. Während die auf Ästhetik, Aktion und Finanzen bezogenen Gründe für eine Schulhofgestaltung gleich blieben beziehungsweise leicht zurückgingen, stieg der Anteil der ökologisch orientierten Argumente deutlich an.

Ein Signifikanztest gepaarter Stichproben ergab, dass allein die ökologischen Argumente signifikant zunahmen. Die Signifikanz lag auf 0,00 Niveau (2-seitig) bei gepaarten Differenzen. Daraus ist abzuleiten, dass eine innere Wertebildung hinsichtlich des Bodenbewusstseins durch den Projektunterricht initiiert wurde. Es liegt nahe anzunehmen, dass der Aufbau subjektiver Wertmaßstäbe durch die unmittelbare, primäre Naturerfahrung mit dem Phänomen Boden stattgefunden hat. Diese Ergebnisse stimmen mit anderen Publikationen (Bögeholz, 1999; Lude, 2000; Rost, 1999) über den Zusammenhang von Umwelterfahrung und Umwelthandeln überein.

Die Zahl derjenigen Testteilnehmer, die kein Argument lieferten, reduzierte sich um die Hälfte. Dafür nahm die Anzahl, die nun drei Argumente nannte, deutlich zu. Auf die gewählten Schulhöfe Nr. 1 bis Nr. 3 bezogen wurden für die Wahl des ersten Schulhofs weniger Argumente diskutiert als für die anderen beiden.

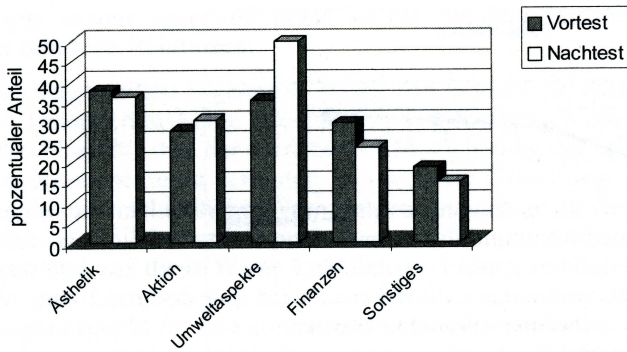


Abb. 6: Argumente der Schulhofgestaltung im Vor- und im Nachttest, Angaben in Prozent

Tab. 2: Kategorisierte Argumente in Prozent, Nachttest, getrennt nach Schulhof Nr. 1 bis Nr. 3

| Argumente | Schulhof 1 | Schulhof 2 | Schulhof 3 |
|------------|------------|------------|------------|
| Ästhetik | 5,6 % | 44,9 % | 29,4 % |
| Aktion | 61,1 % | 30,3 % | 21,6 % |
| Umwelt | 0,0 % | 43,8 % | 80,4 % |
| Finanzen | 55,6 % | 22,5 % | 15,7 % |
| Sauberkeit | 0,0 % | 5,6 % | 0,0 % |
| sonstiges | 16,7 % | 14 % | 15,7 % |

Multiperspektivität gilt als wichtiges Indiz für die Umsetzung der Problemlösekompetenz. SchülerInnen dieses Treatments fanden nicht nur Argumente, sondern wogen verschiedene Argumente gegeneinander ab und betrachteten die Gestaltung des Schulhofs aus verschiedenen Perspektiven.

Der zweite Schulhof bietet auf Grund seiner Vielgestaltigkeit die größte Fläche für multiperspektivische Standpunkte, denn es wurden fast gleich häufig Ästhetik und Umwelt genannt. Als Gegenspieler zu den ökologischen Erwägungen stand das Argument der Aktion. Die beiden Variablen *ökologische Gründe* und *Aktion* korrelierten dementsprechend negativ.

Ästhetische Argumente wurden dagegen überwiegend ergänzend zu ökologischen genannt. So wiesen die Variablen *Ästhetik* und *ökologische Aspekte* eine signifikante Korrelation auf (nach Pearson auf 0,05 Niveau).

