

CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER, LEOPOLD MATHELITSCHE UND MARTIN HOPF

Fremdsprachiger Physikunterricht: Fremdsprachlicher Mehrwert auf Kosten fachlicher Leistungen?

Auswirkungen fremdsprachenintegrierten Physikunterrichts auf fachliche Leistungen

Content and language integrated learning in physics: linguistic benefits at the expense of content learning?

Effects of language integrated physics lessons on content learning

ZUSAMMENFASSUNG

Fremdsprachenintegrierter Sachfachunterricht ist Fachunterricht, in dem eine Fremdsprache als Unterrichtssprache dient. Positive Auswirkungen dieser Unterrichtsform auf **fremdsprachliche** Fähigkeiten und Fertigkeiten von Schülerinnen und Schülern sind wissenschaftlich belegt und in der Unterrichtspraxis weitgehend akzeptiert. Über **Auswirkungen auf fachliche Fähigkeiten** liegen jedoch kaum wissenschaftlich fundierte Aussagen vor. Dies führt vor allem in naturwissenschaftlichen Fächern zu Ressentiments gegenüber dieser bilingualen Unterrichtsform. Im Folgenden wird die Bedeutung von Sprache für den Physikunterricht, vor allem den Konzepterwerb, analysiert und daraus ableitbare Implikationen für fremdsprachenintegrierten Physikunterricht beschrieben. Des Weiteren wird über eine vergleichende Studie zu den Auswirkungen von englisch geführtem Physikunterricht auf die fachliche Leistung von Schülerinnen und Schülern der 11. Schulstufe im Bereich Magnetismus berichtet. Mittels Pre- und Post-Testvergleich wurden die Lernergebnisse einer fremdsprachenintegriert unterrichteten Untersuchungsgruppe ($N=127$) denen einer muttersprachlich unterrichteten Vergleichsgruppe ($N=78$) gegenüber gestellt. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass die vorgegebenen Lernumgebungen im Bereich Magnetismus, die sich durch die Unterrichtssprache unterschieden, zu keinem signifikanten Unterschied in der fachlichen Leistung der Schülerinnen und Schüler führten.

Schlüsselwörter: Fremdsprachenintegration, Magnetismus, Fachsprache, Sprache und Konzeptentwicklung

ABSTRACT

Content and language integrated learning (CLIL) is characterized by using a second language as medium of instruction in the teaching of non-language subjects. Positive influences on students' language learning outcomes have been shown by several research studies and the fact that CLIL students usually have higher levels of second language competence is also widely accepted by practitioners. However, little is known about the learning effects of CLIL concerning content knowledge, which causes resentments

against this bilingual teaching concept especially in the field of science teaching. This article reviews the importance of language for learning-processes in general and discusses implications for CLIL in teaching physics. Finally an empirical study is presented which investigates the content outcomes of CLIL in teaching Magnetism. The content achievement of students being either instructed with English as a working language (test group) or in their first language German (control group), was compared in a pre- post-test design. Results indicate that the provided learning environments, just differing according to the language of instruction, did not cause significantly different content achievements.

Keywords: Content and language integrated learning, magnetism, terminology, language and concepts

1 Einleitung

Der erhöhte Bedarf an solider Fremdsprachenkompetenz, der durch politische und soziale Veränderungen in Europa und die fortschreitende Globalisierung entsteht, ließ Mitte der Neunziger Jahre im österreichischen Schulwesen die Forderung nach alternativen Formen des Fremdsprachenlernens laut werden. Die Erhöhung der kommunikativen Kompetenz und anwendungs- bzw. praxisorientiertere Fremdsprachenkenntnisse der Schulabgängerinnen und Schulabgänger standen im Zentrum der Bestrebungen.

Als eine Reaktion auf diese neuen Forderungen an den Fremdsprachenunterricht wurde vom Ministerium für Unterricht und Kunst die Installierung bilingualer Schulen und Klassenzüge sowie die Verwendung von Fremdsprachen als Arbeitssprachen in Angriff genommen (Abuja & Heindler 1998; Abuja 2003; BM:BWK 2008).

Die Unterrichtslandschaft, die sich in der Folge entwickelte, ist durch eine große Vielfalt geprägt, die häufig unter dem Be-

griff *bilingual* subsummiert wird. Intensität und Ausformungen dieser *bilingualen Unterrichtsformen* sind jedoch unterschiedlich und reichen von bilingualen Schulen mit durchgängigem Unterricht in einer Fremdsprache bis zu zeitweiligem, fremdsprachigen Unterricht in einzelnen Sachfächern.

Diese Vielfalt an verschiedenen Konzepten wird von einer Begriffsvielfalt überlagert, die eine zielgerichtete und präzise Diskussion erschwert. Um ein möglichst scharfes Bild der hier diskutierten Überlegungen und der im Anschluss beschriebenen Studie zeichnen zu können, scheint es an dieser Stelle nötig, einen kurzen Überblick über die verwendeten Begriffe und die Bedeutung, die ihnen in diesem Beitrag zugewiesen wird, zu geben. Der häufig verwendete Terminus *bilingual* oder seine Übersetzung *zweisprachig* wird im Allgemeinen sehr weitgefasst verwendet ohne klarzustellen, ob mit *bilingual* eine Zielkompetenz oder ein Unterrichtsverfahren beschrieben werden soll. Diese unterschiedliche Bedeutungszuweisung

trägt zur Verwirrung bei, denn einerseits findet eine Auslegung statt, der zu Folge in einer Schulklasse zwei Unterrichtssprachen bewusst in derselben Unterrichtssequenz eingesetzt werden (Badertscher & Bieri 2009) mit dem Ziel, dass die Lernenden sich in beiden Sprachen artikulieren können. Eine Zielvorgabe für den sachfachlichen Output eines in diesem Sinne bilingualen Unterrichts bleibt ausgespart. Andererseits bezieht sich die Bezeichnung *bilingual* häufig auch auf Unterricht, „in dem die Fremdsprache als Arbeitssprache im Sachfachunterricht verwendet wird“ (Wildhage & Otten 2003, 14). In dieser Deutungsweise erfolgt eine Substitution der Erstsprache durch die Fremdsprache, ohne etwaige Einflüsse auf die Methodik des Unterrichts zu thematisieren. Damit eröffnet sich ein Spektrum an Unterrichtsvarianten, das von konventionellem Sachfachunterricht, in dem lediglich die Erst- durch die Zweitsprache ausgetauscht wird, bis hin zu bilingualen Unterrichtsverfahren reicht, in denen neben dem Sprachwechsel auch eine Anpassung der Unterrichtsmethoden erfolgt. Ursprünglich geht die Bezeichnung *bilingual* auf Immersionsmodelle in Kanada („early French immersion model“) zurück, die durch völlig andere Rahmenbedingungen und Zielsetzungen gekennzeichnet waren (Wesche 2002). Im engeren Sinn denotiert dieser Begriff eine Gleichberechtigung der Ausgangs- und der Zielsprache und ist auf eine echte Zweisprachigkeit ausgerichtet. Diese Zielsetzungen können von bilingualen Schulzweigen oder fremdsprachigem Fachunterricht jedoch nicht annähernd beansprucht werden.

Für die im Folgenden dargestellten Überlegungen wird die Bezeichnung fremdsprachenintegrierter Sachfachunterricht¹ gewählt um zu verdeutlichen, dass nicht nur die Fremdsprache statt der Erstsprache² als Unterrichtssprache fungiert, sondern dass damit auch eine Anpassung der Unterrichtsmethodik einhergeht. Dieser integrative Charakter, der sprachliches und fachliches Lernen zusammenspannt, wird häufig als *content and language integrated learning* (CLIL) bezeichnet (Bonnet 2004). Somit bezieht sich dieser Ansatz nicht nur auf die verwendete Arbeitssprache, sondern beschreibt auch, „was den Unterricht tatsächlich methodisch ausmacht, nämlich das miteinander verknüpfte Lernen von Inhalten und Sprache“ (Koch 2005, 6).

Eine große Nachfrage nach bilingualer Bildung führte in Österreich zu einer raschen Zunahme an Schulstandorten, die eine der vielen Ausformungen fremdsprachenintegrierter Sachfachunterrichts anbieten. Ein verhältnismäßig geringer Stellenwert kommt jedoch dem fremdsprachenintegrierten Ansatz im Bereich der naturwissenschaftlichen Fächer, vor allem der Chemie und der Physik, zu. Hinter diesem keineswegs österreichspezifischen Phänomen (BM:BWK 2008;

1 „[...] der Terminus Sachfach soll ausdrücken, dass es um ein nicht sprachliches Fach gehen muss [...]“. Koch (2005, 5).

2 Den hier angestellten Betrachtungen wird die offizielle Unterrichtssprache als Muttersprache (oder Zweitsprache mit hohem Beherrschungsniveau) zugrunde gelegt. Fälle von Schülerinnen und Schülern, auf die diese Kriterien nicht zutreffen, bedürfen einer gesonderten Betrachtungsweise, die für die beschriebene Arbeit ausgeklammert wird.

Bonnet 2004; Koch & Bündler 2008; Nezbeda 2005) stehen neben der Problematik der fremdsprachlichen Qualifikationen der Naturwissenschaftslehrkräfte selbst, vielfach Bedenken bezüglich der Auswirkungen dieses Unterrichtskonzepts auf Schülerkompetenzen. Im Besonderen bestehen Befürchtungen, dass das Verständnis fachlicher Sachverhalte durch die Fremdsprache zusätzlich derart erschwert wird, dass das fachliche Niveau der Schülerinnen und Schüler sinken könnte.

Diese Vorbehalte aus der Schulpraxis können durch die aktuelle Forschungslage, die vorwiegend Befunde zur linguistischen Entwicklung der Lernenden bereithält, nicht zerstreut werden. Während zahlreiche empirische Untersuchungen vorliegen, die Auswirkungen fremdsprachenintegrierten Sachfachunterrichts auf fremdsprachige Kompetenzen befor-schen und durchwegs als positiv einstufen, kann bezüglich der Auswirkung auf fachliche Leistungen lediglich auf Praxiserfahrungen zurückgegriffen werden, wissenschaftlich fundierte Aussagen fehlen bisher weitgehend.

2 Theoretischer Hintergrund zur Bedeutung von Sprache für den Physikunterricht

Sprache spielt für Unterricht generell eine eminent wichtige Rolle. Auch wenn die Bedeutung der Sprache für den naturwissenschaftlichen Unterricht selten expliziert wird, wurde sie nicht erst in jüngster Vergangenheit erkannt (Mikelskis 2006). So verwies etwa Heisenberg mit seinem

Diktum „Physik entsteht im Gespräch“ (zit. n. Leisen 1998, 5) unmissverständlich auf die Bedeutung der Kommunikation im physikalischen Verständnisprozess und damit auch beim Physiklernen.

In der Physik stehen vorwiegend abstrakte Konzepte im Mittelpunkt, wodurch sowohl das Verstehen und Begreifen physikalischer Inhalte als auch die Kommunikation darüber erschwert wird. Grundsätzlich sind die Vorstellungen, die sich Menschen von der Wirklichkeit machen, verschieden. Speziell ist das der Fall, wenn diese Wirklichkeit nicht mit Sinnesorganen erfassbar ist, wie eine Fülle physikalischer Konzepte. Wird über derartige Vorstellungen mit Sprache kommuniziert, kann die Sprache keine objektiven Informationen übertragen, sondern nur „sprachliche Fassungen einer eigenen Wirklichkeitskonstruktion (. . .)“ (Leisen 1998, 5). Diese sprachlichen Äußerungen müssen bei anderen Kommunikationsteilnehmern jedoch nicht unweigerlich die gleichen Vorstellungen hervorrufen, „da [...] Bedeutung stets mit *Deutung* auf der Grundlage bestehender Denkstrukturen des Einzelnen in Verbindung gebracht wird. Daher kann Bedeutung nicht einfach aufgenommen oder übernommen werden, sondern muss von jedem Menschen individuell hergestellt [werden], sie muss konstruiert werden.“ (Breibach & Viebrock 2006, 241). Insofern sind sprachliche Mehrdeutigkeiten unausweichlich ein Bestandteil unterrichtlicher Kommunikation. Um Verstehensprozesse und somit die Konstruktion neuer Wissensstrukturen zu unterstützen, wird ein „sprachliches Aushandeln von Bedeutungen“

(Starauschek 2006, 183) erforderlich. Derartige Aushandlungsprozesse, denen in der Regel weder im Schulalltag noch in der Lehrerausbildung ein entsprechender Stellenwert zukommt (Merzyn 1998a), werden bei fremdsprachenintegrierten Modellen durch die zusätzliche Ebene der Arbeitssprache unweigerlich Bestandteil des Unterrichts (Koch 2005; Wildhage et al. 2003).

2.1 Alltagssprache und Fachsprache im Physikunterricht

Ein überwiegender Teil jedes Unterrichts findet auf der sprachlichen Ebene statt, wodurch das Lernen im Fach untrennbar mit dem Erlernen seiner Fachsprache verknüpft ist (Merzyn 1998a). Der Unterschied zwischen Alltagssprache und Fachsprache stellt bei der Vermittlung physikalischer Inhalte und Konzepte ein nicht zu unterschätzendes Problem dar: “[...] physics uses a large technical vocabulary, and many of the words we define precisely carry the same meaning but less precisely in their everyday usage. Other words carry different, often contradictory meanings.” (Williams 1999, 672).

Im Gegensatz zur Fachsprache, die vor allem durch eine große Anzahl von Fachbegriffen gekennzeichnet ist und in deren Begriffsbildung Eindeutigkeit und Exaktheit angestrebt wird, weist die Alltagssprache einen starken Bezug zur Erlebnis- und Erfahrungswelt der Schülerinnen und Schüler auf und beinhaltet daher überwiegend antropomorphe Ausdrucksweisen (z. B. *eine Kraft haben, die Batterie ist*

leer,...), deckt größere Bedeutungsfelder ab und ist in hohem Maße kontextabhängig. Muckenfuß fasst die daraus resultierende Problematik wie folgt zusammen: „Besonders für Fachwörter, die zugleich alltagssprachliche Begriffe sind (Kraft, Wärme, Arbeit, Leistung usw.), entstehen Lernprobleme wegen der Kluft zwischen dem Theoriegehalt der Begriffe und der nicht selten inkommensurablen alltagssprachlichen Semantik.“ (Muckenfuß 1995, 257).

2.2 Sprache und physikalische Konzepte

Die Rolle der Sprache im Lernprozess darf nicht als die eines bloßen „Transportmittels für Inhalte“ abgetan werden. Sinnvolle Lernprozesse, die konzeptuelles Verständnis fördern, sind dadurch gekennzeichnet, dass die Bedeutung der sprachlichen Signale vom Lernenden selbst konstruiert wird. Wie Starauschek formuliert: „Inhalte können nicht durch einfaches und wiederholtes ‚Sagen‘ eins zu eins von einem Kopf in einen anderen transportiert werden. Bei Verstehensprozessen ist die Sprache ein Mittel, um neue Wissensstrukturen zu konstruieren.“ (Starauschek 2006, 183).

Aus der Sicht kognitiv-konstruktivistischer Lerntheorien sind Konzepte mentale Konstrukte, die mitbestimmen, wie eintreffende Informationen kognitiv verarbeitet und organisiert werden. Sie sind prinzipiell flexibel und können durch Erfahrung und kognitive Bedürfnisse modifiziert bzw. reorganisiert werden (Preiser

2009). Sobald ein Konzept jedoch an ein Wort oder einen Begriff gebunden ist, ist es relativ stabil.

Für das Begriffslernen selbst lassen sich unterschiedliche Abläufe feststellen, abhängig davon, ob ein Fachbegriff oder ein Alltagsbegriff gelernt wird. Bei Alltagsbegriffen erfolgt der Verlauf vom Objekt hin zum Begriff, während bei Fachbegriffen der Begriff selbst Ausgangspunkt ist und erst in weiterer Folge eine Relation zum Objekt hergestellt wird (Vygotsky 1986). Diese inverse Verlaufsrichtung, die neue (wissenschaftliche) Konzepte mit von Alltagskonzepten geprägten Begriffen in Verbindung bringt, erschwert Lernprozesse. Auf der Ebene des Physikunterrichts äußert sich dies häufig durch Doppeldeutigkeit der mit den Begriffen verbundenen Konzepte (Kelter 2003) oder durch die Interferenz von wissenschaftlichen Konzepten und Alltagskonzepten beim erstmaligen Auftreten eines „Fachbegriffs“, den die Schülerinnen und Schüler schon zuvor mit einer anderen Bedeutung kannten. Die durch Alltagserfahrungen geprägten Vorstellungen und wissenschaftliche Konzepte sind hier nicht deckungsgleich, werden aber mit denselben Worten beschrieben. Oft wird die Bildung eines physikalisch korrekten Konzepts somit durch ein Übermaß an bereits vorhandenen Alltagserfahrungen behindert, weil diese auf andere Denkschemata verweisen (Muckenfuß 1995).

Die Interdependenz von Sprache und Konzeptbildung legt also nahe, dass gleichzeitig mit dem Physiklernen ein Sprachlernen einhergehen muss, damit sich das Resultat des Lernprozesses nicht

auf bloßes Memorieren von Merksätzen beschränkt, sondern sich als Verstehen und Begreifen von Konzepten und Zusammenhängen manifestiert. Diese Gleichzeitigkeit von Fach- und Sprachlernen bietet einen interessanten Ansatzpunkt für die Verwendung einer Fremdsprache als Arbeitssprache.

3 Stand der Forschung im Bereich des fremdsprachenintegrierten Sachfachunterrichts

Die wissenschaftliche Absicherung der Effekte, die fremdsprachenintegriertem Unterricht zugeschrieben werden, ist je nach Referenzbereich unterschiedlich weit fortgeschritten. Während sprachliche Auswirkungen empirisch gut untermauert sind, basieren fachliche Rückschlüsse aufgrund der kurzen Tradition von fremdsprachenintegriertem Sachfachunterricht vor allem in den naturwissenschaftlichen Fächern kaum auf wissenschaftlich fundierten Untersuchungen. Als Qualitätskriterium für fachliche Wirksamkeit wird hier häufig auf Beobachtungen und Einschätzungen am Unterrichtsgeschehen beteiligter Lehrkräfte, sowie Schülerinnen und Schülern zurückgegriffen. Im Folgenden soll ein Überblick über die aktuelle Forschungslage in beiden Referenzbereichen gegeben werden, über Auswirkungen fremdsprachenintegrierten Sachfachunterrichts sowohl auf die fremdsprachliche als auch auf die fachliche Kompetenzentwicklung.

3.1 Auswirkungen fremdsprachen-integrierten Unterrichts auf das Lernen der Fremdsprache

Zahlreiche Untersuchungen aus kanadischen Immersionsmodellen führen zur Erkenntnis, dass in allen untersuchten Formen des im engeren Bedeutungssinn bilingualen Unterrichts die „Fremdsprache signifikant besser gelernt wurde als im üblichen lehrbuchgestützten Fremdsprachenunterricht“ (Wesche 2002, 360). Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass auch fremdsprachiger Sachfachunterricht ohne sozio-kulturellen Hintergrund der Immersionsmodelle konventionellem Fremdsprachenunterricht überlegen ist. Der aus Sicht der Fremdsprachendidaktik durch seine oftmals isolierten und dadurch künstlich anmutenden Kommunikationssituationen beschränkte Fremdsprachenunterricht erfährt in bilingualen Ansätzen eine „attraktive und effektive Ergänzung [...] um ‚echte‘, inhaltsorientierte Kommunikation.“ (Pirner 2007, 42).

Befundlage zur sprachlichen Wirksamkeit fremdsprachenintegrierter Unterrichtsmodelle

Die Erforschung der Auswirkungen fremdsprachenintegrierten Fachunterrichts auf die fremdsprachlichen Kompetenzen von Lernenden wurde bisher unterschiedlich umgesetzt. Einerseits wurden Selbst- und Fremdeinschätzungsskalen herangezogen (Hirner 2000; Wallner 1999), andererseits fanden empirische Untersuchungen mit Kontroll- und Untersuchungsgruppendesign Anwendung.

Je nach Untersuchungsfokus wurden dabei standardisierte Sprachleistungstests wie „BULATS“ (Business Language Testing Service der Universität Cambridge) (Hollenweger, Maag Merki, Stebler & Prusse 2005) oder „Achievement & Proficiency Test“ (APT) (Zydatiś 2007) eingesetzt. In anderen Forschungen wurden schriftliche oder mündliche Beiträge von Lernenden mittels linguistischer Verfahren analysiert (Burmeister & Daniel 2002). Aus den Ergebnissen der bisherigen Untersuchungen im deutschsprachigen Raum (Dalton-Puffer 2008; Wode, Burmeister, Daniel, Kickler & Knust 1996) geht klar hervor, dass sich die Fremdsprachenkompetenz der Schülerinnen und Schüler durch den fremdsprachenintegrierten Unterricht deutlich verbessert. Bei genauerer Differenzierung der fremdsprachlichen Fertigkeiten sind vor allem der positive Einfluss auf den Wortschatz in der Fremdsprache, im Besonderen dabei auf fachsprachliche Fähigkeiten, wie auch eine gesteigerte kommunikative Kompetenz zu erwähnen. Keine Belege für signifikante Leistungsveränderungen gegenüber konventionell unterrichteten Schülerinnen und Schüler sind in anderen Bereichen des Fremdsprachenerwerbs vorhanden, wie in der Grammatik und, abhängig vom Einsatz von „native speakers“, in der Aussprache (Cummins & Swain 1986; Wode 1995).

Sprachliche Wirksamkeit unter dem Aspekt Gender

Weit verbreitet ist die Annahme, (Fremd-)sprachenkompetenz sei ein Charakteristikum, das durch die Variable Geschlecht

determiniert werde. Schmenk (2004, 514f) fasst diesbezüglich herrschende stereotype Vorstellungen wie folgt zusammen: „Generalist assumptions such as ‘languages are girls’ subjects,’ ‘girls generally have more positive attitudes than boys toward language learning,’ ‘girls are better at language learning than boys’ are widespread.“ Die Forschungslage bezüglich des Einflusses des Geschlechts auf den Bereich des Fremdspracherwerbs stellt sich in Summe jedoch äußerst ambivalent dar. Stanat und Kunter (2002) geben einen guten Überblick über die Entwicklung der Erkenntnisse der letzten 40 Jahre. Die als abgesichert erachtete Überlegenheit der verbalen Fähigkeiten von Mädchen geriet demnach durch eine Metaanalyse in den ausgehenden 1980ern ins Wanken und kulminierte in der Schlussfolgerung „gender differences in verbal ability no longer exist“. Forschungsergebnisse der Folgezeit sprechen jedoch wieder von „Leistungsvorteilen für Mädchen in verschiedenen verbalen Bereichen“ (Hyde & Linn, 1988, 53: zit. n. Stanat et al. 2002, 30).

Die hier beschriebenen widersprüchlichen Ergebnisse müssen auch vor dem Hintergrund neuerer psychometrischer Untersuchungen von Testinstrumenten im Bereich der Sprachbeherrschung reflektiert werden, die vor allem für ältere Testinstrumente teilweise massive Benachteiligungen für weibliche Testpersonen attestieren (Brown & McNamara 2004). Als Faktoren, die die Objektivität von Sprachbeherrschungstests zu Gunsten eines Geschlechts beeinflussen, zählen neben der kontextuellen Verankerung der Testitems auch das Antwortformat

wie bei mündlichen Tests das Geschlecht der interviewenden Person (Brown et al. 2004; van der Slik 2009).³ In der neueren Spracherwerbsforschung wird die Variable Geschlecht als Konstrukt und multidimensionaler Faktor betrachtet, der durch viele weitere Faktoren beeinflusst wird (Schmenk 2002). Gilt für eine Vielzahl von Autoren eine Unterschiedlichkeit im Spracherwerb und in den sprachlichen Fähigkeiten zwischen den Geschlechtern als gesichert, so ist die Erkenntnislage darüber, welches Geschlecht in welchem sprachlichen Teilbereich überlegen ist, noch nicht beweiskräftig (Andreou, Vlachos & Andreou 2005; van der Slik 2009). Geringe Einigkeit herrscht auch über den Ursprung dieser geschlechtsbezogenen Diversität. Eine Tendenz scheint in Richtung eines integrativen Ansatzes von neurologischen, biologischen und sozialen Faktoren zu weisen (Stanat et al. 2002). Rücken nun nicht nur fremdsprachliche Fähigkeiten, die durch Fremdsprachenunterricht im engeren Sinn erworben wurden, in den Blickpunkt, sondern auch solche, die aus integrativem Fach- und Sprachunterricht herrühren, so verdichtet sich das Geflecht von Ursache und Wirkung zunehmend. Hier muss jedenfalls der Einfluss des jeweiligen Sachfaches selbst und die zusätzliche Interaktion des Sachfaches mit der Fremdsprache berücksichtigt werden. In bisherige Untersuchungen

³ Die verfälschende Wirkung der Faktoren Itemkontext und Antwortformat spielt nicht nur im Bereich der Sprachbeherrschungstests eine Rolle, sondern konnte auch für andere Bereiche wie etwa den Bereich der Naturwissenschaft und Mathematik festgestellt werden. (Van der Slik, 2009).

fremdsprachenintegrierten Sachfachunterrichts konnten keine geschlechtsspezifisch signifikanten Leistungsunterschiede zwischen Burschen und Mädchen auf fremdsprachlicher Ebene diagnostiziert werden (Coetzee-Lachmann 2007; Hollenweger et al. 2005). Somit kann das Argument der Bevorteilung von Mädchen durch fremdsprachenintegrierten Sachfachunterricht nicht gehalten werden.

3.2 Auswirkungen fremdsprachenintegrierten Unterrichts auf das Lernen im Sachfach

Die systematische Erforschung fremdsprachigen Sachfachunterrichts in Österreich – ähnlich wie in Deutschland und der Schweiz – hat dem Aspekt „des sachfachlichen Lernens in den fremdsprachlich unterrichteten Sachfächern“ (Bonnet 2004, 45) bis vor kurzem wenig Beachtung geschenkt. Punkte, die für die eher schlepende Erforschung der Fachleistung im Vergleich zu den vielschichtigen vorhandenen Befunden über Fremdsprachleistungen ins Treffen geführt werden können, sind die spezifischen Fachstrukturen und Fachkulturen der einzelnen Sachfächer. Trägt die fremdsprachliche Kommunikation unabhängig von thematischen und fachlich-methodischen Eigenheiten des einzelnen Sachfaches offenbar grundsätzlich zur Verbesserung der Fremdsprachenkompetenz bei, so gibt es starke Hinweise dafür, dass für den sachfachlichen Ertrag domänenspezifische Faktoren berücksichtigt werden müssen.

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts war die Diskussion über die Natur von Lernprozessen stark von Ansätzen geprägt, die domänenunabhängige Zugänge in den Mittelpunkt stellten. Aktuelle Lerntheorien fokussieren jedoch verstärkt auf der Domänenspezifität des Lernens (Mayer 2002; Vosniadou 2007). Befunde der Experten-Novizenforschung in verschiedenen Fachbereichen stützen diesen domänenspezifischen Zugang empirisch (Weinert, Birbaumer, Graumann 1996, 123ff). Domänenspezifisches Vorwissen ist ausschlaggebend für die Wahl der Lernstrategien, die Lernende anwenden, und ist damit auch ein guter Prädiktor für den Lernerfolg (Lehmann, Jüling & Knopf 2002). Ebenfalls kann davon ausgegangen werden, dass Lernende nicht grundsätzlich individuelle Präferenzen für bestimmte Lernstrategien zeigen, sondern deren Wahl vom Grad ihrer Expertise in der jeweiligen Domäne abhängt (Lind & Sandmann 2003, 189). Auf Schulunterricht bezogen kann daraus geschlossen werden, dass Lernprozesse in hierarchisch strukturierten Domänen wie Physik (Lind, Friege, Kleinschmidt & Sandmann 2004) anders erfolgen als in weniger strukturierten wie beispielsweise Geschichte (Limón & Mason 2002). Unterschiedliche Schulfächer stellen demnach unterschiedliche Anforderungen an Lernende dar. Somit erscheint ein Transfer von Untersuchungsergebnissen zum fremdsprachenintegrierten Unterricht zwischen verschiedenen Schulfächern als fragwürdig.

Wahrnehmungen, dass sich fremdsprachiger Sachfachunterricht positiv auf die Fachkompetenzen von Lernenden aus-

wirkt, sind Erfahrungsberichten und Evaluierungen der fremdsprachenintegrierten Unterrichtspraxis häufig zu entnehmen. Eindeutige empirische Befunde sind allerdings noch ausständig, vor allem weil bisher wenige Untersuchungen durchgeführt wurden, die sich auf die Erforschung des Fachlernens im fremdsprachenintegrierten Unterricht konzentrieren. Im Folgenden werden zwei Arten von Ergebnissen präsentiert. Einerseits handelt es sich dabei um solche, in denen fachspezifische Lernergebnisse von fremdsprachenintegriert unterrichteten Schülerinnen und Schülern empirisch erforscht wurden. Andererseits werden Ansätze dargestellt, die auf allgemeinen kognitionspsychologischen Erkenntnissen oder auf Hypothesen vorliegender Forschungsergebnisse aus dem Bereich des fremdsprachenintegrierten Unterrichts beruhen und Implikationen für das Fachlernen liefern.

Befundlage zum Fachlernen

Evaluierungen⁴ fremdsprachenintegrierter Unterrichtsmodelle zeigen folgendes Bild:

Eine Evaluation der 10. bis 13. Schulstufe zweisprachiger Bildungsgänge an unterschiedlichen höher bildenden Schweizer Schulen – hier wurden fachliche Leistungen

von 226 Probanden in den Fächern Geographie und Geschichte⁵ untersucht – kommt zu folgenden Ergebnissen: „Aus den Prüfungsarbeiten ist nicht ersichtlich, dass die Fachkompetenz unter der Fremdsprache leidet.“ (Hollenweger et al. 2005, 70).

Eine weitere in jüngster Zeit in der Schweiz durchgeführte Untersuchung an etwa 200 Probanden der 4.–6. und 7.–9. Schulstufen (Badertscher et al. 2009, 106) in den Fächern Geographie, Geschichte und Biologie zieht als Resümee, die „Untersuchung konnte im Vergleich zu L1-Unterricht⁶ weder negative noch positive Auswirkungen von bilingualem⁷ Sachfachunterricht auf den Wissenserwerb von autochthonen Schülerinnen und Schülern im Sachfach [nachweisen].“

Als Fazit ihrer Untersuchung fachlicher Leistungen in fremdsprachenintegrierten Sachfächern⁸ an 16 zweisprachigen Schulen der Sekundarstufe I und II in Österreich zieht Wallner (1999, 283), „dass die überwiegende Mehrheit der Schüler und Schülerinnen ihre Leistungen halten oder gar steigern konnten.“

4 An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass derartige Evaluierungsergebnisse in der überwiegenden Anzahl der Fälle nicht auf wissenschaftlich fundierten Testinstrumenten zur Leistungsdiagnostik beruhen, sondern häufig auf Erfahrungsberichten, Schulnotenvergleichen oder dem Vergleich von Prüfungsarbeiten.

5 Geographie und Geschichte zählen generell zu den in fremdsprachenintegrierten Unterrichtsmodellen am häufigsten vertretenen Fächern.

6 L1 bezeichnet die Erstsprache (Muttersprache) in der sprachwissenschaftlichen Literatur.

7 Der Begriff bilingual ist in diesem Fall synonym mit dem Begriff fremdsprachenintegriert laut der Definition in Abschnitt 1 verwendet.

8 Der Anteil einzelner Schulfächer in der erhobenen Stichprobe ($N=471$ Schülerinnen und Schüler aus unterschiedlichen Schultypen der Sekundarstufe I und II) betrug: Geographie (72,8%), Geschichte (41%), Biologie (26%), Physik (2,5%), Politische Bildung (2,3%) und Musik (3,4%) (vgl. Wallner 1999, 247 & 273). Die hier angeführten Prozentsätze ergänzen sich auf Grund von Mehrfachnennungen auf mehr als 100 Prozent.

Eine deutsche Fallstudie in Naturwissenschafts-AGs der 5. Schulstufe berichtet über den Einsatz bilingualen Unterrichts in der Orientierungsstufe⁹ Folgendes: „Zusammenfassend kann über das fachliche Lernen in den Untersuchungsgruppen dieser Fallstudie ausgesagt werden, dass sich keine Hinweise für eine Behinderung der Lernprozesse durch den Unterricht in der Fremdsprache finden.“ (Koch et al. 2008, 4).

Diese Tendenz wird auch von DEZIBEL, einer Untersuchung von 191 Probanden der 10. Schulstufe dreier Berliner Gymnasien, bekräftigt: „Bei den sachfachbezogenen Text- bzw. Diskurskompetenzen lassen sich im Großen und Ganzen vergleichbare Leistungen zwischen den Regel- und den „bilingualen“ Schülern beobachten.“ (Zydati, Internetdokument).

Interessante Ergebnisse stammen auch von einer Vergleichsuntersuchung aus dem Bereich der Biologie (Kondring & Ewig 2005) mit allerdings kleiner Stichprobe von je nur einer 9. Klasse als Untersuchungsgruppe ($N=26$) und Vergleichsgruppe ($N=20$). Die Lernleistung unterscheidet sich zwischen beiden Gruppen nicht signifikant. Allerdings weisen die Ergebnisse darauf hin, dass das deutsche Fachvokabular von den in englischer Sprache unterrichteten Schülerinnen und Schülern schlechter beherrscht wurde.

In ihrem Überblicksartikel zu aktuellen europäischen Forschungsergebnissen bezüglich fremdsprachenintegrierten Unter-

richts in unterschiedlichen Sachfächern fasst Dalton-Puffer (2008, 143) zusammen: “Generally speaking research results are, however positive, with most studies making the observation that CLIL¹⁰ learners possess the same amount of content knowledge as their peers who were taught in the L1. CLIL students have even been shown to outperform peer controls when tested in the L1 [...]”

Weitere internationale Ergebnisse des Fachlernens in fremdsprachigen Lernumgebungen betreffend, werden an dieser Stelle aus folgenden Gründen ausgespart: Ein Teil der Ergebnisse kommt aus Erhebungen, die wissenschaftlichen Ansprüchen nicht genügen. Ein weiterer beruht auf Untersuchungen, denen andere, für unsere Zwecke nicht vergleichbare, sprachliche und soziale Rahmenbedingungen zu Grunde liegen: Die Relation von Erst- und Zweitsprache ist eine andere oder soziale Thematiken wie die Minderheiten-Majoritäten-Problematik spielen eine nicht ausblendbare Rolle.

Wie bereits besprochen, lassen sich die hier dargestellten Befunde nicht unreflektiert auf andere Fächer wie etwa Physik übertragen. Den Physikunterricht selbst betreffend liegen keine empirischen Untersuchungen vor, auf deren Basis geurteilt werden kann. Dies führt zur generellen Verunsicherung von Lehrerinnen und Lehrern.

Konkrete Befürchtungen, wonach die fremdsprachliche Komponente Erschwe-

⁹ Als Stichprobengröße werden drei AGs genannt, die jeweils zwischen 10 und 15 Schülerinnen und Schüler umfassen.

¹⁰ CLIL (content and language integrated learning) fungiert als Übersetzung für fremdsprachenintegrierten Sachfachunterricht.

rungen der Kommunikation und somit des Verständnisses fachlicher Inhalte im Unterricht zu Folge hat, Motivationsabfälle verursacht, das Unterrichtstempo verlangsamt und insgesamt zur Abwertung des Fachgegenstandes beiträgt, konnten bisher weder widerlegt noch bestätigt werden (Hajer 2000).

Schlussfolgerungen für das Fachlernen

Im Folgenden sollen auf das Fachlernen bezogene Annahmen über fremdsprachenintegriertes Lernen diskutiert werden, die aus Untersuchungen abgeleitet wurden, empirisch allerdings nicht überprüft sind.

Das Erlernen und Verstehen fachlicher Inhalte bedingt wie bereits dargelegt immer ein Sprachlernen, unabhängig davon, ob die Unterrichtssprache die Erst- oder Zweitsprache ist. Der häufig von Fachsprache geprägte Regelunterricht (Merzyn 1998b) kann durch die fremdsprachige Dimension in Richtung einer rezipientenfreundlicheren sprachlichen Ebene verändert werden. Die fremdsprachige Unterrichtssituation, in der Lehrende meist selbst auf kein perfektes Sprachbeherrschungsniveau zurückgreifen können, hat häufig eine erhöhte Sensibilisierung für sprachliche Aspekte des Unterrichts zu Folge. Dadurch werden sprachliche Äußerungen oft auf einem einfacheren Niveau gehalten (Pirner 2007).

Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass durch die Verlangsamung des Unterrichts, die durch die fremdsprachenintegrierte Komponente verursacht wird,

eine größere kognitive Verarbeitungstiefe und somit besseres Verständnis fachlicher Inhalte hervorgerufen wird (Bonnet 2004).

Ein Argument, das sich häufig gegen die Verwendung einer Fremdsprache als Arbeitssprache richtet, führt an, dass die neu zu lernenden Vokabeln einen ungerechtfertigten Mehraufwand für Schülerinnen und Schüler bedingen. Angesichts der Analyseresultate von Schulbuchsprache, in der eine vergleichbare Anzahl von Fachbegriffen auftritt wie im Fremdsprachenunterricht durchschnittlich unbekannte Vokabeln (Pfundt 1981), kann dieses Gegenargument nur teilweise aufrechterhalten werden.

Vorteile im fachlichen Bereich kann die Verwendung von Fremdsprachen als Arbeitssprachen auch für den Erwerb naturwissenschaftlicher Konzepte bringen. In der konzeptuellen Veränderung – beim Übergang von Alltagskonzepten zu wissenschaftlichen Konzepten – gilt die verwendete Sprache (s. o.) als ein bedeutender Faktor. Aus Alltagserfahrungen abgeleitete Konzepte, die im Laufe des Spracherwerbs mit muttersprachlichen Begriffsnetzen verknüpft werden, sind derart tief verankert, dass schulische Unterweisung häufig nicht ausreicht, um die Alltagskonzepte so zu adaptieren, dass sie sich mit wissenschaftlichen Konzepten decken. Vielmehr bewirkt Unterricht oftmals den Aufbau eines zweiten, weniger verankerten Konzepts quasi für unterrichtliche Zwecke (Duit 1997; Starauschek 1998). Fremdsprachiger Sachfachunterricht könnte das Konzeptlernen bzw. die Adaption von Alltagskonzepten durch

das Zurverfügungstellen einer weiteren Repräsentationsebene der Konzepte – nämlich das zugehörige fremdsprachliche Begriffsnetz – begünstigen. Rollnick und Rutherford verweisen auf die sich hier eröffnende Chance: „It is also important to realize that knowledge of a second language can be an advantage in concept acquisition as it helps the learner to see different representations of the same ideas.“ (Rollnick & Rutherford 1996, 98). Auch Zydatisß sieht die Besonderheit der fremdsprachigen Lernsituation darin, dass Lernende leichter in die Lage versetzt werden, „ihre kognitiven Strukturen umzubauen und einen konzeptuellen Wandel von alltäglichen zu wissenschaftlichen Begriffen vorzunehmen“ (Zydatisß zit. n. Bonnet 2004, 49).

Ein anderer Zugang zu fremdsprachigem Fachunterricht greift den Genderaspekt auf und postuliert, dass ein fremdsprachenintegriertes Unterrichtskonzept den fachlichen Leistungen von Mädchen zuträglich sein könnte. Häufig basiert diese Argumentation jedoch auf der Annahme Mädchen seien den Burschen sprachlich generell überlegen, wofür keine wissenschaftlich eindeutigen Beweise vorliegen (s.o.).

3.3 Resümee des aktuellen Forschungsstands

Grundsätzlich kann die Verwendung einer Fremdsprache als Arbeitssprache als erfolgreich bewertet werden, wenn sowohl das Fremdsprachenlernen als auch das Fachlernen zumindest nicht negativ beeinflusst werden. Die vorausgegan-

genen Betrachtungen liefern allerdings keine Entscheidungsbasis für den Erfolg dieses Unterrichtskonzepts.

Resümierend können zwar eindeutig positive Auswirkungen auf den fremdsprachlichen Bereich attestiert werden, für das fachliche Lernen können sowohl Argumente für positive als auch für negative Effekte ins Treffen geführt werden. Bisherige Erhebungen vor allem den Physikunterricht betreffend (Hirner 2000) basieren jedoch vorwiegend auf Befragungen mit subjektiver Selbsteinschätzung, die keine objektive Vergleichsbasis bieten und somit nur eingeschränkte Aussagen zulassen. Um die Auswirkungen von fremdsprachenintegriertem Sachfachunterricht auf das Lernen im Sachfach Physik besser einschätzen zu können, sind detaillierte Untersuchungen nötig. Aus diesem Grund wurde eine empirische Untersuchung durchgeführt (Haagen-Schützenhöfer 2005), über die im Folgenden berichtet wird.

4 Fragestellungen

Im Zentrum der Untersuchung stehen Forschungsfragen, die in Diskussionen über die Leistung fremdsprachenintegrierten Physikunterrichts immer wieder angeführt werden, empirisch jedoch bisher nur unzureichend abgesichert sind. An erster Stelle soll überprüft werden, welchen Einfluss eine englischsprachige Unterrichtssituation (Untersuchungsgruppe) im Vergleich zur deutschsprachigen Unterrichtssituation (Vergleichsgruppe) auf die fachlichen Leistungen der Lernenden hat. Die Eva-

luation des Lernerfolgs¹¹ durch die sich in der Unterrichtssprache unterscheidenden Interventionen soll nicht nur auf objektiver Ebene durch Leistungstests betrachtet werden, sondern auch auf einer subjektiven Ebene durch die Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler. Als weiterer Bereich interessiert der Einfluss der Unterrichtsintervention auf den Lernerfolg unter einem genderspezifischen Fokus, speziell vor dem Hintergrund der in Abschnitt 3 besprochenen stereotypen Neigungszuweisungen bezüglich Fremdsprachen und Physik. Schließlich gilt es den Einfluss der als Unterrichtssprache verwendeten Fremdsprache auf die Unterrichtskommunikation aus Sicht der Schülerinnen und Schüler zu betrachten.

Basierend auf den vorangegangenen theoretischen Überlegungen liegen dieser Untersuchung drei Untersuchungsbereiche zugrunde, die in die folgenden Teilforschungsfragen gegliedert sind:

1. Auswirkungen der Unterrichtsintervention in englischer und deutscher Sprache auf den Lernerfolg in Untersuchungs- und Vergleichsgruppe:
 - a) Gibt es Unterschiede in der Selbsteinschätzung des Fachwissens im Bereich Magnetismus zwischen den Lernenden mit der Unterrichtssprache Englisch (Untersuchungsgruppe) und denen mit der Unterrichtssprache Deutsch (Vergleichsgruppe)?

- b) Gibt es Unterschiede in der fachlichen Leistung im Bereich Magnetismus zwischen den Lernenden mit der Unterrichtssprache Englisch (Untersuchungsgruppe) und denen mit der Unterrichtssprache Deutsch (Vergleichsgruppe)?

2. Auswirkungen der Unterrichtsintervention in englischer und deutscher Sprache auf den Lernerfolg in den Geschlechtergruppen:
 - a) Gibt es Unterschiede in der Selbsteinschätzung des Fachwissens im Bereich Magnetismus zwischen Mädchen und Jungen mit englischsprachiger und deutschsprachiger Intervention?
 - b) Ist der Einfluss der im Treatment verwendeten Unterrichtssprache auf die fachlichen Leistungen im Bereich Magnetismus für Mädchen und Jungen unterschiedlich?

3. Einfluss der Unterrichtssprache Englisch auf die Unterrichtskommunikation:
 - a) Wie bewerten Schülerinnen und Schüler den Einfluss der Unterrichtssprache Englisch auf die Unterrichtskommunikation im Unterrichtsmodul Magnetismus?

5 Methode

5.1 Untersuchungsdesign

Die vorliegende Vergleichsuntersuchung wurde zweistufig konzipiert und umfasst

¹¹ Der Begriff Lernerfolg wird im Folgenden als Sammelbegriff für den Zuwachs an konzeptuellem Wissen und Faktenwissen verwendet.

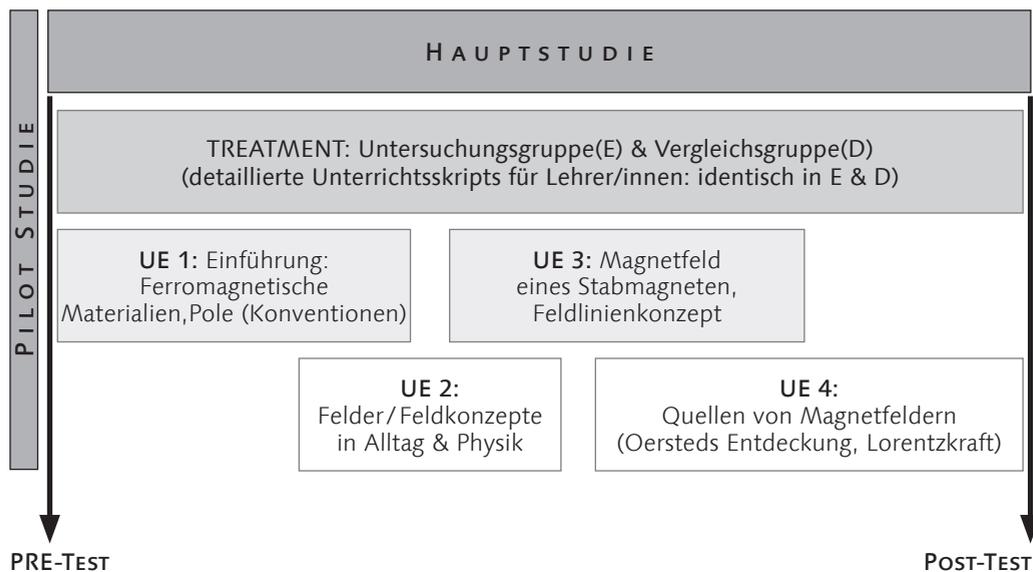


Abb. 1: Aufbau der Untersuchung mit Pilot- bzw. Hauptstudie. Die Unterrichtseinheiten (UE 1 – UE 4) mit Pre-Test während der ersten Unterrichtseinheit und Post-Test nach der 4. Unterrichtseinheit.

eine Pilotstudie und eine Hauptstudie. Als Untersuchungsdesign lag in beiden Studien ein Pre-Post-Test Design vor. Zwischen den beiden Messungen (Pre-Test während der ersten Unterrichtseinheit und Post-Test nach der letzten Unterrichtseinheit) wurde die entwickelte Unterrichtseinheit zum Themenfeld Magnetismus als Treatment geschaltet (siehe Abb.1). Die Pilotstudie diente vorwiegend der Validierung der aus der fachdidaktischen Literatur erhobenen Schülervorstellungen zum Thema Magnetismus wie der Erprobung und Optimierung der entwickelten Materialien, der Testaufgaben und der Auswertungsmethoden. Die Pilotstudie wurde mit vor-experimentellem Design (Rost 2007) mit zwei Schulklassen ($N=30$) durchgeführt. Unterrichtende waren die

jeweiligen Klassenlehrer¹², die einem vorgegebenen Unterrichtskonzept folgten. Als Unterrichtssprache wurde Deutsch gewählt, da in dieser Phase das Hauptaugenmerk auf der Erprobung und Validierung des entwickelten Unterrichtskonzeptes und des Wissenstests lag. Fragestellungen im Zusammenhang mit fremdsprachenintegriertem Sachfachunterricht sollten an dieser Stelle völlig ausgeblendet werden. Basierend auf den Ergebnissen der Pre-Post-Befragung sowie auf den Erkenntnissen aus der teilnehmenden Beobachtung durch die Untersuchungsleiterin¹³ wur-

¹² Die Bezeichnung Klassenlehrerin bzw. Klassenlehrer soll verdeutlichen, dass hier die Physiklehrkraft der jeweiligen Klasse gemeint ist.

¹³ Als Untersuchungsleiterin fungierte in allen Fällen die Autorin.

den die entwickelten Materialien für die Hauptstudie geringfügig adaptiert.

Zur Durchführung der Hauptstudie wurde ein quasi-experimenteller Zweigruppenplan mit unterschiedlichem Treatment (Unterrichtsmodul in englischer bzw. deutscher Sprache) gewählt. Die Intervention wurde durch das in 5.2 umrissene Unterrichtsmodul „Introduction into Magnetism“ bzw. „Einführung Magnetismus“ realisiert. Das verwendete Pre-Post-Test-Design sollte sowohl Aufschluss über die Vergleichbarkeit beider Gruppen vor dem Treatment als auch über die Auswirkungen von englisch geführtem Physikunterricht geben.¹⁴ Die Intervention in Untersuchungs- und Vergleichsgruppe unterschied sich dabei lediglich in der Unterrichtssprache – die Untersuchungsgruppe wurde in Englisch unterrichtet, die Vergleichsgruppe in Deutsch (s. o.).

Der zeitliche Ablauf der Untersuchung umfasste vier aufeinanderfolgende Physikstunden.¹⁵ Während der ersten Unterrichtsstunde wurden die Schülerinnen und Schüler einem Pre-Test zur Ermittlung des Vorwissens zum Thema Magnetismus unterzogen. Das anschließende Treatment erfolgte im gewohnten Klassenverband in der gewohnten Umgebung der jeweiligen Schule. Nach dem Ende der vierten Unterrichtsstunde wurde die Untersuchung mit

einem Post-Test abgeschlossen, der wiederum Konzepte zum Thema Magnetismus erhob. Im Anschluss daran erfolgte ein informelles Gespräch mit den Schülerinnen und Schülern und getrennt davon auch mit den beteiligten Lehrerinnen und Lehrern. Diese Gespräche erfüllten mehrere Funktionen. Einerseits interessierten die individuell gesammelten Erfahrungen mit dem vorgegeben Unterrichtsmodul, aber auch allgemeine Einstellungen zur Fremdsprachenintegration. Auf der anderen Seite sollte bei den Lehrkräften und den Unterrichteten getrennt ein Bild über den tatsächlich umgesetzten Unterricht erfragt werden. Mit den Lehrkräften wurden dazu die einzelnen Stationen des Unterrichtsskripts durchgegangen. Im Gespräch mit den Schülerinnen und Schülern wurde anhand der Mitschriften und der vorhandenen Unterrichtsunterlagen der Unterrichtsverlauf rekonstruiert. Dadurch sollte sichergestellt werden, dass die Lehrkräfte den Unterricht am vorgegeben Unterrichtsskript orientiert hatten.

Stichprobe

An der Hauptstudie waren insgesamt 205 Schülerinnen und Schüler aus elf Klassen der 11. Schulstufe von sechs verschiedenen Allgemein Bildenden Höheren Schulen (Gymnasien) beteiligt.

Um der häufig erhobenen Vermutung, der fachliche Erfolg bilingualen Unterrichts im weiteren Sinn sei auf die vorgeschaltete Selektion in bilingualen Schulzweigen (Butzkamm 1997) zurückzuführen, zu entkommen, wurde eine nicht insti-

¹⁴ Ursprünglich war die Untersuchung mit Follow-up Design angelegt. Österreichweit auftretende Streikmaßnahmen im Schulwesen führten allerdings dazu, dass ein Follow-up aus den dadurch entstandenen Rahmenbedingungen organisatorisch nicht möglich war.

¹⁵ Die Dauer einer Unterrichtseinheit ist im österreichischen Schulsystem auf 50 Minuten festgelegt.

Tab. 1: Verteilung von Mädchen und Jungen innerhalb der Untersuchungs- und Vergleichsgruppe

Deutsch (VG)	Anzahl	Prozent	Englisch (UG)	Anzahl	Prozent
Männlich	40	51,28 %	Männlich	67	52,76 %
Weiblich	38	48,72 %	Weiblich	60	47,24 %

tionalisierte Ausformung fremdsprachigen Sachfachunterrichts gewählt: der phasenweise, themenzentrierte Einsatz einer Fremdsprache als Arbeitssprache. Hierzu wurden Schülerinnen und Schüler von Gymnasien gewählt, in deren Schulprogrammen Englisch als Arbeitssprache nicht vertreten war.

Die teilnehmenden Klassen wurden den Rahmenbedingungen entsprechend randomisiert der Untersuchungsgruppe (UG) und der Vergleichsgruppe (VG) zugeteilt. Eine völlige Randomisierung einzelner Schülerinnen und Schüler in einem experimentellen Design war aus organisatorischen Rahmenbedingungen nicht möglich. Daraus ergab sich eine Untersuchungsgruppe mit 127 Probanden – 84 davon wurden von der Untersuchungsleiterin unterrichtet, 43 vom Klassenlehrer – und eine Vergleichsgruppe mit 78 Personen – wovon 40 von der Untersuchungsleiterin und 38 von der Klassenlehrerin bzw. vom Klassenlehrer unterrichtet wurden. Eine Zuteilung der teilnehmenden Klassen in Untersuchungs- und Vergleichsgruppe wurde auch unter dem Aspekt vorgenommen, eine weitgehende Ausgewogenheit der Variable Geschlecht zu erzielen (siehe Tab.1).

Neben der Untersuchungsleiterin unterrichteten 5 Physiklehrkräfte für Gymnasien in den Klassen der Untersuchungs- und

Vergleichsgruppe das Unterrichtsmodul Magnetismus. Je ein Kollege und eine Kollegin hatten zwischen 3 und 5 Jahren Unterrichtserfahrung in Physik, die drei anderen Unterrichtenden hatten über 15 Jahre Unterrichtserfahrung vorzuweisen. Die Untersuchungsleiterin, die über eine Unterrichtserfahrung von zwei Jahren verfügte, war zum Untersuchungszeitraum an keiner der beteiligten Schulen als Lehrerin tätig. Die Physiklehrkräfte unterrichteten das Modul Magnetismus ausschließlich in ihren eigenen Physikklassen, während die Untersuchungsleiterin für die Intervention Klassen von Physiklehrkräften übernahm, die nicht direkt an der Untersuchung beteiligt waren. Die direkt beteiligten Physiklehrkräfte hatten als höchste fremdsprachliche Qualifikation die Matura (entspricht dem deutschen Abitur), die Untersuchungsleiterin ein abgeschlossenes Anglistikstudium für Lehramt.

Die Untersuchungsleiterin unterrichtete 4 Klassen der Untersuchungsgruppe. Zwei Kollegen mit langjähriger Unterrichtserfahrung in Physik, die jedoch über keine Erfahrung in fremdsprachenintegriertem Unterricht verfügten, unterrichteten je eine Klasse der Untersuchungsgruppe. Ein Kollege und eine Kollegin mit kürzerer Unterrichtserfahrung (s. o.), sowie ein Kollege mit langjähriger Unterrichts-

erfahrung unterrichteten je eine Klasse der Vergleichsgruppe. Zwei weitere Vergleichsklassen wurden von der Untersuchungsleiterin unterrichtet.

Erhebungsinstrumente

Für viele Bereiche der Naturwissenschaften gibt es eine Vielzahl von Untersuchungen zu Schülervorstellungen und damit auch mehr oder wenig umfangreiche Testinstrumente. Vorhandene und durch große Stichproben validierte Testinstrumente zum Magnetismus wurden vorwiegend für andere fachliche Schwerpunkte und Zielsetzungen bzw. Zielgruppen konstruiert. Hier ist etwa der Conceptual Survey on Magnetism (CSM) und der Conceptual Survey on Electricity and Magnetism (CSEM) (Maloney, O’Kuma, Hieggelke & van Heuvelen 2001) zu nennen. Mit diesen Testinstrumenten wurden mehr als 5000 amerikanische und europäische College- und Universitätsstudenten befragt. Guisasola und andere (Guisasola, Almudí & Zubimendi 2004) verwendeten bei einer kleineren Stichproben von Highschool-Abgängern und niedersemestri- gen Studierenden ($N=235$) Fragebögen mit offenen Fragen zur Erhebung von Fehlvorstellungen und Lernschwierigkeiten im Bereich von Magnetfeldern. Bei diesen vorhandenen Instrumenten konnten zwar Anleihen genommen werden, es konnte jedoch nicht vollständig auf ein für die betrachteten Themenbereiche und die untersuchte Schülerpopulation probates Testinstrument für den Wissenstest zurückgegriffen werden.

Zur Erfassung des Wissenszuwachses wurden Pre- und Post-Fragebögen entwickelt (Bühner 2005; Rost 1996), denen folgende fachliche Teilthemen zugrunde lagen: Der physikalische Feldbegriff, magnetische Kraftwirkung, Modellcharakter physikalischer Felder am Beispiel des Magnetfeldes, Feldlinien als Visualisierungsmodell von Magnetfeldern, Konventionen zur Darstellung von Magnetfelder durch Feldlinien, das magnetische Polkonzept, bewegte Ladungen als Quelle von Magnetfeldern.

Als Quelle der verwendeten Items dienten einerseits ein Itempool aus den oben angeführten bekannten Skalen und andererseits Ergebnisse der fachdidaktischen Forschung zu Schülervorstellungen im Bereich Magnetismus. Die daraus entwickelten Itemkomplexe wurden in der Pilotstudie erprobt und zur Validierung zwei Fachdidaktikern und zwei Lehrpersonen vorgelegt. Aus den Ergebnissen der Pilotstudie wurden schließlich Skalen für die Hauptstudie konstruiert.

Das Vorwissen wurde mit einem Pre-Test ($\alpha_{pre}=0.716$) erhoben, der aus 21 Items bestand. Im Post-Test ($\alpha_{post}=0.775$) wurde das Fachwissen mit 27 Items ermittelt. Pre- und Post-Test enthielten eine gemeinsame Subskala ($\alpha_{pre}=0.724$; $\alpha_{post}=0.729$), die 16 identische Items umfasste.

Die Fragenformate innerhalb der Tests (Items mit Antwortvorgaben, mit offenen und halboffenen Beantwortungen) variierten, um die fachlichen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler durch verschiedene Antwortmodalitäten von mehreren Seiten zu beleuchten. Als Beispiel seien hier zwei Item-Komplexe angeführt:

4.a) Kreuze an: Welche der angeführten Felder sind auch Felder im physikalischen Sinn?

- Arbeitsfeld:
- Aktivitätsfeld:
- Druckfeld:
- Elektrostatisches Feld:
- Forschungsfeld:
- Gesichtsfeld:
- Gravitationsfeld:
- Lebensumfeld:

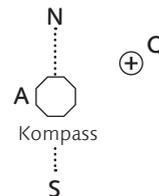
b) Ergänze: Erkläre, warum dies physikalische Felder sind!

Textbeispiel 1: Beispiele 4a und 4b des Wissenstests.

10. Die in der Skizze strichlierte Linie stellt die Richtung des Erdmagnetfeldes dar.

Im Punkt A befindet sich ein Kompass,  der ursprünglich nach Norden weist und in Punkt Q befindet sich ein positiv geladenes Teilchen im Zustand der Ruhe.

- a) Zeichne in A einen Pfeil \uparrow ein, der die Richtung der Kompassnadel angibt!
- b) Begründe deine Entscheidung!



Textbeispiel 2: Beispiel 10 des Wissenstests nach Vorlage von Guisasola (Guisasola et al. 2004, 461).

Neben Geschlecht und Geburtsdatum wurden in Pre- und Post-Test Klassen- und Schulzugehörigkeit als deskriptive Variablen erhoben. Die fachliche Selbsteinschätzung („Mein Wissen über das Themengebiet Magnetismus ist:“) wurde mittels fünfteiliger Ratingskala mit den Polen „sehr gut“ und „nicht genügend“ abgefragt. Dies entspricht dem österrei-

chischen Notensystem mit 1 = *Sehr gut* bis 5 = *Nicht genügend*.

Auf die Überprüfung der Englischkenntnisse der Probanden mittels Sprachkompetenztest wurde aufgrund des großen Testaufwands für die relevanten Fertigkeitenbereiche verzichtet. Die fremdsprachlichen Fertigkeiten der Lernenden wurden insofern berücksichtigt, als auf die Ex-

pertise der jeweiligen Englischlehrkräfte zurückgegriffen wurde. Es wurden nur Datensätze von Schülerinnen und Schülern herangezogen, die die 10. Schulstufe in Englisch positiv abgeschlossen hatten, d. h. zum Aufstieg in die 11. Schulstufe berechtigt waren. Damit kann davon ausgegangen werden, dass diese Schülerinnen und Schüler der 11. Schulstufe mindestens über das Niveau B1 laut Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmen für Sprachen (GERS) verfügten (Österreichisches Sprachenkompetenzzentrum, Interne-Dokument).

5.2 Die Intervention

Aus einer Reihe von schulorganisatorischen, didaktischen und methodischen Überlegungen erfolgte eine inhaltliche Festlegung der Unterrichtsintervention auf den Themenbereich Magnetismus, der im Lehrplan für Gymnasien¹⁶ in der 11. Schulstufe angesiedelt ist.

Die Grundlage für die Unterrichtsintervention bildeten verbreitete Präkonzepte¹⁷, die in der fachdidaktischen Literatur zu finden sind (Barrow 1987; Barrow 1990; Barrow 2000; Borges, Tecnico & Gilbert

1998; Dittmann 1979; Duit 1989; Ebinghaus 1980; Guisasola, Almudi & Ceberio 2000; Herrmann 1995; Schlichting & Backhaus 1980). Die Schülervorstellungen aus diesen fachdidaktischen Untersuchungen decken sich auch mit den Ergebnissen der durchgeführten Pilotstudie. Die Veränderung dieser wissenschaftlich oft nicht korrekten Vorstellungen in Abhängigkeit von der im Unterrichtsmodul zum Magnetismus verwendeten Unterrichtssprache sollte schließlich Aussagen über die fachliche Wirksamkeit dieses fremdsprachenintegrierten Konzepts im Physikunterricht liefern.

Die Unterrichtsintervention „Introduction into Magnetism“ bzw. „Einführung Magnetismus“ wurde für vier Unterrichtseinheiten konzipiert. Die folgende Aufstellung (siehe Tab. 2) gibt einen Überblick über die Unterrichtseinheit.

Als Beispiel für den Unterricht sei die Entwicklung des physikalischen Feldkonzeptes kurz skizziert: Erst wurden Assoziationen zu Feldern allgemein im Klassenverband gesammelt. Anschließend wurden anhand von Bildimpulsen (Fußballfeld, Kornfeld, soziales Umfeld, ...) gemeinsame Charakteristika für diese Felder aus der Lebenswelt der Lernenden erarbeitet. Als zentrale Begriffe wurden hier von den Schülerinnen und Schülern „flächig“ und „abgegrenzt“ gefunden. Im nächsten Schritt wurden diese Alltagserfahrungen in Teamarbeit anhand weiterer Beispiele (Helligkeitsfeld einer Kerze in einem dunklen Raum, Temperaturfeld eines Lagerfeuers, „Preis“feld von Theaterkarten) ergänzt. Dies führte zur Erweiterung des Begriffs „Feld“ um die

¹⁶ Diese Angabe bezieht sich auf den Lehrplan für österreichische Allgemein Höherbildende Schulen (Gymnasien).

¹⁷ In der Literatur finden sich für den Ausdruck „Präkonzepte“ noch die Bezeichnungen „Misskonzepte“ oder „Fehlkonzepte“. Diese Bezeichnungen werden abhängig von den jeweiligen Autoren und Autorinnen synonym oder auch mit Bedeutungsunterschieden verwendet. Der Begriff „Präkonzept“ gibt im Gegensatz zu den Ausdrücken „Fehl-“ oder „Misskonzept“ keine Auskunft über die Qualität des Konzeptes selbst.

Tab. 2: Überblick über die Unterrichtsintervention ohne Pre- und Post-Test. Der Pre-Test wurde am Beginn der ersten Unterrichtseinheit durchgeführt, der Post-Test erfolgte im Anschluss an die 4. Unterrichtseinheit

UNTERRICHTS-EINHEIT 1	UNTERRICHTS-EINHEIT 2	UNTERRICHTS-EINHEIT 3	UNTERRICHTS-EINHEIT 4
Thematische Einführung / Wiederholung der Grundkenntnisse: <ul style="list-style-type: none"> • Arten von Magneten • Magnetpole • Polregel • Ferromagnetische Materialien 	Einführung des Feldbegriffs allgemein: <ul style="list-style-type: none"> • Felder in der Alltagssprache Feldkonzept in der Physik: <ul style="list-style-type: none"> • Mechanische Kraftübertragung • Physikalischer Feldbegriff • Modellcharakter von physikalischen Feldern • Vektor- und Skalarfelder • Kraftfelder allgemein • Magnetfelder als Beispiel für Kraftfelder 	Magnetfeld eines Stabmagneten: Charakteristika Darstellung von Magnetfeldern durch Feldlinien <ul style="list-style-type: none"> • Feldlinien als Visualisierungsmodell • Konventionen zur Verlaufsrichtung 	Quellen von Magnetfeldern <ul style="list-style-type: none"> • Oerstedts Entdeckung • Zusammenhang zwischen Elektrizität und Magnetismus • Charakteristika des Magnetfelds stromdurchflossener Leiter • Ströme in parallel gespannten Leitern • Lorentzkraft

Charakteristika „räumlich“, „jedem Punkt im Raum ist eine spezielle Ausprägung der jeweiligen Eigenschaft (z. B. Temperatur, Lichtintensität) zugeordnet“ sowie „keine scharfe Begrenzung“. Diese Ergebnisse der Partnerarbeiten führten zu individuellen Felddefinitionen der Lernenden, die im Anschluss auf zwei konkrete Beispiele (Gravitationsfeld, Magnetfeld) angewendet und an diesen überprüft werden mussten. Schließlich wurden die individuellen Erfahrungen und Erkenntnisse der Lernenden im Plenum zusammengeführt und reflektiert.

Fremdsprachenintegrierter Sachfachunterricht verlangt den Schülerinnen und Schülern zusätzlich zur Bewältigung fach-

licher Aufgabenstellungen noch die Auseinandersetzung mit einer Fremdsprache ab. Zur Entlastung der Lernenden werden für die Planung und Durchführung von fremdsprachenintegriertem Sachfachunterricht in der einschlägigen Literatur daher eine Reihe „unterrichtsmethodische[r] Spezifika“ (Thürmann 2002) sowie sprachlicher Unterstützungssystem (Wildhage et al. 2003) vorgeschlagen. Das Modul selbst basiert auf präskriptiven methodischen Richtlinien, die aus dem Versuch resultieren, einen integrativen didaktischen Ansatz basierend auf sachfachdidaktischen und fremdsprachdidaktischen Aspekten zu schaffen (Thürmann 2002; Vollmer 2002; Wildhage et al. 2003). Derartige

Richtlinien resultieren vorwiegend aus der Zusammenschau von Erkenntnissen der Fremdsprachendidaktik und der des jeweiligen Sachfaches sowie aus der gängigen Praxis fremdsprachenintegrierten Sachfachlernens.

Überblicksmäßig lassen sich die in der einschlägigen Literatur besprochenen methodischen Spezifika bilingualen Sachfachunterrichts in zwei Grobbereiche gliedern (Thürmann 2002; Wildhage et al. 2003; Zydatiś 2010). Einerseits sind hier methodische Überlegungen im Bereich der Rezeption anzuführen, da fremdsprachenintegrierter Sachfachunterricht naturgemäß auf Verständnissfähigkeiten angewiesen ist. Als Eckpunkte dieses Bereichs können genannt werden:

- Festlegung eines adäquaten fremdsprachlichen Anforderungsniveaus kombiniert mit Stützmaßnahmen wie zyklischem Stundenaufbau und redundanter Sprachverwendung mit Paraphrasen, Wiederholungen (vgl. „comprehensible input“ Krashen 1982)
- Verstärkter Einsatz non-verbaler Darstellungsformen
- Schulung von Lesefertigkeiten und Lesetechniken

„So sehr die Verstehensleistungen notwendige Voraussetzung für den Spracherwerb im bilingualen Fachunterricht sind, so sehr kommt es für eine Weiterentwicklung der Sprachkompetenzen auf methodisch gestützte Produktion an.“ (Thürmann 2002, 83). Unterrichtsmethodische Spezifika im Bereich der Produktion können folgendermaßen charakterisiert werden:

- Bridging / Prompting¹⁸
- Wohldosierter Einsatz der Muttersprache bzw. von Sprachwechseln (Code-switching)
- Bereitstellung lexikalischer Sprachmittel
- Bereitstellung nützlicher Redemittel und grundlegender Sprachfunktionen

Die hier angeführten Methodenwerkzeuge sind vorwiegend als Anleihen aus der Fremdsprachenmethodik entnommen und werden für die einzelnen Sachfächer adaptiert. Diese genannten verbal-visuellen Stützmaßnahmen können jedoch zu einem übergeordneten sachfachlich didaktischen Unterrichtsprinzip zusammengefasst werden, dem „Wechsel der Darstellungsebenen bzw. der Abstraktionsniveaus“ (Leisen 2005). „[Hier werden] Sachverhalte über unterschiedliche Darstellungsformen repräsentiert. Der Wechsel zwischen den verschiedenen Darstellungsebenen ist eine wichtige Voraussetzung für einen erfolgreichen Fachunterricht, [damit] Lehrkräfte nicht ‚über die Köpfe der Schüler hinweg reden‘, weil sie zu einseitig die Ebene der Fachbegriffe, Konstrukte, Modell und/oder Formelsprache fokussieren.“ (Zydatiś 2010, 147).

Als weiteres übergeordnetes Unterrichtsprinzip des fremdsprachenintegrierten Sachfachunterrichts wird auch häufig auf Handlungs- und Kommunikationsorientierung verwiesen (Koch et al. 2008).

¹⁸ „In this aspect of a student’s language learning experience, the teacher understands what a student is struggling to say, and provides the word needed for the student to continue and express his or her meaning.“ (De Courcy 1995, 85: zit. n. Thürmann 2002, 85).

Tab. 3: Unterrichtsverfahren und Medieneinsatz im Unterrichtsmodul zum Magnetismus

UNTERRICHTSVERFAHREN ¹⁹	MEDIENEINSATZ
Thematische Einführung: Wiederholung der Grundkenntnisse	
<ul style="list-style-type: none"> • Einzelarbeit: Wiederholung der Grundkenntnisse mit multiple choice Arbeitsblatt • Unterrichtsgespräch: Besprechung und Diskussion der Arbeitsblattergebnisse im Klassenplenum 	<ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsblatt • Tafel
Einführung des Feldbegriffs allgemein	
<ul style="list-style-type: none"> • Demonstrationsversuch: Gelenkte Entdeckung durch Fragen • