

PAUL JATZWAUK, STEFAN RUMANN, ANGELA SANDMANN

Der Einfluss des Aufgabeneinsatzes im Biologieunterricht auf die Lernleistung der Schüler – Ergebnisse einer Videostudie

The effect of usage of tasks in biology education on learning performance – a video study

Zusammenfassung

Obwohl seit langem die Forderung nach einer Weiterentwicklung der Aufgabenkultur für den Unterricht im Fach Biologie besteht, liegen bislang keine empirisch abgesicherten Erkenntnisse darüber vor, in welchem Umfang Aufgaben im Biologieunterricht eingesetzt werden, welche Merkmale sie haben und wie sich unterschiedliche Ausprägungen dieses Aufgabeneinsatzes auf die Leistungsentwicklung der Schüler auswirken. In einer Feldstudie in 45 Gymnasialklassen der Jahrgangsstufe 9 im Fach Biologie wurde der Einsatz von Aufgaben mittels Videoanalyse untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass der Biologieunterricht überwiegend durch die Bearbeitung von Aufgaben gekennzeichnet ist und dass ein zeitlich umfangreicherer Einsatz von Aufgaben insbesondere bei leistungsschwachen Klassen auch mit einem höheren Lernzuwachs assoziiert ist. In der Betrachtung einzelner Aufgabenmerkmale wird deutlich, dass die eingesetzten Aufgaben meist einen geringen kognitiven Anspruch besitzen und dass zu ihren Lösungen vielfach lediglich Kurzantworten erforderlich sind. Zusammenhänge zwischen den kognitiven Anforderungen der eingesetzten Aufgaben und der Leistungsentwicklung der Schüler werden im Beitrag diskutiert. Schlüsselwörter: Aufgabeneinsatz, Biologieunterricht, Videoanalyse

Abstract

For a long time there has been a demand for further enhancement of a more effective use of tasks in biology education. At present there is no empirical data though at what scale tasks are being used in biology lessons, which characteristics they have and how these characteristics have an impact on students' learning. In a field study the use of tasks in biology lessons was tested by video analysis in 45 9th grade grammar school classes. The results show that biology lessons are predominantly characterized by working on tasks and that a more extensive use of tasks is associated with an increase in learning. By focussing on individual characteristics of the tasks it becomes evident, that the used tasks mostly have a low cognitive standard and that in many cases only short answers are required. Correlations between cognitive requirements of the used tasks and the students' development of performance are being discussed in the following article.

Keywords: use of tasks, biology education, video analysis

1 Aufgaben als Lerngelegenheiten und Instrumente zur Steuerung von Unterricht

Bruder (2003) sieht in einem flexiblen und vielseitigen Umgang mit Aufgaben ein großes Potential zum nachhaltigen Lernen. Dieses Potential, so Bruder, resultiert aus der Vielzahl von Funktionen, die Aufgaben im

Unterricht übernehmen können. Über faszinierende Kontexte und interessante Fragestellungen schaffen sie in Einstiegsphasen ein Lernmotiv, lösen Unsicherheiten bezüglich der Richtigkeit bereits vorhandener Vorstellungen aus und animieren Schüler zur intensiveren Auseinandersetzung mit den jeweiligen Inhalten (vgl. Häußler & Lind, 1998). In Erarbeitungsphasen stellen Aufga-

ben „die Schnittstelle zwischen bereits erworbenen Kenntnissen und Fähigkeiten und neu zu erwerbendem Wissen und Können“ dar (Knoll, 1998, 47). Im Zusammenhang mit der Wiederholung und Anwendung von Lernstoff werden Aufgaben in der Unterrichtspraxis wahrscheinlich am stärksten wahrgenommen. Aufgaben dienen dabei der Reaktivierung, Festigung und Aktualisierung bereits vorhandenen Wissens und Könnens und der Verknüpfung bzw. Vernetzung des bereits Gelernten mit neuen Inhalten (vgl. Häußler & Lind, 1998). Anwendungsaufgaben verhindern die Entstehung sogenannten „trägen Wissens“ (Renkl, 1996), welches nicht auf neue Situationen übertragen werden kann und fördern die fachspezifische Problemlösefähigkeit (vgl. Taconis, 2001). Auch Aufgaben, die zur Überprüfung einer Leistung dienen (Leistungs- oder Testaufgaben), können das Lernen über die erneute Auseinandersetzung und das intensive Durchdenken des Lerninhalts fördern. Sie wirken u. a. als motivierende Elemente auf den Schüler, wobei sowohl extrinsische Faktoren, wie z.B. der Notendruck, als auch intrinsische Anreize bei der Evaluation eine Rolle spielen (vgl. Crooks, 1988).

Aus der Perspektive der Lernenden bieten Aufgaben einzigartige Möglichkeiten, sich individuell und intensiv mit den Fachinhalten auseinanderzusetzen (vgl. Stäudel, 2004) und langfristig den eigenen Kompetenzzuwachs und die Selbstwirksamkeit zu erfahren (vgl. Hammann, 2006). Aufgaben tragen in diesem Kontext zu selbstreguliertem Lernen bei, indem sie dem Schüler unmittelbare Rückmeldung über das Gelernte geben. Integriert in Schülerarbeitsphasen entlasten Aufgaben Lernende von dem Klima permanenter Überprüfung, wie es während eines fragend-entwickelnden Unterrichtsgesprächs oftmals entsteht (vgl. Stäudel, 2004). Der Schüler kann sich, anders als in der Plenumsarbeit, innerhalb eines gegebenen Zeitrahmens individuell und meist ohne unmittelbare Überprüfung dem Lernstoff widmen und sich so auf das *Lernen* konzentrieren ohne gleichzeitig

Aufmerksamkeit dem *Können* widmen zu müssen.

Aufgaben bieten jedoch nicht nur dem Schüler die Möglichkeit, Lernen zu regulieren. Sie stellen auch ein wichtiges Instrument für den Lehrer dar, Lernprozesse zielgerichtet zu steuern. Sowohl die für die Planung von Unterricht wichtigen Lernvoraussetzungen der Schüler als auch Lernfortschritte, Lernschwierigkeiten im Unterrichtsverlauf sowie das abschließende Erreichen der Lernziele werden an der Qualität der Aufgabenbearbeitung deutlich (vgl. Crooks, 1988). Über den Einsatz von Aufgaben kann der Lehrer nicht nur die einer Lerngruppe inhärente Leistungsheterogenität offen legen sondern dieser auch durch individuell adaptierte Aufgaben mit Binnendifferenzierung begegnen. Im Hinblick auf konkrete Unterrichtsabläufe sieht Scholz (1980) Aufgaben als Mittel zur Strukturierung von Unterricht, da Aufgaben stets neben einem Lernziel und einem zu bearbeitenden Inhalt auch mehr oder weniger explizit bestimmte Methodenarrangements und Interaktionsformen implizieren.

1.1 Aufgaben als effektive Instruktionsmaßnahme – empirische Befunde

Durch eine Vielzahl empirischer Studien in verschiedenen Forschungsbereichen konnte nachgewiesen werden, dass der Einsatz von Aufgaben lernförderlich ist und die Effektivität von Informationsaufnahme- und Informationsverarbeitungsprozessen von Schülern positiv beeinflusst (vgl. Crooks, 1988; Helmke & Weinert, 1997; Tepner, Melle & Roeder, 2006). So zeigen zum Beispiel Forschungen zur Rezeption von Texten die lernförderliche Wirkung von zum Textinhalt gestellten Fragen (vgl. Hamaker, 1986). Diese als „adjunct questions“ bezeichneten Aufgaben, die auch bei der Erarbeitung von Lernstoff mit Lehrbüchern oder Arbeitsblättern im Biologieunterricht eine Rolle spielen, verbessern je nach Positionierung zum Basistext das Lernen durch unterschiedliche Wirkmechanismen. Vor einem Text gestell-

te adjunct questions verbessern das Lernen durch die Fokussierung der Aufmerksamkeit des Lesers auf die relevanten Sachverhalte (vgl. Reynolds & Anderson, 1982). Als nach der Lektüre des Textes zu beantwortende Fragen rufen sie ein erneutes Durchdenken und dadurch stärkeres Elaborieren und besseres Behalten der Textinformation hervor (vgl. Peeverly & Wood, 2001).

Dabei scheint auch der Anspruch der eingesetzten Aufgaben einen Einfluss auf die Lernwirksamkeit der zum Text gestellten Aufgaben zu haben. Es liegen Hinweise vor, dass anspruchsvolle Aufgaben für das Erreichen anspruchsvoller Lernziele unentbehrlich sind (vgl. Hamaker, 1986). Kunter et al. (2006) konnten in jüngster Zeit in Studien zum Mathematikunterricht zeigen, dass eine stärkere kognitive Aktivierung im Unterricht durch anspruchsvolle Aufgaben zu einer höheren Lernleistung führt.

1.2 Aufgaben im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht

„In der Weiterentwicklung von Aufgabenstellungen und der Form ihrer Bearbeitung liegt ein beträchtliches Potential zur Verbesserung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ (BLK, 1997, 89). Diese Empfehlung der Expertengruppe im BLK-Gutachten zum Modellversuch SINUS (Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts) ist Ausgangspunkt der vielfältig vorgetragenen Forderung nach einer neuen Aufgabenkultur. Insbesondere die Ergebnisse der deutschen Schüler in den internationalen Vergleichsstudien TIMSS (vgl. Baumert, Bos & Watermann, 2000) und PISA (vgl. Baumert et al., 2001; Prenzel et al., 2004; Prenzel et al., 2007) geben Anlass, Maßnahmen zur Verbesserung des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu treffen. Unter Aufgabenkultur wird dabei nicht nur die Quantität und Qualität der Aufgaben verstanden, sondern auch ihre inhaltliche Vernetzung und insbesondere ihre Einbettung in den Unterrichtsprozess (vgl. Leisen, 2003). Die Forderung

nach einer Weiterentwicklung der Aufgabenkultur wirft die Frage nach sinnvollen Ansatzpunkten für Veränderungen auf.

Die im BLK-Gutachten für den naturwissenschaftlichen Unterricht festgestellten Mängel können als Beleg angesehen werden, dass vermutlich auch der Biologieunterricht als Teil des naturwissenschaftlichen Unterrichts von einem fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch dominiert wird und der Einsatz von Aufgaben eher marginale Bedeutung besitzt. Bezüglich der Qualität der Aufgaben und ihrer Verwendung wird vermutet, dass Aufgaben zu stark auf Rezeption und Reproduktion ausgerichtet sind und in zu geringem Maße die Anwendung von Lernstoff fordern (Blume & Rademann, 2000). Es wird eine flexibler funktionalisierte, stärker auf die Bearbeitung von komplexen Problemen in variierenden Kontexten ausgerichtete Verwendung von Aufgaben gefordert (vgl. Hamann, 2006).

Diesen kritischen Einschätzungen und den Forderungen nach Veränderungen liegen jedoch kaum gesicherte Ergebnisse über den Aufgabeneinsatz zugrunde. Sowohl der Mathematik- als auch der Physikunterricht sind intensiver erforscht als der Unterricht im Fach Biologie. Befunde aus diesen Fächern können erste Hinweise geben für mögliche Ausprägungen des Aufgabeneinsatzes im Biologieunterricht. Wichtige Erkenntnisse zum Einsatz von Aufgaben im mathematisch-physikalischen Unterricht konnten über Videostudien gewonnen werden. Die TIMS-Videostudie (vgl. Stigler, Gonzales, Kawanaka, Knoll & Serrano, 1999) konnte zeigen, dass das Einüben von Routinen und eine konvergente Ausrichtung auf eine einzige Lösung typisch für den deutschen Mathematikunterricht sind. Die Unterrichtsführung wird im Wesentlichen durch zwei analoge Skripte dominiert: Die Erarbeitung neuen Unterrichtsstoffes erfolgt entweder durch ein eng vom Lehrer geführtes, kurzschrittiges, fragend-entwickelndes Unterrichtsgespräch oder an Hand der Bearbeitung einer Aufgabe durch einen Schüler an der Tafel mit Hilfe des Lehrers. Entsprechende Befunde aus internatio-

nenalen Videostudien über den deutschen naturwissenschaftlichen Unterricht liegen nicht vor, da Deutschland kein Teilnehmerland der auf den naturwissenschaftlichen Unterricht bezogenen TIMS-Videostudie (Roth et al., 2006) war. Für den deutschen Physikunterricht konnten allerdings ähnlich Muster wie für den deutschen Mathematikunterricht nachgewiesen werden (Seidel, 2003; Reyer, 2004). Auch hier nehmen Schülerarbeitsphasen und die damit verbundene individuelle Bearbeitung von Aufgaben geringere Anteile ein als die Plenumsarbeit.

Speziell für den Biologieunterricht stellt sich die deskriptive Forschungslage unbefriedigend dar. Es liegen lediglich einige empirisch gestützte Hinweise bezüglich der Ausprägungen des Aufgabeneinsatzes vor. In einer Längsschnittstudie stellte Upmeyer zu Belzen (1998) bei der Einschätzung des kognitiven Niveaus der Unterrichtsabschnitte im Biologieunterricht einer 6. Klasse fest, dass die meisten Unterrichtsphasen Prozesse auf den Niveaus *Wissen* und *Verstehen* der Bloom'schen Lernzieltaxonomie (Bloom, 1956) fordern, anspruchsvollere kognitive Aktivitäten werden bedeutend seltener gefordert. Darüber hinaus entfällt mit einem Anteil von acht Prozent lediglich ein sehr geringer Teil der Unterrichtszeit auf die Bearbeitung von Aufgaben in Schülerarbeitsphasen.

2 Ziel der Studie

Wie dargestellt wurde, fehlen grundlegende Erkenntnisse darüber, wie häufig, mit welchem Ziel und in welcher Qualität Aufgaben im Biologieunterricht genutzt werden. Der vorliegende Beitrag kommt diesen Forschungsdesiderata nach. Es werden die Ergebnisse einer videobasierten Analyse des Einsatzes von Aufgaben im Biologieunterricht der Jahrgangsstufe 9 am Gymnasium in Nordrhein-Westfalen berichtet. Die Studie ist eingebettet in ein Forschungsprojekt zum Aufgabeneinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht (Tiemann, 2003; Tiemann, Rumann, Jatzwauk & Sandmann, 2006).

Im Mittelpunkt der Studie stehen die Analyse des Einsatzes von Aufgaben im Biologieunterricht und die Untersuchung möglicher Zusammenhänge des Aufgabeneinsatzes mit dem Lernzuwachs der Schüler. Im Einzelnen wurden folgende Forschungsfragen bearbeitet:

1. Welchen zeitlichen Umfang haben auf Aufgaben bezogene Aktivitäten im Biologieunterricht?
2. Welche kognitiven Anforderungen (kognitives Niveau, Antwortformat) stellen die im Biologieunterricht eingesetzten Aufgaben?
3. Welche Zusammenhänge bestehen zwischen Merkmalen des Einsatzes von Aufgaben und dem Lernzuwachs der Schüler?

3 Untersuchungsdesign

Die Hauptuntersuchung erfolgte im Fach Biologie in 45 Klassen der neunten Jahrgangsstufe bei 45 Lehrern an insgesamt 39 Gymnasien in Nordrhein-Westfalen. Die Teilnahme an der Untersuchung basierte auf Freiwilligkeit, so dass eine Gelegenheitsstichprobe vorlag (mit balancierter Stadt-Land-Verteilung). Die 45 Lehrkräfte, 25 Lehrerinnen und 20 Lehrer, hatten im Mittel ein Alter von 44.5 Jahren (SD= 10.8) und waren im Durchschnitt 16.9 Jahre (SD= 11.2) im Schuldienst tätig. Insgesamt nahmen an der Studie 1138 Schüler teil, 575 Mädchen und 563 Jungen. Das mittlere Alter der Schüler betrug 14.8 Jahre (SD= 0.6). Die mittlere Klassengröße betrug 25.3 Schüler (SD= 2.6).

Es wurde ein quasi-experimentelles „Vor-test-Nachtest-Design“ realisiert (vgl. Cook & Campbell, 1979). Dieses Design ermöglicht die Analyse deskriptiver Daten zum Aufgabeneinsatz im Biologieunterricht in Relation zu Leistungsdaten, um so Hinweise auf Zusammenhänge zwischen verschiedenen Ausprägungen des Einsatzes von Aufgaben und dem Lernzuwachs der Schüler zu erhalten.

Im Zentrum der Studie stand die Videographie von Biologie-Unterrichtsstunden und die darauf basierende Beobachtung und Analyse der eingesetzten Aufgaben. Pro Lehrperson bzw. Klasse wurde eine Unterrichtsstunde aufgezeichnet. Dabei wird entsprechend des Konzepts einer relativen Konstanz davon ausgegangen, dass eine Unterrichtsstunde als repräsentativ für das Unterrichten der jeweiligen Lehrperson angesehen werden kann (vgl. Rogosa, Floden & Willett, 1984). Die von den Lehrern in der Unterrichtsstunde verwendeten Materialien, sofern sie Aufgaben enthielten oder für die Einschätzung der gestellten Aufgaben relevant waren, wurden für die Analyse gesammelt. Um die Videodaten mit Leistungsdaten in Zusammenhang bringen zu können, wurde eine thematische Eingrenzung des beobachteten Unterrichts getroffen. Fokussiert wurde auf den Themenbereich „Blut und Blutkreislauf“. Es wurden keine methodischen oder inhaltlichen Einschränkungen vorgegeben. Vor Beginn und zum Ende der Unterrichtsreihe wurde ein themenspezifischer Leistungstest eingesetzt, um den Lernzuwachs der Schüler zu erfassen. In einer weiteren Videostudie zum Biologieunterricht wurden die erhobenen Daten über den Aufgabeneinsatz hinaus auch in Bezug auf die inhaltliche Vernetzung biologischer Unterrichtsinhalte ausgewertet (s. dazu Wadouh, 2008; Wadouh, Sandmann & Neuhaus, eingereicht).

4 Methoden und Instrumente

4.1 Definition der Analyseeinheit Aufgabe

Bevor die im Unterricht eingesetzten Aufgaben kategoriegeleitet analysiert werden können, muss zunächst die Analyseeinheit *Aufgabe* definiert und objektiv und reliabel identifiziert werden (vgl. Greve & Wentura, 1997). Bei der Analyse des zeitlichen Umfangs der auf Aufgaben bezogenen Aktivitäten wurde auf feste Zeitintervalle von 10s

Dauer zurückgegriffen. In Bezug auf die Identifizierung und Beurteilung der einzelnen Aufgaben bietet sich eine solche Vorgehensweise nicht an. Hier erfolgte die Kodierung nicht zeitbasiert, sondern ereignisbasiert auf der Ebene einer jeden Aufgabe.

Da die Anzahl der zu identifizierenden Aufgaben pro Arbeitsphase durch alphanumerische Kennzeichnungen oder räumlich-grammatische Trennungen einer erheblichen Willkür der Lehrperson unterliegt, wurden in dieser Studie *Operatoren* als Indikatoren zur Festlegung der Analyseeinheit „Aufgabe“ genutzt. Operatoren sind Handlungsanweisungen bzw. allgemeine Handlungsprogramme (vgl. Seel, 2003), die in Form von Verben in der Imperativform, z.B. „Nenne...“, oder äquivalenten Formulierungen in Form von Substantiven oder Fragewörtern, z.B. „Beobachtung: ...“ oder „Welche...?“, vorkommen. Ein Operator („Was soll ausgeführt werden?“) ist meist gruppiert mit der Angabe des zu behandelnden Objekts („Womit soll etwas ausgeführt werden?“) und der Angabe der Art und Weise der durchzuführenden Handlung („Wie soll etwas ausgeführt werden?“). Eine Aufgabe wurde somit als „Operatoraufgabe“ wie folgt definiert: Als Aufgabe zählt jede inhaltsbezogene Denk- und Handlungsaufforderung, die genau einen eigenständigen Operator oder eine einem eigenständigen Operator äquivalente Formulierung enthält (Jatzwauk, 2007). Der Begriff „inhaltsbezogen“ verdeutlicht die notwendige Fokussierung der Aufgabe auf einen fachspezifischen Inhalt. Beispiele für solche Aufgaben wären „Nenne die Namen von fünf Wirbeltierarten!“ oder „Informiert euch im Internet über die Bedrohung des Regenwalds.“ Diese Vorgehensweise ermöglicht die objektive Quantifizierung der zu analysierenden Unterrichtsaufgaben.

Neben der Definition über einen Operator erfolgte eine weitere Festlegung der Untersuchungseinheit „Aufgabe“ über die Vorgabe, dass ausschließlich Aufgaben in Schülerarbeitsphasen betrachtet wurden. Mündliche Fragen, welche im Unterrichtsgespräch gestellt wurden, wurden nicht erfasst. Diese

Festlegung wurde getroffen, da nur die in Schülerarbeitsphasen gestellten Aufgaben eine individuelle, zeitlich länger andauernde und intensive Auseinandersetzung mit dem Lernstoff im Unterricht für alle Schüler im Unterricht ermöglichen bzw. herausfordern. Die Objektivität und Reliabilität der Identifizierung der Aufgaben wurde überprüft, indem zwei geschulte Kodierer unabhängig voneinander die gestellten Aufgaben aus acht Unterrichtsstunden identifizierten. Die Inter-Rater-Übereinstimmung betrug 94,1 %. Eine Anwendung eines zufallsbereinigten Koeffizienten, wie *Cohen's κ* war an dieser Stelle nicht möglich, da bei der Identifikation der Aufgaben die zu vergleichenden Fälle erst mit dem Prozess der Identifizierung erzeugt wurden.

4.2 Unterrichtsvideografie und Kategorien der Aufgabenanalyse

Die Aufzeichnung der Unterrichtsvideos wurde in Anlehnung an Stigler et al. (1999) und Seidel (2003) standardisiert durchgeführt. Es fanden bei der Aufnahme zwei im Klassenraum fest positionierte Kameras und vier Funkmikrofone Verwendung. Eine der Kameras, die *Aktionskamera*, wurde von einem Mitarbeiter der Untersuchung geführt. Diese Kamera nahm die Perspektive des *idealen Schülers* ein, d.h. sie schwenkte jeweils auf den Mittelpunkt des aktuellen Unterrichtsgeschehens (vgl. Seidel, Prenzel, Duit & Lehrke, 2003). Die zweite Kamera, die *Überblickskamera*, wurde nicht geführt und nahm das Unterrichtsgeschehen aus der frontalen Perspektive im Überblick auf.

Die Entwicklung des Kategoriensystems zur Auswertung der Unterrichtsvideos geschah auf Grundlage der Entwicklung von Beobachtungsverfahren nach Bos & Tarnai (1999). Zunächst erfolgte die Operationali-

sierung geeigneter Kategorien auf Basis theoretischer Annahmen zum Forschungsbereich und der Forschungsfragen (s. Kap. 2). Diese Kategorien wurden in einer Pilotstudie an vier Unterrichtsstunden erprobt. Die Kodierung der Unterrichtsaufzeichnungen, also die Zuordnung von Text- bzw. Videoabschnitten zu Kategorien, erfolgte durch trainierte Kodierer anhand eines Kodiermanuals. Eine theoretische (konsensuelle) Validierung des Kategoriensystems wurde in einem iterativen Verfahren vorgenommen. Objektivität und Reliabilität des Kategoriensystems wurden anhand der Berechnung von Beurteilerübereinstimmungen überprüft. Als Kennwerte wurden *Cohen's κ* bzw. die prozentuale Übereinstimmung (PÜ) gewählt¹. Im Folgenden werden die für Forschungsfragen relevanten Variablen des Kategoriensystems detailliert beschrieben:

Variable: Zeitlicher Umfang und Phasen des Einsatzes von Aufgaben

Der zeitliche Umfang des Aufgabeneinsatzes lässt sich unmittelbar aus der zeitbasierten Kodierung der Phasen des Aufgabeneinsatzes ableiten. Die Variable „Zeitlicher Umfang und Phasen des Einsatzes von Aufgaben“ erfasst in Anlehnung an Seidel (2003), wie viel Zeit im Unterricht für die auf Aufgaben bezogenen Aktivitäten verwendet wird (s. Tab. 1). Die Kodierung der Variable erfolgte intervallbasiert mit Hilfe des Programms Videograph (Rimmele, 2002), wobei die Länge der Intervalle 10s betrug. Folgende Kennwerte wurden ermittelt: $\kappa = .86$; PÜ= 90.1 %; N = 2115 Intervalle.

Variable: Niveau des kognitiven Prozesses der Aufgaben

Diese Variable erfasst das Niveau der für die Lösung einer Aufgabe notwendigen kognitiven Prozesse. Die Kodierung erfolgte ergebnisbasiert, also bezogen auf eine einzelne

¹ Als Basis für die Doppelkodierung wurden zunächst 10 % der Gesamtstichprobe gewählt. Teilweise wurde diese Stichprobe erweitert, um auch bei einer sehr geringen Varianz in den Daten die Berechnung von *Cohen's κ* zu ermöglichen.

Aufgabe. Der Begriff *Niveau* wird dabei im qualitativ differenzierenden Sinne verstanden. Er beschreibt den kognitiven Anspruch des Prozesses, eine Stufung der Schwierigkeit entlang dieser Niveaus ist zwar denkbar, aber nicht a priori impliziert. Zur Erfassung des Prozessniveaus wurden die in Tabelle 2 dargestellten Kategorien verwendet, welche auf das Kategoriensystem von Lowyck (1976) und das Modell der Verarbeitungsprozesse beim Zusammenfassen von Lehrtext-

ten von Schnotz, Ballstaedt & Mandl (1981) zurückgehen. Die Variable wurde disjunkt kodiert, das heißt, jeder Aufgabe wurde nur ein Niveau zugeordnet. Bei der Bestimmung des Niveaus der Aufgabe wurde jeweils der kognitiv anspruchsvollste Prozess, der zur Lösung notwendig war, berücksichtigt. Zur Prüfung der Kodierreliabilität wurden folgende Beurteilerübereinstimmungen ermittelt: $\kappa = .85$; $P\ddot{U} = 87.9\%$; doppelt kodierte Stichprobe $N = 140$ Aufgaben.

Tab. 1: Variable „Zeitlicher Umfang und Phasen des Einsatzes von Aufgaben“

Kategorie	Beschreibung
1 Instruktion	Stellen und Erläutern der Aufgaben durch den Lehrer
2 Bearbeitung	Bearbeiten der Aufgaben durch die Schüler
3 Auswertung	Vergleichen und Auswerten der Lösungen der Aufgaben
4 Anderes	Aktivitäten, welche keinen Bezug zu Aufgaben aufweisen
0 Nicht bestimmbar	Aktivitäten sind nicht eindeutig bestimmbar

Tab. 2: Variable „Niveau des kognitiven Prozesses der Aufgaben“

Kategorie	Beschreibung
1 Sensumotorisch	Die Aufgabe erfordert die Durchführung nicht-kognitiver Tätigkeiten.
2 Rezipieren	Die Aufgabe erfordert die Aufnahme von Informationen ohne anschließende Darstellung.
3 Rezipieren und Darstellen ohne Transformation	Die Aufgabe erfordert die Aufnahme und Darstellung von Informationen ohne Änderung der Darstellungsform.
4 Rezipieren und Darstellen mit Transformation	Die Aufgabe erfordert die Aufnahme und Darstellung von Informationen mit Änderung der Darstellungsform.
5 Reproduzieren	Die Aufgabe erfordert die Wiedergabe (Reproduktion) von Informationen aus dem Gedächtnis.
6 Konvergentes Denken	Die Aufgabe erfordert die schlussfolgernde Verarbeitung von gegebenen Informationen, wobei es für die Lösung der Aufgabe eine einzige mögliche Lösung gibt.
7 Divergentes Denken	Die Aufgabe erfordert die schlussfolgernde Verarbeitung von gegebenen Informationen, wobei es für die Lösung der Aufgabe mehrere Lösungen gibt. Ebenso gehören Aufgaben zu dieser Kategorie, welche die Bewertung auf Grund deskriptiver oder normativer Maßstäbe erfordern.
0 Nicht bestimmbar	Das Niveau des kognitiven Prozesses ist nicht bestimmbar.

Tab. 3: Variable „Antwortformat der Aufgaben“

Kategorie	Beschreibung
1 Sensumotorisch/ Rezipieren	Die Aufgabe erfordert keine explizite verbale oder graphische Antwort.
2 Geschlossenes Format	Die Aufgabe besitzt ein geschlossenes bzw. gebundenes Antwortformat.
3 Halboffenes Format	Die Aufgabe besitzt ein halboffenes Antwortformat.
4 Verbal-ausführliches Format	Die Aufgabe erfordert eine ausführliche verbale Antwort.
5 Graphisch-ausführliches Format	Die Aufgabe erfordert eine ausführliche graphische Antwort.
6 Verbal- und graphisch-ausführliches Format	Die Aufgabe erfordert sowohl eine ausführliche verbale als auch eine ausführliche graphische Antwort.
0 Nicht bestimmbar	Das Antwortformat der Aufgabe ist nicht eindeutig bestimmbar.

Variable: Antwortformat der Aufgaben

Diese Variable erfasst das Format der geforderten Antwort bzw. die sprachliche/graphische Komplexität der geforderten Antwort. In Anlehnung an Lienert & Raatz (1998) und Graf (2001) werden die in Tabelle 3 aufgeführten Kategorien unterschieden. Die Variable wurde disjunkt kodiert. Wie im Falle des Prozessniveaus wird auch bei der Variablen des Antwortformats zwischen den Kategorien eine qualitative Unterscheidung getroffen, eine Abstufung bezüglich der Schwierigkeit ist nicht impliziert. Die Kodierung der Variable erfolgte ebenfalls ereignisbasiert. Folgende Kennwerte wurden ermittelt: $\kappa = .81$; PÜ= 87.2 %.

4.3 Themenspezifischer Leistungstest

Zur Überprüfung des Lernzuwachses im Inhaltsbereich „Blut und Blutkreislauf“ wurde ein inhaltsvalider Leistungstest entwickelt, welcher Faktenwissen und die Anwendung von Konzeptwissen aus dem Themenbereich erfasst. Zusätzlich wurde eine Kriteriumsvalidierung anhand der Zeugnisnote im Fach Biologie vorgenommen. Zwischen dem Leistungstest (Posttest) und dem durch

die Zeugnisnoten ausgewiesenen Leistungsstand der Schüler im Fach Biologie zeigt sich eine signifikante Korrelation von $\rho = .28$ (N= 1042). Der Test besteht aus 31 Multiple-Choice-Aufgaben bzw. Kurzantwortaufgaben. Nach zweimaliger Pilotierung weist der Leistungstest in der Hauptstudie folgende Kennwerte auf: Der Homogenitätskoeffizient *Cronbachs a* beträgt .72, die Trennschärfen der Items bewegen sich zwischen .01 und .42. Die mittlere Itemschwierigkeit beträgt .64, die Schwierigkeiten der einzelnen Items liegen zwischen .18 und .89.

Die Testitems wurden in Anlehnung an die im Rahmen der kognitiven Anforderungen der Aufgaben kodierten Variable „Niveau des kognitiven Prozesses der Aufgaben“ in zwei Gruppen eingeteilt: Items, die reine Reproduktion verlangen (Kategorie „Reproduzieren“), und Items, die die Anwendung von Wissen erfordern (Kategorien „Konvergentes Denken“ und „Divergentes Denken“). Diese Aufteilung des Tests in zwei eigenständige Subtests wurde anschließend im Rahmen einer konfirmatorischen Faktorenanalyse unter Verwendung des Programms AMOS überprüft. Es erfolgte dabei ein Modellvergleich (N= 1024 Schüler), der die Frage klärte, ob das Modell zweier Subtests den beobachteten Daten besser ent-

spricht als ein Modell, welches keine Unterteilung des Tests annimmt. Dabei zeigt sich, dass das 2-Subtests-Modell bei den relevanten Fit-Indizes gute Werte aufweist (CFI= .988, SRMR= .0206, RMSEA= .038), während das Ein-Test-Modell die Richtwerte nicht erreicht (CFI= .881, SRMR= .0964, RMSEA= .183). Der Vergleich anhand von Richtwerten ließ sich auch zusätzlich inferenzstatistisch durch einen Chi-Quadrat-Differenztest absichern ($\Delta\chi^2 = 107.626$, $p < .001$). Das 2-Subtests-Modell weist also im Vergleich zum Ein-Test-Modell eine signifikant bessere Datenanpassung auf. Es lässt sich daher schließen, dass das angenommene 2-Subtests-Modell die Daten besser abbildet als ein Modell, welches von der Kongruenz der latenten Variablen Wissen und Anwendung ausgeht. Daher wurden für die Auswertung der Daten getrennte Summen für die beiden Subtests berechnet. Eine Überprüfung der Homogenität der beiden Subtests in sich erbrachte für den Subtest Wissen ein befriedigendes *Cronbachs α* von .66, für den Subtest Anwendung ein sehr geringes α von .43. Der geringe Wert des Subtests Anwendung liegt u. a. darin begründet, dass in diesem Subtest Aufgaben zusammengefasst sind, die verschiedene Kompetenzen (u. a. Interpretation von Diagrammen, kon-

vergenges Denken) erfordern, während der Subtest Wissen ausschließlich aus Fragen zum Fakten- und Konzeptwissen besteht.

5 Ergebnisse

5.1 Zeitlicher Umfang der auf Aufgaben bezogenen Aktivitäten

Basierend auf bisherigen Aussagen über den Verlauf des Biologieunterrichts wurde erwartet, dass sich ein relativ geringer Teil der Unterrichtszeit auf Aufgaben bezieht (s. Kp. 1). Die Unterrichtsstunden hatten durchschnittlich eine Dauer von 43,3 Minuten. Tabelle 4 zeigt die Ergebnisse zum zeitlichen Umfang des Einsatzes von Aufgaben. Die Kategorien „Instruktion“, „Bearbeitung“ und „Auswertung“ beziehen sich dabei auf die einzelnen Phasen des Einsatzes von Aufgaben. Die Summe der Anteile dieser drei Kategorien umfasst somit alle im Unterricht vorkommenden auf Aufgaben bezogenen Aktivitäten, vom Stellen bis zum Vergleichen der Aufgaben. Die Kategorie „Anderes“ beschreibt diejenigen Phasen des Unterrichts, in welchen keine auf Aufgaben bezogenen Aktivitäten stattfinden.

Tab. 4: Zeitlicher Umfang der Phasen des Aufgabeneinsatzes

Kategorie	N	N _{beobachtet}	Min [%]	Max [%]	M		SE	SD
					%	Minuten		
Instruktion	45	43	0.0	19.3	5.32	2,3	0.67	4.49
Bearbeitung	45	42	0.0	87.7	37.23	16,1	3.16	21.20
Auswertung	45	43	0.0	91.4	25.12	10,9	2.81	18.88
Anderes	45	45	1.8	92.1	32.33	14,0	3.56	23.91
Nicht bestimmbar	45	0	-	-	-	-	-	-

(N= Unterrichtsstunden, die in die Analyse einbezogen wurden; N_{beobachtet} = Unterrichtsstunden, in welchen diese Kategorie beobachtet wurde)

Bei einer Summierung der Phasen Instruktion, Bearbeitung und Auswertung zeigt sich, dass im Mittel in über zwei Dritteln des Unterrichts (ca. 68 %) Aufgaben im Zentrum des Geschehens stehen. Der Anteil der Unterrichtszeit, in dem sich der Unterricht nicht um Aufgaben dreht, beträgt demgegenüber nur ca. 32 % und ist somit signifikant geringer ($t= 4.96$; $df= 44$; $p< .001$)². Die eingangs aufgestellte Vermutung, dass der Umgang mit Aufgaben im Unterricht nur geringe zeitliche Anteile einnimmt, wurde für den untersuchten Biologieunterricht widerlegt. Der Anteil der für die Bearbeitung von Aufgaben genutzten zeitlichen Ressourcen kann als besonders wichtig erachtet werden, da er den Teil einer Unterrichtsstunde darstellt, in welchem der Schüler die Möglichkeit erhält, sich selbstständig und intensiv mit dem Inhalt der Aufgaben auseinanderzusetzen. Der Biologieunterricht scheint entsprechend der Befunde stark von der Bearbeitung und Auswertung von Aufgaben geprägt zu sein.

5.2 Kognitive Anforderungen der Aufgaben

In 43 der 45 betrachteten Unterrichtsstunden wurden Aufgaben in Schülerarbeitsphasen gestellt, in zwei Unterrichtsstunden wurden ausschließlich in vorherigen Unterrichtsstunden gestellte Aufgaben ausgewertet. Die Aufgaben wurden identifiziert und anschließend unter Verwendung des entwickelten Kategoriensystems eingeschätzt. Für die Auswertung wurden die absoluten Häufigkeiten der Aufgaben der jeweiligen Kategorie pro Unterrichtsstunde bzw. pro Lehrer betrachtet. Insgesamt wurden 273 Aufgaben identifiziert und eingeschätzt. Im

Mittel wurden sechs Aufgaben ($M= 6.07$) pro Unterrichtsstunde gestellt.

Zunächst wurde das Niveau des kognitiven Prozesses der Aufgaben (im Folgenden *Prozessniveau*) untersucht. Es wurde vermutet, dass vornehmlich Aufgaben geringen kognitiven Anspruchs Einsatz finden (vgl. Kp. 1). Tabelle 5 zeigt die Verteilung der Kategorien über die Aufgaben pro Stunde, Abbildung 1 stellt die prozentualen Anteile der einzelnen Prozessniveaus der Aufgaben pro Stunde dar.

Im Mittel ist eine der pro Unterrichtsstunde eingesetzten sechs Aufgaben auf primär sensumotorische (nicht-kognitive) Handlungen ausgerichtet, die übrigen fünf Aufgaben haben einen Fokus auf kognitive Aktivitäten. Zur Klärung der Frage, inwiefern statistisch bedeutsame Unterschiede in der Häufigkeit des Auftretens von Aufgaben der verschiedenen Prozessniveaus vorliegen, wurde eine Rangvarianzanalyse nach Friedman mit anschließenden Einzelvergleichen nach Schaich-Hamerle durchgeführt (vgl. Bortz, Lienert & Boehnke, 2000)³. Das signifikante Ergebnis des Friedman-Tests zeigt, dass Unterschiede in der Häufigkeit des Auftretens der jeweiligen Prozessniveaus angenommen werden können ($\chi^2= 28.15$; $df= 6$; $p< .001$). Ein signifikanter Unterschied in der Häufigkeit des Auftretens zeigt sich zwischen den Aufgaben der Prozessniveaus „Konvergentes Denken“ und „Divergentes Denken“ ($D= 1.87$; $p< .05$). Dabei werden signifikant mehr Aufgaben gestellt, die konvergente Denkprozesse erfordern, als Aufgaben, welche divergente Denkprozesse zur Lösung beanspruchen. In Bezug auf diese Aufgaben kann verallgemeinert werden, dass umgerechnet ca. jede vierte Aufgabe konvergente Denk-

² Der statistische Nachweis dieses Unterschieds erfolgte aufgrund der Problematik der gegenseitigen Abhängigkeit der prozentualen Werte (perfekte Kollinearität) nicht im direkten Vergleich, sondern indem der auf Aufgaben bezogene Anteil mit dem Wert 50 % verglichen wurde.

³ Die Kategorie „Nicht bestimmbar“ wurde nicht in der Analyse berücksichtigt, um globale Unterschiede im Friedman-Test nicht artifiziell signifikant werden zu lassen.

Tab. 5: Mittlere Häufigkeit der Aufgaben bestimmter Prozessniveaus pro Stunde (Summe Stundenmittelwert $M = 6,07$ Aufgaben)

Prozessniveau	N	N _{beobachtet}	Min	Max	M	SE	SD
Sensumotorisch	45	12	0	10	0.96	0.37	2.47
Rezipieren	45	20	0	5	0.89	0.20	1.34
Rezipieren und Darstellen ohne Transformation	45	16	0	6	0.71	0.20	1.33
Rezipieren und Darstellen mit Transformation	45	17	0	3	0.60	0.14	0.92
Reproduzieren	45	21	0	5	0.98	0.22	1.45
Konvergentes Denken	45	32	0	6	1.60	0.25	1.64
Divergentes Denken	45	9	0	2	0.24	0.08	0.53
Nicht bestimmbar	45	4	0	1	0.09	0.04	0.29

(N = Unterrichtsstunden, die in die Analyse einbezogen wurden; N_{beobachtet} = Unterrichtsstunden, in welchen diese Ausprägung beobachtet wurde)

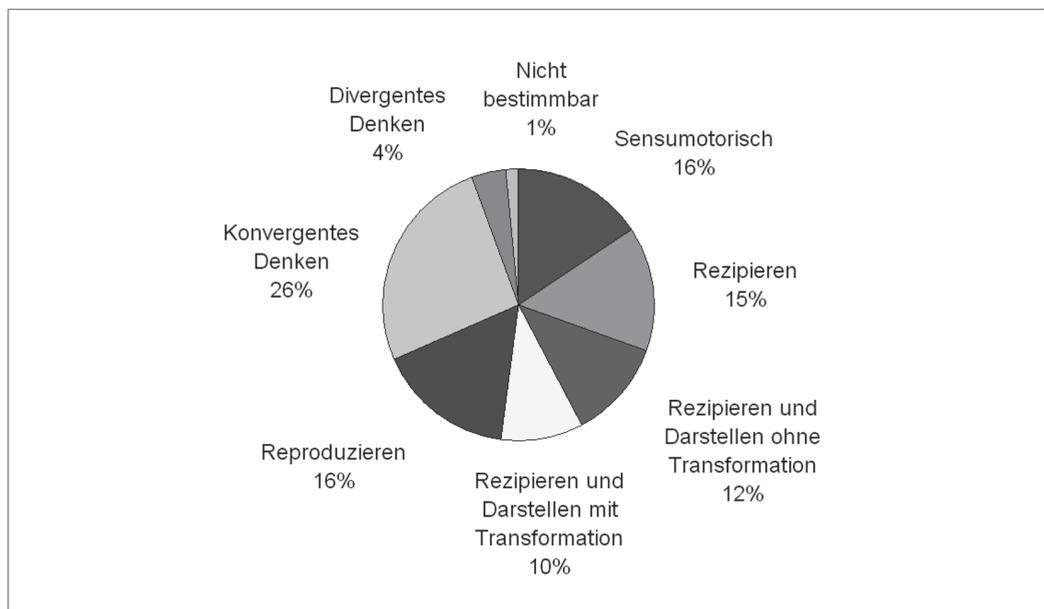


Abb. 1: Häufigkeitsverteilung des Prozessniveaus

prozesse einschließt, divergentes Denken dagegen nur in einer von 25 Aufgaben gefordert wird. Berücksichtigt man, dass im Mittel circa sechs Aufgaben pro Unterrichtsstunde gestellt werden, bedeutet dies, dass konvergentes Denken in einer Aufgabe mindestens einmal pro Stunde gefordert wird, divergente Denkprozesse dagegen in lediglich jeder vierten Stunde. Alle anderen Einzelvergleiche wurden nicht signifikant.

Für die Überprüfung der Vermutung, wonach im Biologieunterricht die Aufgaben überwiegend einen geringen kognitiven Anspruch haben, erfolgte zunächst jeweils eine Summierung der pro Lehrer gestellten Aufgaben geringen und hohen kognitiven Anspruchs (vgl. Abb. 2). Für die Gruppe der weniger anspruchsvollen Aufgaben (vgl. Andre, 1979; Lowyck, 1976) wurden dabei die Häufigkeiten der Aufgaben der

Tab. 6: Mittlere Häufigkeit von Aufgaben bestimmter Antwortformate pro Stunde

Prozessniveau	N	N _{beobachtet}	Min	Max	M	SE	SD
Sensumotorisch / Rezipieren	45	25	0	15	1.84	0.49	3.29
Geschlossen	45	15	0	2	0.44	0.10	0.69
Halboffen	45	36	0	8	2.56	0.30	2.00
Verbal ausführlich	45	20	0	5	0.73	0.17	1.12
Graphisch ausführlich	45	12	0	2	0.29	0.08	0.51
Verbal u. graphisch ausführlich	45	1	0	1	0.02	0.02	0.15
Nicht bestimmbar	45	8	0	1	0.18	0.06	0.39

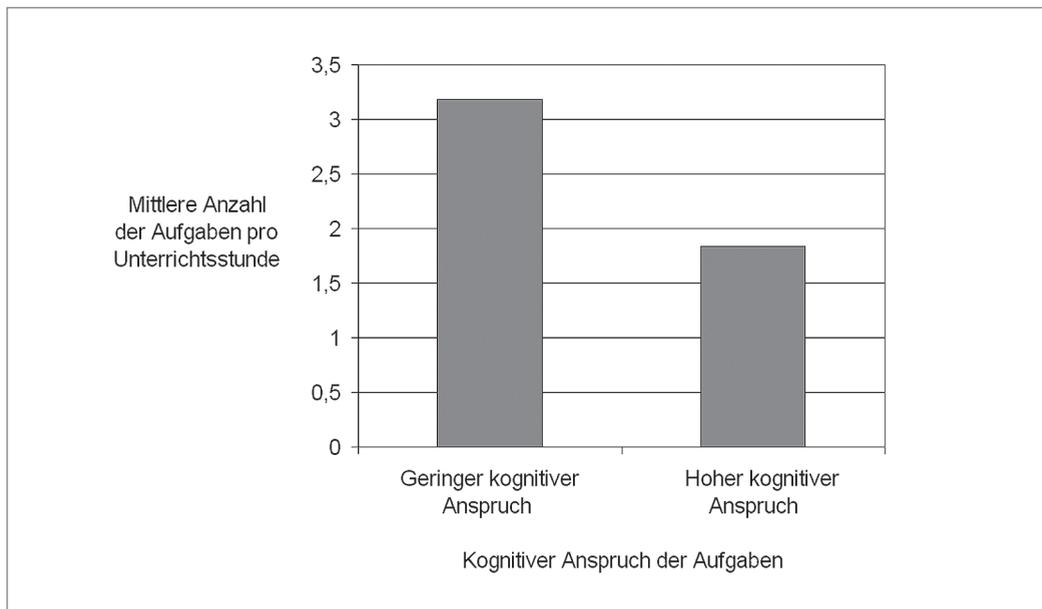


Abb. 2: Häufigkeiten anspruchsvoller und weniger anspruchsvoller Aufgaben

Prozessniveaus „Rezipieren“, „Rezipieren und Darstellen ohne Transformation“, „Rezipieren und Darstellen mit Transformation“ und „Reproduktion“ pro Lehrer addiert ($M=3.18$; $SE=0.38$; $SD=2.55$). Entsprechend erfolgte die Summierung der Häufigkeiten der Aufgaben auf den Prozessniveaus „Konvergentes Denken“ und „Divergentes Denken“ für die Gruppe der anspruchsvollen Aufgaben ($M=1.84$; $SE=0.25$; $SD=1.68$).

Der Wilcoxon-Test zum Vergleich der zentralen Tendenz der beiden Gruppen zeigt, dass Aufgaben mit geringem kognitiven Anspruch signifikant häufiger gestellt werden, als Aufgaben, die hohe kognitive Anforderungen stellen ($z=2.76$; $p<.01$).

Als zweites Element der kognitiven Anforderungen einer Aufgabe wurde das Antwortformat der Aufgaben analysiert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 und Abbildung 3 dargestellt.

Der Friedman-Test ($\chi^2=82.87$; $df=5$, $p<.001$) und die anschließenden Einzelvergleiche nach Schaich und Hamerle zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Häufigkeiten der Kategorien. Als Ergebnis der Einzelvergleiche lässt sich feststellen, dass Aufgaben im halboffenen Antwortformat signifikant häufiger gestellt werden als

Aufgaben aller anderen Antwortformate mit Ausnahme der keine Antwort erfordernden sensumotorischen bzw. auf Rezipieren ausgerichteten Aufgaben ($D \geq 1.54$; $p<.01$). Wie Abbildung 3 verdeutlicht, ist ein großer Teil der Aufgaben im halboffenen Antwortformat gestellt. Bei einer mittleren Häufigkeit von ca. 2.5 halboffenen Aufgaben pro Stunde erfordert beinahe jede zweite bis dritte Aufgabe lediglich eine Antwort in Form eines Wortes, einer Wortgruppe oder eines einzelnen Satzes. Eine ausführliche verbale Antwort wird dagegen nur bei jeder siebten bis achten Aufgabe erforderlich. Aufgaben mit geschlossenem Antwortformat werden eher selten gestellt. Dieses so häufig in wissenschaftlichen Untersuchungen verwendete Format ist somit den Schülern kaum vertraut.

Fasst man die Aufgaben mit halboffenem und mit geschlossenem Antwortformat zu einer Gruppe der Aufgaben mit „kurzer Antwort“ zusammen ($M=3.00$; $SE=0.31$; $SD=2.05$) und stellt diesen die Gruppe der Aufgaben mit „ausführlicher Antwort“ gegenüber ($M=1.04$; $SE=0.21$; $SD=1.40$), so wird deutlich, dass im Biologieunterricht signifikant mehr Aufgaben eingesetzt werden, die eine kurze Antwort benötigen, als Aufgaben, die vom Schüler eine ausführliche Antwort in verbaler

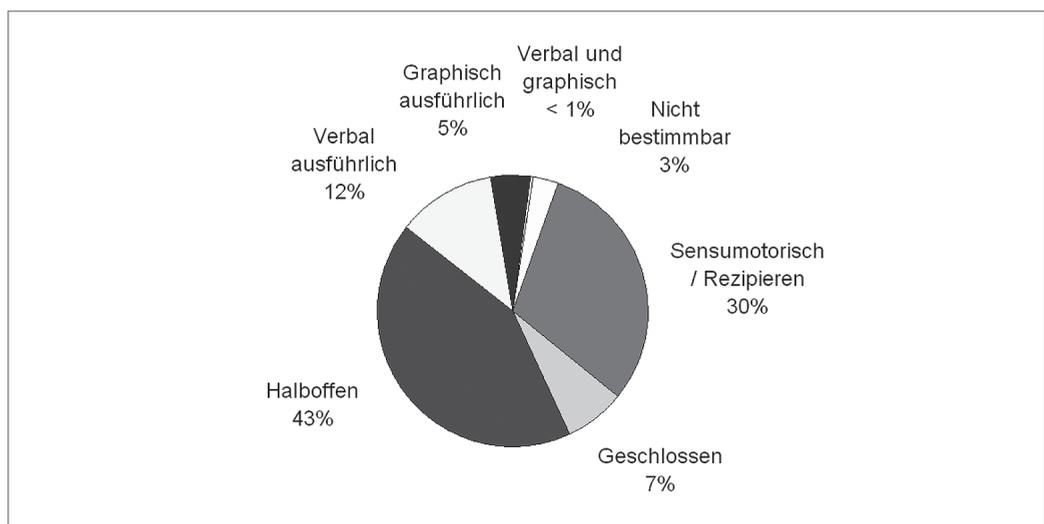


Abb. 3: Häufigkeitsverteilung des Antwortformats

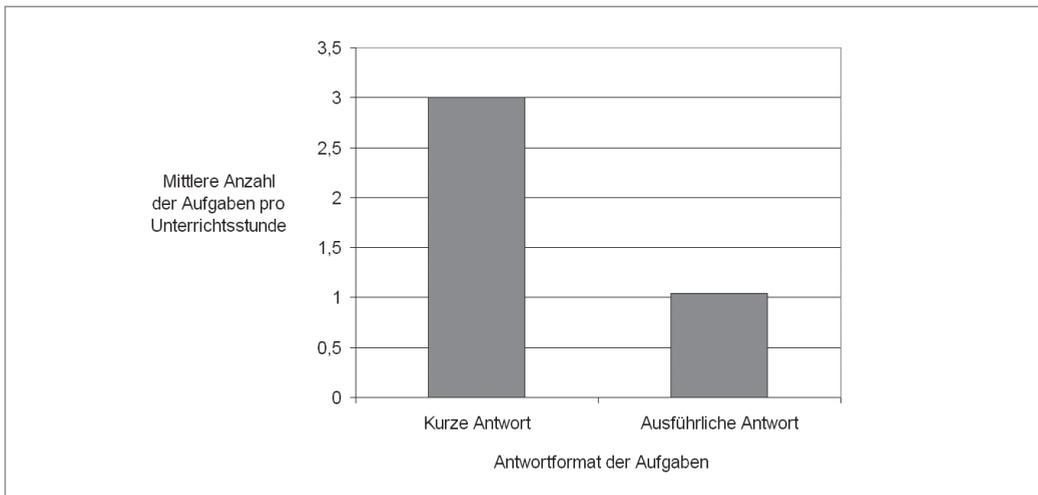


Abb. 4: Häufigkeiten von Aufgaben mit kurzem bzw. ausführlichem Antwortformat

und / oder graphischer Form erfordern (Wilcoxon-Test, $z = 4.54$; $p < .001$; s. Abb. 4).

5.3 Lernzuwachs und Einsatz von Aufgaben

Allgemeiner Lernzuwachs

Der Prä-Post-Vergleich des Leistungstests zeigt einen signifikanten Effekt ($t = 22.96$; $df = 44$; $p < .001$) in Form eines mittleren Lernzuwachses von 6.34 Punkten. Diese Leistungszunahme über die Unterrichtssequenz gilt auch für die Subtests separat (Wissen: $t = 20.64$; $df = 44$; $p < .001$; Anwendung: $t = 16.30$; $df = 44$; $p < .001$). Der Lernzuwachs in Bezug auf den gesamten Leistungstest entspricht einer Effektstärke von $d = 3.40$, was auf einen hohen Lerneffekt des videografierten Unterrichts schließen lässt. Bezüglich des Abschneidens in den Subtests können mit Werten von $d = 3.31$ (Wissen) und $d = 2.59$ (Anwendung) ebenfalls große Effekte des Unterrichts verzeichnet werden.

Lernzuwachs in Abhängigkeit vom Aufgabeneinsatz

Als wesentliche Parameter des Einsatzes von Aufgaben wurden der zeitliche Umfang sowie der kognitive Anspruch der

Aufgaben betrachtet. Als relevantes Maß des Lernzuwachses wurde, wie in der Unterrichtsforschung üblich (vgl. Renkl, 1991), der residuale Lernzuwachs verwendet.

Um die Analyse der Zusammenhänge zwischen den Merkmalen des Einsatzes von Aufgaben und dem Lernzuwachs zu präzisieren, wurden die Zusammenhänge sowohl für die komplette Stichprobe als auch für Klassen mit viel Vorwissen und Klassen mit wenig Vorwissen getrennt betrachtet. Die Einteilung der Extremgruppen in Bezug auf das Vorwissen erfolgte anhand der Gesamtpunktzahl im Pretest. Zunächst wurde eine Einteilung der Stichprobe in Quintile (fünf gleich große Teilgruppen) vorgenommen, anschließend wurden die unteren, aus Klassen mit wenig Vorwissen bestehenden zwei Quintile (40%) als untere Extremgruppe, und die oberen, aus Klassen mit viel Vorwissen bestehenden zwei Quintile (40%) als obere Extremgruppe definiert. Die mittleren 20 Prozent der Stichprobe wurden von der Betrachtung ausgeschlossen. Auf diese Weise wird eine möglichst scharfe Trennung der Extremgruppen bei möglichst geringen Einbußen in der Stichprobengröße erreicht. Die beschriebene Einteilung ergibt zwei Extremgruppen à 18 Klassen, die sich signifikant in den mittlere-

Tab. 7: Partialkorrelationen zwischen den Anteilen auf Aufgaben bezogener Aktivitäten und dem Lernzuwachs

	Aufgabenaktivitäten insgesamt	Anteil Instruktion	Anteil Bearbeitung	Anteil Auswertung
Alle 45 Klassen				
Residuum _{Gesamt}	.10	.01	.05	.07
Residuum _{Wissen}	.00	-.01	-.04	.05
Residuum _{Anwendung}	.27*	.05	.24+	.07
Wenig Vorwissen				
Residuum _{Gesamt}	.56*	.06	.36+	.24
Residuum _{Wissen}	.41+	-.16	.12	.37+
Residuum _{Anwendung}	.53*	.46*	.59**	-.12
Viel Vorwissen				
Residuum _{Gesamt}	.00	-.07	-.25	.25
Residuum _{Wissen}	-.09	-.09	-.32	.21
Residuum _{Anwendung}	.30	.03	.08	.26

(r nach Pearson; 1-seitig; +p< .10; *p< .05; **p< .01; Anzahl der anspruchsvollen Aufgaben apartialisiert)

ren Punktzahlen des Pretests ($t = 8.45$; $df = 34$; $p < .001$) unterschieden.

Es wurde untersucht, inwiefern Zusammenhänge zwischen dem zeitlichen Umfang der auf Aufgaben bezogenen Aktivitäten, d.h. Instruktion, Bearbeitung und Auswertung von Aufgaben, und dem Lernzuwachs bestehen. Es wurde vermutet, dass ein größerer Anteil an auf Aufgaben bezogenen Aktivitäten einen höheren Lernzuwachs zur Folge hat.

Die Korrelationen (Tab. 7) zeigen, dass insbesondere innerhalb der Gruppe der Klassen mit wenig Vorwissen ein umfangreicherer Anteil von auf Aufgaben bezogenen Aktivitäten mit einem höheren Lernzuwachs assoziiert ist. Besonders in Bezug auf die Anwendbarkeit des Wissens scheint eine stärkere Ausrichtung des Unterrichts auf Aufgaben förderlich zu sein, worauf die Korrelationen zwischen dem Subtest *Anwendung* und dem Anteil der auf Aufgaben bezogenen Aktivitäten bei der Gesamtstichprobe hinweisen. Im Ansatz ist dieser positive Zusammenhang auch innerhalb der Klassen mit viel Vorwis-

sen sichtbar ($r = .30$). Bei einer stärker auf die einzelnen Phasen des Aufgabeneinsatzes fokussierenden Betrachtung zeigt sich, dass in Bezug auf die Klassen mit wenig Vorwissen eine zeitlich umfangreichere Bearbeitung der Aufgaben für die Anwendbarkeit des Wissens besonders förderlich ist. Dieses Ergebnis ist plausibel, da gerade in dieser Phase eine individuelle Auseinandersetzung des Schülers mit dem Lernstoff stattfindet. Für den Wissenszuwachs dagegen scheint eher der Umfang der Auswertung relevant zu sein. Die Klassen profitieren im Unterricht anscheinend von einer ausführlicheren Auswertung und Rückmeldung in Bezug auf ihre Aufgabenlösungen.

Für die Gruppe der Klassen mit wenig Vorwissen wurde eine Regressionsanalyse zwischen dem Prädiktor „Anteil auf Aufgaben bezogener Aktivitäten“ und dem Lernzuwachs im gesamten Test als Kriterium durchgeführt. Das Ergebnis der Analyse verfehlt die Signifikanzgrenze nur knapp ($F_{(1,17)} = 4.4$; $Beta = .47$; $p = .052$; $R^2 = .22$). Abbildung 5

zeigt das Streudiagramm mit der Regressionsgeraden. Die Effektstärke (η^2) beträgt .22, was einem mittleren Effekt entspricht. Die Regressionsanalysen für die komplette Stichprobe und die Gruppe der Klassen mit viel Vorwissen zeigen keine statistisch bedeutsamen Zusammenhänge.

Die Analyse des kognitiven Niveaus der Aufgaben zeigt, dass Unterschiede in der Häufigkeit des Auftretens von Aufgaben unterschiedlichen kognitiven Anspruchsniveaus vorliegen (vgl. Kp. 5.2). Im Rahmen der Zusammenhangsanalysen wurde geprüft, inwiefern Zusammenhänge zwischen der Häufigkeit des Einsatzes von anspruchsvollen Aufgaben und dem Lernzuwachs der Schüler bestehen. Es ist nicht auszuschließen, dass nicht nur die Anzahl anspruchsvoller Aufgaben, sondern auch die Anzahl wenig anspruchsvoller Aufgaben einen Einfluss auf den Lernzuwachs der Schüler hat. Um dies zu berücksichtigen, wurde die Betrachtung der Zusammenhänge auf die Anzahl der weniger anspruchsvollen Aufgaben bzw. die Anzahl aller Aufgaben ausgeweitet.

Für die gesamte Stichprobe konnten keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der Anzahl der Aufgaben und dem Lernzuwachs nachgewiesen werden. Klassen mit viel Vorwissen zeigen ebenfalls keine signifikanten Korrelationen. Innerhalb der Klassen mit wenig Vorwissen liegen dahingegen signifikante negative Korrelationen vor (s. Tab. 8).

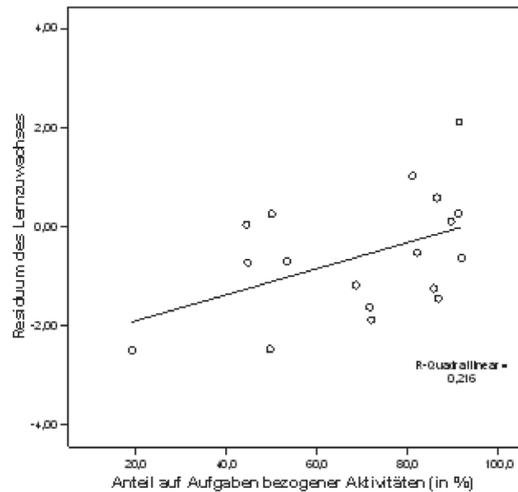


Abb. 5: Streudiagramm der abhängigen Variable „Lernzuwachs“ und des Prädiktors „Anteil auf Aufgabenbezogener Aktivitäten“ für Klassen mit wenig Vorwissen

Ein verstärkter Einsatz anspruchsvoller Aufgaben bei Klassen mit wenig Vorwissen ist mit einem geringeren Lernzuwachs assoziiert. Eine anscheinend lernhinderliche Wirkung ist nicht auf den Einsatz anspruchsvoller Aufgaben beschränkt. Es zeigt sich, dass auch eine höhere Anzahl von Aufgaben insgesamt, sowohl anspruchsvoller als auch weniger anspruchsvoller Art, mit einem geringeren Lernzuwachs gekoppelt ist. Dieses Ergebnis zeigt, dass eine größere Anzahl

Tab. 8: Partialkorrelationen zwischen der Anzahl der Aufgaben und dem Lernzuwachs der Klassen mit wenig Vorwissen

	Anzahl aller Aufgaben	Anzahl weniger anspruchsvoller Aufgaben	Anzahl anspruchsvoller Aufgaben
Residuum _{Gesamt}	-.43*	-.27	-.41+
Residuum _{Wissen}	-.31	-.33	-.19
Residuum _{Anwendung}	-.37+	-.01	-.54*

(r nach Pearson; 1-seitig; +p < .10; *p < .05; **p < .01; Anteil aufgabenbezogener Aktivitäten auspartialisiert)

von Aufgaben bei konstanter Lernzeit bei den Klassen mit geringem Vorwissen eine negative Wirkung auf die Lernleistung hat. In Verbindung mit den oben dargestellten Ergebnissen zur lernförderlichen Wirkung einer umfangreicheren Bearbeitungszeit lassen die Ergebnisse den Schluss zu, dass Schüler mit wenig Vorwissen durch zu viele Aufgaben in der zur Verfügung stehenden Zeit überfordert sind und so nur bedingt von ausgedehnten Schülerarbeitsphasen profitieren können.

Eine abschließend durchgeführte multiple Regression konnte belegen, dass die beiden Prädiktoren *Bearbeitungszeit* und *Aufgabenanzahl* voneinander unabhängige Größen sind. Durch Hinzuziehen des Prädiktors *Aufgabenanzahl* erhöht sich die aufgeklärte Varianz von $R^2 = .22$ (siehe oben) auf $R^2 = .36$.

Zusammenfassend deuten die Befunde darauf hin, dass Schüler mit wenig Vorwissen erfolgreicher lernen, wenn ihnen für eine geringe Anzahl an gestellten Aufgaben – unabhängig von deren Schwierigkeit – viel Bearbeitungszeit zur Verfügung steht. Dies spricht für einen Aufgabeneinsatz, der in Bezug auf die Anzahl der gestellten Aufgaben stärker das Vorwissen der Schüler berücksichtigt.

6 Zusammenfassung und Diskussion

Die Generalisierbarkeit von Ergebnissen aus Videostudien ist aufgrund des großen technischen und organisatorischen Aufwands und der damit verbundenen begrenzten Stichprobengrößen Einschränkungen unterworfen. So lässt sich kritisch anmerken, dass die Untersuchung ausschließlich im Bundesland Nordrhein-Westfalen erfolgte. Ferner wurde mit einer Eingrenzung der Untersuchung auf die Schulform Gymnasium nur der vermeintlich obere Bereich des Leistungsspektrums der Schulformen abgedeckt und überdies nur der Sekundarbereich I einbezogen. Darüber hinaus lässt sich anmerken, dass das verwendete quasi-experimentelle Untersuchungsdesign eine Kon-

fundierung von Lehrermerkmalen und Klassenmerkmalen mit sich bringt. Inwiefern die in dieser Studie festgestellten Zusammenhänge, die auf nicht näher kontrollierten Lehrer-Klassen-Kombinationen beruhen, auf beliebige andere Lehrer-Klassen-Kombinationen übertragbar sind, kann auf Basis der vorliegenden Gelegenheitsstichprobe nicht entschieden werden.

Andererseits ließe sich anführen, dass selbst internationale Videostudien von diesen Einschränkungen betroffen sind (Stigler et al., 1999), weshalb die Aussagekraft der vorliegenden Untersuchung als vergleichsweise belastbar gelten kann.

Unter den genannten Einschränkungen stellt sich der Biologieunterricht zusammenfassend wie folgt dar:

Der Unterricht im Fach Biologie am Ende der Sekundarstufe I ist wesentlich durch den Einsatz von Aufgaben geprägt. Die auf Aufgaben bezogenen Aktivitäten nehmen mit circa zwei Dritteln der Unterrichtszeit bedeutend mehr Raum ein als Unterrichtsphasen ohne direkten Bezug auf Aufgaben. Dieses Ergebnis unterstreicht die Bedeutung der Qualität der Aufgaben, die für eine Bearbeitung in Schülerarbeitsphasen konzipiert werden. Wenn ein derart großer Teil der Unterrichtszeit für das Aufgeben, das Bearbeiten und das Auswerten von Aufgaben aufgewendet wird, sollte diese Zeit möglichst effektiv, d.h. mit lernwirksamen Aufgaben, genutzt werden.

Im Hinblick auf die angesprochenen kognitiven Prozesse sind Aufgaben besonders häufig, welche konvergentes Denken erfordern. Aufgaben, welche divergente Denkprozesse verlangen, werden demgegenüber selten eingesetzt. Gerade diese Aufgaben sind es jedoch, die die Fähigkeit der Schüler, komplexe Probleme zu lösen, besonders fördern. Es sollte daher versucht werden, stärker offene Problemaufgaben mit mehreren Lösungsvarianten in den Biologieunterricht zu integrieren. Aufgaben beider anspruchsvoller Prozesse, sowohl konvergenten als auch divergenten Denkens, zeigen sich jedoch insgesamt im Unterricht in der Unter-

zahl. Es werden signifikant mehr Aufgaben geringen kognitiven Anspruchs gestellt. Bezüglich des Antwortformats zeigt sich, dass im Biologieunterricht Aufgaben mit kurzen Antworten dominieren. Aufgaben im Biologieunterricht fordern somit kaum die Fähigkeit der Schüler, etwas zu verbalisieren oder umfangreicher graphisch darzustellen. Diese Befunde legen die Vermutung nahe, dass die in den Bildungsstandards formulierten Kompetenzen des Bereichs „Kommunikation“ (vgl. KMK, 2005) im Unterricht nicht adäquat gefördert werden.

Neben diesen deskriptiven Erkenntnissen zum Einsatz von Aufgaben im Biologieunterricht konnte gezeigt werden, dass bei Klassen mit wenig Vorwissen ein umfangreicher Einsatz von Aufgaben mit einem höheren Lernzuwachs assoziiert ist. Insbesondere die Fähigkeit zur Anwendung des Wissens kann bei diesen Klassen durch einen zeitlich umfangreicheren Einsatz von Aufgaben gesteigert werden. Es kann vermutet werden, dass infolge der längeren individuellen Auseinandersetzung die Inhalte besser durchdrungen und verstanden werden, was wiederum die Voraussetzung für eine Anwendbarkeit und Transferierbarkeit des Wissens darstellt (vgl. Mietzel, 2003). Die Befunde zeigen sich insgesamt konform mit bisherigen Forschungsergebnissen aus anderen Domänen (vgl. Tepner, Melle & Roeder, 2006).

Bei unterschiedlichem Vorwissen der Klassen zeigt die Quantität des Aufgabeneinsatz eine differenzielle Wirkung: Eine hohe Anzahl an Aufgaben erweist sich bei Klassen mit wenig Vorwissen als lernhinderlich. Eine mögliche Ursache dieser Wirkung ist, dass Schüler mit wenig Vorwissen durch zu viele Aufgaben und besonders durch zu viele anspruchsvolle Aufgaben in der zur Verfügung stehenden Bearbeitungszeit überfordert sind. Sie benötigen eigentlich mehr Zeit zur Lösung und Auswertung und können so von dem Potential der Aufgaben nicht profitieren. Die Beträge der Korrelationen in diesen Klassen deuten auf eine Lernwirksamkeit, insbesondere von anspruchsvollen Aufgaben, hin.

Dieser Befund lässt sich jedoch nicht befriedigend zufallskritisch absichern.

Die Ergebnisse sprechen für einen differentiellen, stärker am Vorwissen der Klasse ausgerichteten Aufgabeneinsatz. Die Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung von Aufgaben für den Biologieunterricht sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht. Für die Gestaltung von Biologieunterricht lässt sich zusammenfassen, dass ein konsequenter Einsatz von Aufgaben lohnenswert ist. Er sollte jedoch möglichst an die Vorwissensdispositionen der Schüler adaptiert und hinsichtlich der dabei geforderten kognitiven Prozesse und Antwortformate balancierter als bisher vorgenommen werden. Eine solche Adaptierung und Balancierung würde bereits einen wesentlichen Schritt zur Weiterentwicklung der Aufgabekultur im Biologieunterricht darstellen.

Literatur

- Andre, T. (1979). Does answering higher-level questions while reading facilitate productive learning. *Review of Educational Research*, 49, 280-318.
- BLK – Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (1997). *Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“*. Heft 60, Bonn: BLK.
- Bos, W. & Tarnai, C. (1999). Content analysis in empirical social research. *International Journal of Educational Research*, 31, 659-671.
- Baumert, J., Bos, W. & Watermann, R. (2000). Mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung im internationalen Vergleich. In J. Baumert, W. Bos & R. Lehmann (Hrsg.), *TIMSS/ III. Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie – Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn, Bd. 1*, (S. 135-197). Opladen: Leske & Budrich.
- Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W. et al. (Hrsg.) (2001). *PISA 2000 – Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen: Leske & Budrich.
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives. Handbook I: The Cognitive Domain*. New York: David McKay Co Inc.
- Blume, B. & Rademann, E. (2000). *Ergebnisse einer Mängelanalyse der SINUS-Arbeitsgruppen des Sets 2 in Schleswig-Holstein*. Abgerufen am 22.01.2009 unter: <http://www.sinus.lernnetz.de/aufgaben1/evaluation/maengel.htm>.
- Bruder, R. (2003). Konstruieren-auswählen-begleiten. Über den Umgang mit Aufgaben. In H. Ball, G. Becker, R. Bruder, R. Girmes, L. Stäudel & F. Winter (Hrsg.), *Aufgaben. Lernen fördern – Selbstständigkeit entwickeln* (S. 12-15). Friedrich Jahresheft 21, Seelze: Friedrich.
- Bortz, J., Lienert, G.A. & Boehnke, K. (2000). *Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik*. Heidelberg: Springer.
- Cook, T.D. & Campbell, D.T. (1979). *Quasi-experimentation: design and analysis issues for field settings*. Chicago: Rand McNally.
- Crooks, T.J. (1988). The impact of classroom evaluation practices on students. *Review of Educational Research*, 58, 438-481.
- Graf, D. (2001). Welche Aufgabentypen gibt es? *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 54, 422-425.
- Greve, W. & Wentura, D. (1997). *Wissenschaftliche Beobachtung*. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Hamaker, C. (1986). The effects of adjunct questions on prose learning. *Review of Educational Research*, 56, 212-242.
- Hammann, M. (2006). Kompetenzförderung und Aufgabenentwicklung. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 59, 85-95.
- Häußler, P. & Lind, G. (1998). BLK-Programmförderung "Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts". *Erläuterungen zu Modul 1 mit Beispielen für den Physikunterricht. Weiterentwicklung der Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht*. Abgerufen am 22.01.2009 unter: <http://www.learnline.de/angebote/sinus/zentral/grundlagen/projektbeschreibungen/uebersicht.html>.
- Helmke, A. & Weinert, F.E. (1997). Bedingungsfaktoren schulischer Leistungen. In F.E. Weinert (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie, Bd. 3, Psychologie des Unterrichts und der Schule* (S. 71-175). Göttingen u.a.O.: Hogrefe.
- Jatzwauk, P. (2007). *Aufgaben im Biologieunterricht – eine Analyse der Merkmale und des didaktisch-methodischen Einsatzes von Aufgaben im Biologieunterricht der Klasse 9*. Berlin: Logos.
- KMK – Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss*. Beschluss vom 16.12.2004. München u.a.O.: Wolters Kluwer.
- Knoll, S. (1998). Anforderungsgestaltung im Mathematikunterricht. *Mathematik lehren*, 90, 47-51.
- Kunter, M., Dubberke, T., Baumert, J., Blum, W., Brunner, M., Jordan, A., et al. (2006). Mathematikunterricht in den PISA-Klassen 2004: Rahmenbedingungen, Formen und Lehr-Lernprozesse. In M. Prenzel, J. Baumert, W. Blum, R. Lehmann, D. Leutner, M. Neubrand, et al. (Hrsg.), *PISA 2003 – Untersuchungen zur Kompetenzentwicklung im Verlauf eines Schuljahres* (S. 161-194). Münster u.a.O.: Waxmann.
- Leisen, J. (2003). Wider das Frage- und Antwortspiel. Neue Inhalte aufgabengeleitet entwickeln. In H. Ball, G. Becker, R. Bruder, R. Girmes, L. Stäudel & F. Winter (Hrsg.), *Aufgaben. Lernen fördern – Selbstständigkeit entwickeln* (S. 116-118). Friedrich Jahresheft 21, Seelze: Friedrich.
- Lienert, G.A. & Raatz, U. (1998). *Testaufbau und Testanalyse*. Weinheim: Psychologie Verlags Union.

- Lowyck, J. (1976). Die Analyse des Fragenstellens als Instrument für ein abgestuftes Fertigkeitstraining. *Unterrichtswissenschaft*, 4, 53-73.
- Mietzel, G. (2003). *Pädagogische Psychologie des Lernens und Lehrens*. Göttingen u.a.O.: Hogrefe.
- Peverly, S.T. & Wood, R. (2001). The effects of adjunct questions and feedback on improving the reading comprehension skills of learning-disabled adolescents. *Contemporary Educational Psychology*, 26, 25-43.
- Prenzel, M., Baumert, J., Blum, W., Lehmann, R., Leutner, D., Neubrand, M. et al. (Hrsg.) (2004). *PISA 2003 – Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs*. Münster: Waxmann.
- Prenzel, M., Artelt, C., Baumert, J., Blum, W., Hammann, M., Klieme, E. et al. (Hrsg.) (2007). *PISA 2006 – Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie*. Münster: Waxmann.
- Renkl, A. (1991). *Die Bedeutung der Aufgaben- und Rückmeldungsgestaltung für die Leistungsentwicklung im Fach Mathematik*. Dissertation: Universität Heidelberg.
- Renkl, A. (1996). Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird. *Psychologische Rundschau*, 47, 78-92.
- Reyer, T. (2004). *Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht. Exemplarische Analysen im Physikunterricht der gymnasialen Sekundarstufe*. Berlin: Logos.
- Reynolds, R.E. & Anderson, R.C. (1982). Influence of questions on the allocation of attention during reading. *The Journal of Educational Psychology*, 74, 623-632.
- Rimmele, R. (2002). Videograph. Multimedia-Player zur Kodierung von Videos. Kiel: IPN.
- Rogosa, D., Floden, R. & Willett, J.B. (1984). Assessing the Stability of Teacher Behaviour. *Journal of Educational Psychology*, 76, 1000-1027.
- Roth, K.J., Druker, S.L., Garnier, H.E., Lemmens, M., Chen, C., Kawanaka, T. et al. (2006). *Teaching Science in Five Countries: Results From the TIMSS 1999 Video Study*. Washington, D.C.: U.S. Department of Education.
- Scholz, F. (1980). *Problemlösender Unterricht und Aufgabenstellungen mit einer Klassifikation von Problemlöseaufgaben(stellungen). Neue pädagogische Bemühungen, Bd. 82*. Essen: Neue Deutsche Schule.
- Schnotz, W., Ballstaedt, S.-P. & Mandl, H. (1981). Kognitive Prozesse beim Zusammenfassen von Lehrtexten. In H. Mandl (Hrsg.), *Zur Psychologie der Textverarbeitung*. München (S. 108-167): Urban & Schwarzenberg.
- Seel, N. M. (2003). *Psychologie des Lernens*. München u.a.O.: Ernst Reinhardt.
- Seidel, T. (2003). *Lehr-Lernskripts im Unterricht. Freiräume und Einschränkungen für kognitive und motivationale Prozesse beim Lernen – eine Videostudie im Physikunterricht*. Münster: Waxmann.
- Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R., & Lehrke, M. (Hrsg.) (2003). *Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht“*. Kiel: IPN.
- Stäudel, L. (2004). Aufgaben für den Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 15, 154-163.
- Stigler, J.W., Gonzales, P., Kawanaka, T., Knoll, S. & Serrano, A. (1999). *The TIMSS Videotape Classroom Study. Methods and findings from an exploratory research project on eighth-grade mathematics instruction in Germany, Japan, and the United States*. Washington, D.C.: U.S. Department of Education.
- Taconis, R., Ferguson-Hessler, M.G.M. & Broekkamp, H. (2001). Teaching science problem solving: an overview of experimental work. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 442-468.
- Tepner, O., Melle, I. & Roeder, B. (2006). Aufgaben im Chemieunterricht der Sekundarstufe I – lernerfolgsrelevante Faktoren. In A. Pitton (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Lehren und Lernen mit neuen Medien* (S. 269-271). Berlin: LIT-Verlag.
- Tiemann, R. (2003). *Aufgaben im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Forschungsantrag an die DFG (TI 336/2-1). Universität Duisburg-Essen.
- Tiemann, R., Rumann, S., Jatzwauk, P. & Sandmann, A. (2006). Aufgaben aus Lehrersicht. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 59, 304-307.
- Upmeyer zu Belzen, A. (1998). *Der Zusammenhang zwischen Biologieunterricht und biologieorientiertem Interesse in einer 6. Klasse eines Gymnasiums: Unterrichtsbeobachtung, Schüler- und Lehrerbefragung*. Frankfurt am Main: Lang.
- Wadouh, J. (2008). *Vernetzung und kumulatives Lernen im Biologieunterricht der Gymnasialklasse 9*. Dissertation: Universität Duisburg-Essen
- Wadouh, J., Sandmann, A. & Neuhaus, B. (eingereicht). Vernetzung im Biologieunterricht – deskriptive Befunde einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*.

Kontakt

Angela Sandmann
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Biologie
45117 Essen
Angela.Sandmann@uni-due.de

Autoreninformation

Paul Jatzwauk promovierte im DFG-Graduiertenkolleg „Naturwissenschaftlicher Unterricht“ an der Universität Duisburg-Essen und absolvierte am Studienseminar Duisburg das Referendariat für das gymnasiale Lehramt.

Stefan Rumann ist Professor für Didaktik der Chemie an der Universität Duisburg-Essen.

Angela Sandmann ist Professorin für Didaktik der Biologie an der Universität Duisburg-Essen.