5.5 Langzeitwirkung des Projektlernens

Die Werte für das Faktenwissen lagen nach sechs Monaten sogar höher als direkt nach dem Projektunterricht. Dazu wurde eine Teilstichprobe aus fünf Klassen des Treatments (n = 45) nach 6 Monaten noch einmal befragt. Die Mittelwerte richtiger Antworten (bezogen auf 23 Aussagen) erhöhten sich von 10,17 im Vortest über 13,73 im Nachttest auf 14,89 im Folgetest. Die folgenden Grafiken veranschaulichen diese Entwicklung:

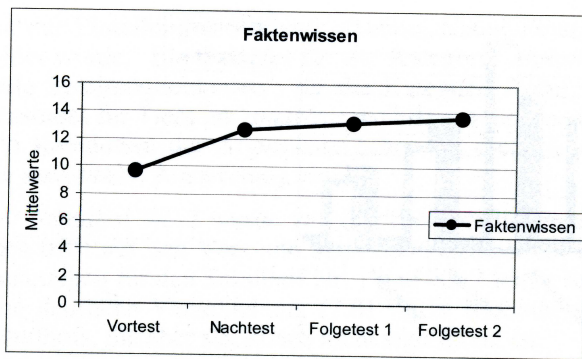


Abb. 7: Langfristige Entwicklung des Faktenwissens, Vortest (unmittelbar vor dem Treatment), Nachtest (unmittelbar nach dem Treatment), Folgetest 1 (nach einem halben Jahr), Folgetest 2 (nach einem Jahr)

Die kognitiven Lernzuwächse erwiesen sich in allen Schularten als langfristig stabil. Zudem fanden noch Lernfortschritte nach Beendigung des Unterrichts statt. Eine derartige Wissensentwicklung ist aus rezeptiven Unterrichtsverläufen nicht bekannt. Eine empirische Studie über Projektunterricht auf der dritten Klassenstufe über einen Bach kommt zu ähnlichen Schlüssen. Dort wurde allerdings nur biologisches Wissen abgefragt und hatte zum Ergebnis, dass Tierkenntnisse noch nach einem Jahr vorhanden waren, während das Wissen über Pflanzen stark abgenommen hatte (Bieberbach, 2000).

Die Tendenz der hohen Behaltenseffekte wird im vernetzten Wissen noch deutlicher.

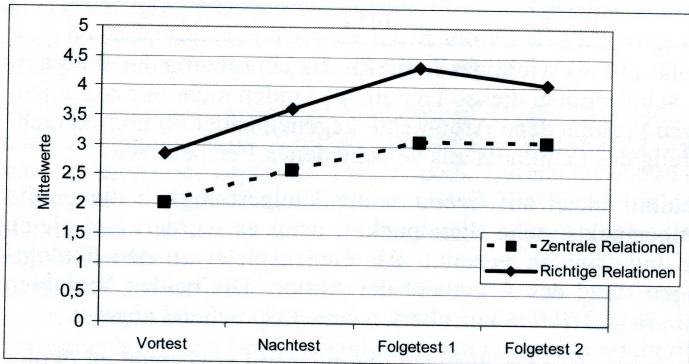


Abb. 8: Langfristige Entwicklung des Vernetzungsgrades von bodenrelevantem Wissen; zentrale Relationen: Abgleich mit dem Expertennetz; richtige Relationen: Gesamtzahl richtig gesetzter Verbindungen

Der begonnene Integrationsprozess von Wissensbausteinen geht nach dem eigentlichen Projekt weiter. Das geht aus dem Anstieg des Vernetzungsgrades vom Nach- zum Folgetest hervor. Offensichtlich ist die Verarbeitung des komplexen Lerngegenstandes am Ende der eigentlichen Lernphase noch nicht abgeschlossen. Hierzu liegen keine vergleichbaren Befunde aus der Didaktik vor. Es gibt zu wenige empirische Studien, die sich auf Langzeitwirkung von Lernen beziehen. Die Vernetzung selbst gewählter Relati-

onen liegt erwartungsgemäß höher als die mit dem Expertennetz abgeglichenen zentralen Relationen.

Die hier dargestellten Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass Projektunterricht in besonderem Maße geeignet ist, langfristiges Wissen aufzubauen. Ein Grund hierfür ist in der vernetzten Abspeicherung der selbst konstruierten Wissensselemente zu vermuten. Ein weiterer Grund liegt sicherlich darin, dass die unterschiedlichen Wahrnehmungszugänge zu dem Lerngegenstand eine hohe Elaboriertheit und einen vielfältigen Aufbau von Bezügen bewirken und auf diese Weise kumulatives Lernen ermöglichen. Darunter versteht man Lernprozesse, bei denen bereits vorhandene Wissensstrukturen Ausgangspunkt für neu zu verknüpfendes Wissen bilden (Berck, 2005). Diese Argumentation wird auch von anderen Didaktikern angeführt (Peuckert, 1997; Schemann, 1995; Semb et al., 1994).

In der Experimentierfähigkeit konnte gegenüber dem Nachtest nochmals eine signifikante Zunahme ermittelt werden. Auch hier wird eine Steigerung gegenüber den Ergebnissen unmittelbar nach dem Projekt sichtbar. Erst mit dem Folgetest, also ein Jahr nach dem Projektunterricht, zeigt dieser Lernfortschritt eine mittlere Effektstärke. Dieser Lerneffekt hat sicherlich mehrere Ursachen. Er könnte unter anderem auf kontinuierlich experimentell ausgerichteten naturwissenschaftlichen Unterricht, wie es in dem Schulprogramm der Gesamtschule, an der diese Studie durchgeführt wurde, festgeschrieben ist, zurückzuführen sein. Es kommt allerdings auch ein Effekt nachträglicher Verarbeitung in Betracht.

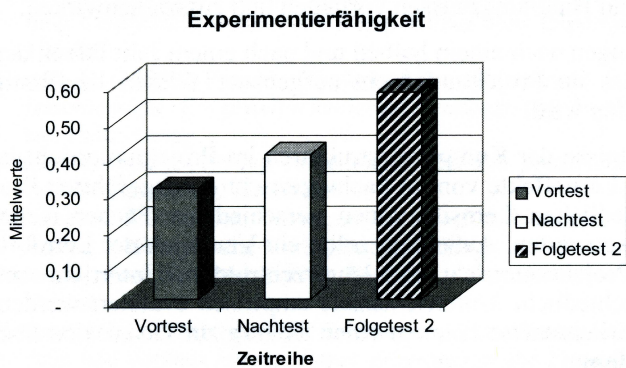


Abb. 9: Zeitreihe des Lernzuwachses an der Experimentieraufgabe, n=140, ohne Folgetest 1

6. Diskussion der Ergebnisse

Die durch Projektunterricht erworbenen Kompetenzstrukturen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: Projektunterricht ermöglicht einen kognitiven Lernfortschritt in dem Lerngebiet des Projektes. Das individuell aufgebaute Wissen bleibt langfristig fest verankert. Die Wissensbausteine werden vernetzt abgespeichert. Der Vernetzungsgrad nimmt nicht nur während der Projektphase zu, sondern erweitert sich noch nach Abschluss des

Projektunterrichts. Damit erweist sich Projektunterricht für kumulatives Lernen als geeignet.

Auch in der Anwendung naturwissenschaftlicher Methoden ist ein Lernfortschritt zu verzeichnen. Daraus ist zu schließen, dass die Methodenkompetenz durch Projektunterricht gefestigt und weiterentwickelt wird.

In Bezug auf die Bewertungskompetenz wurde eine Zunahme im Sinne der intendierten Wirkung des Projektunterrichts verzeichnet. An den Ergebnissen der Schulhofaufgabe wurde deutlich, dass SchülerInnen ohne explizite Vermittlung einer für die Bewertung von Boden notwendigen Einstellung die Fähigkeit, Boden auf Grund subjektiver Maßstäbe zu bewerten, weiter ausbildeten.

Die Schulhofaufgabe belegt außerdem, dass Projektunterricht zum Erwerb von Problemlösekompetenz beiträgt. Für eine Kompetenzentwicklung im Problemlösen gilt in der Pädagogischen Psychologie und in der Lehr-Lern-Forschung als sicher, dass dafür sowohl bereichsspezifisches Wissen als auch fächerübergreifende Fähigkeiten notwendig sind. Beide Kompetenzen werden in dem hier untersuchten Projektunterricht in der individuell stattfindenden aktiven Auseinandersetzung mit dem Projektgegenstand erworben.

Die empirischen Befunde ergeben als Fazit, dass Projektunterricht für die Ausbildung fächerübergreifender Kompetenzen geeignet erscheint, nicht weil inhaltlich fächerübergreifend gearbeitet wird, sondern weil die hierfür notwendigen Bedingungen wie Aufbau vernetzter Wissensstrukturen, Methodenkompetenz und Handlungswissen vorliegen und zusammenwirken.

Die Langzeiterhebungen nach einem halben und nach einem Jahr lassen den Schluss zu, dass das im Projektunterricht aufgebaute Wissen langfristig verankert und behalten wird.

Für genauere Kenntnisse der Kompetenzstrukturen im Projektunterricht ist es wünschenswert, Lerneffekte von im Fachunterricht durchgeführten Projekten in unterschiedlichen Lernsituationen verschiedener Fächer weiter wissenschaftlich auszuwerten. Außerdem sollte ein Vergleich der Lernfortschritte zwischen Projektunterricht und lehrerzentriertem Unterricht im Hinblick auf unterschiedliche Unterrichtsziele empirisch evaluiert werden. Dabei gewonnene Erkenntnisse könnten einen Beitrag zur Diskussion über guten Unterricht liefern.

Literatur

- Aebli, H. (2001). *Zwölf Grundformen des Lehrens*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Berck, K.-H. (2005). *Biologiedidaktik*. Wiebelsheim: Quelle&Meyer.
- Bieberbach, M. (2000). *Effizienz von Projektunterricht*. Empirische Untersuchungen über den langfristigen Lernerfolg von Projektunterricht hinsichtlich Wissen, Interesse und Einstellung am Beispiel des Themas „Lebensaum Bach“ in der 3. Jahrgangsstufe der Grundschule. Herdecke: GCA-Verlag.
- Biermann, S.; Büttner, G.; Lenzen, D.; Schulze, G. (1986). Laborschule (Stufe II): Das Projekt ‚Körper, Ernährung, Gesundheit‘. In D. Hänsel (Ed.), *Das Projektbuch Grundschule* (1 ed., pp. 140-161). Weinheim und Basel: Beltz.

- Bögeholz, S. (1999). *Qualitäten primärer Naturerfahrung und ihr Zusammenhang mit Umweltwissen und Umwelthandeln* (Vol. 5). Opladen: Leske + Budrich.
- Bögeholz, S.; Barkmann, J. (2005). Rational choice and beyond: Handlungsorientierte Kompetenzen für den Umgang mit faktischer und ethischer Komplexität. *Paper presented at the Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik Innsbruck*, Wien, Bozen.
- Bortz, J., Döring, N. (2003). *Forschungsmethoden und Evaluation*. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag
- Campo a, A.; Langlet, J.; Kremer, M.; Philipp, W. (2003). *Lernen und Können im naturwissenschaftlichen Unterricht – Denkanstöße und Empfehlungen zur Entwicklung von Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern*. MNU(3).
- Doll, J.; Prenzel, M. (2004). Das DFG-Schwerpunktprogramm "Bildungsqualität" von Schule (BIQUA): Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und übergreifender Kompetenzen. In J. P. Doll, M. (Ed.), *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (pp. 9-23). Münster: Waxmann.
- Eggert, S.; Hößle, C. (2006). Bewertungskompetenz im Biologieunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften, Biologie in der Schule*, 55(1), 1–10.
- Emer, W.; Lenzen, K.-D. (Ed.). (2005). *Projektunterricht gestalten - Schule verändern* (Vol. Band 6). Hohengehren: Schneider Verlag.
- Fischler, H.; Peuckert, J. (2000). Conceptmapping in Forschungszusammenhängen. In H. P. Fischler, J. (Ed.), *Conceptmapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie* (pp. 1-21). Berlin: Logos Verlag.
- Frey, K. (2002). *Die Projektmethode* (9 ed.). Weinheim: Beltz
- Hamann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle. Merkmale und ihre Bedeutung – dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *MNU*, 57(4), 196-203.
- Hänsel, D. (1999b). Projektmethode und Projektunterricht. In D. Hänsel (Ed.), *Projektunterricht Ein praxisorientiertes Handbuch* (pp. 54-93). Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Hänsel, D. (Ed.). (1999a). *Projektunterricht. Ein praxisorientiertes Handbuch (2 ed.)*. Weinheim und Basel: Beltz.
- Helmke, A. (2003). *Unterrichtsqualität erfassen, bewerten, verbessern* (Vol. 316). Seelze: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung.
- Jüdes, U.; Frey, K. (Ed.). (1997). *Biologie in Projekten (3 ed.)*. Köln: Aulis Verlag Deubner.
- Kattmann, U. (2003). Scientific Literacy und kumulatives Lernen im Biologieunterricht und darüber hinaus. *Paper presented at the Entwicklung von Wissen und Kompetenzen*, Berlin.
- Klieme, E. (2004). Was sind Kompetenzen und wie lassen sie sich messen? *Pädagogik*, 6, 10-13.
- Klieme, E.; Artelt, C.; Stanat, P. (2002). Fächerübergreifende Kompetenzen: Konzepte und Indikatoren. In F. E. Weinert (Ed.), *Leistungsmessungen in Schulen* (pp. 203-213). Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Klieme, E.; Leutner, D.; Wirth, J. (Ed.). (2005). *Problemlösekompetenz von Schülerinnen und Schülern*. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Klieme, E.; Lipowski, F.; Rukoczy, K.; Ratzka, N. (2006). Qualitätsdimensionen und Wirksamkeit von Mathematikunterricht. In Prenzel, M. & Allolio-Näcke, L. (Ed.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule* (pp. 127-147). Münster: Waxmann.

- KMK. (2004). Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz. Bonn.
- KMK. (2005). Lehrpläne der Bundesländer. Available: www.lehrplan.lernnetz.de 05.02.2006.
- Labudde, P.; Heitzmann, A.; Heiniger, P.; Widmer, I. (2005). Dimensionen und Facetten des fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts: ein Modell. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 9, 103-115.
- Leutner, D.; Klieme, E.; Meyer, K.; Wirth, J. (2004). Problemlösen. In PISA-Konsortium Deutschland (Ed.), *Pisa 2003* (pp. 147-175). Münster: Waxmann.
- Lude, A. (2000). *Naturerfahrung & Naturschutzbewusstsein*. Innsbruck, Wien, München: Studienverlag.
- Mayer, J.; Ziemek, H.-P. (2006). Offenes Experimentieren - Forschendes Lernen im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie*, 30(317), 4-12.
- Oelkers, J. (1999). Geschichte und Nutzen der Projektmethode. In D. Hänsel (Ed.), *Projektunterricht* (pp. 13-31). Weinheim und Basel: Beltz.
- Otto, B.; Perels, F.; Schmitz, B.; Bruder, R. (2006). Längsschnittliche und prozessuale Evaluation eines Trainingsprogramms zur Förderung sachspezifischer und fächerübergreifender (selbstregulativer) Kompetenzen. In Prenzel, M., Allolio-Näcke, L. (Ed.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule* (pp. 413). Münster/New York: Waxmann.
- Peuckert, J. (1997). Problemfeld Langzeitwissen – Nutzung kognitiver Lerntheorien bei der Gestaltung von Physikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(1), 21–34.
- Peuckert, J. (2000). Concept Maps als Diagnose und Auswertungsinstrument in einer Studie zu Stabilität und Ausprägung von Schülervorstellungen. In H. P. Fischler, J. (Ed.), *Conceptmapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie* (pp. 91-116). Berlin: Logos Verlag.
- Prenzel, M.; Allolio-Näcke, L. (Ed.). (2006). *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule*. Münster: Waxmann.
- Renkl, A. (1996). Träges Wissen. Wenn Erlerntes nicht genutzt wird. *Psychologische Rundschau*, 47, 78-92.
- Rost, J. (1999). Was motiviert Schüler zum Umwelthandeln? *Unterrichtswissenschaft*, 27(3), 213-231.
- Rost, J.; Lauströer, A.; Raack, N. (2004). *Abschlussbericht zum Projekt Fragebogen „Gestaltungskompetenz“*: IPN.
- Rost, J.; Prenzel, M.; Carstensen, C. H.; Senkbeil, M.; Groß, K. (2004). *Naturwissenschaftliche Bildung in Deutschland*. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Schemann, M. (1995). Diagnose von Wissensstrukturen: eine empirische Untersuchung. *Unterrichtswissenschaft*, 3, 208-228.
- Semb, G.B.; Ellis, J.A. (1994). Knowledge Taught in School: What is remembered? *Review of Educational Research*, 64(2), 253-286.
- Wasmann-Frahm, A. (Ed.). (2008). *Lernwirksamkeit von Projektunterricht – Eine empirische Studie über die Wirkung des Projektunterrichts in einer sechsten Jahrgangsstufe am Beispiel des Themenfeldes Boden* (Vol. 6). Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Wöll, G. (1998). *Handeln: Lernen durch Erfahrung: Handlungsorientierung und Projektunterricht* (Vol. 23). Hohengehren: Schneider.

Anschrift der Autorin:

Dr. Astrid Wasmann-Frahm, Dorfstr. 7, 25436 Groß Nordende, E-Mail: Astrid.Frahm@web.de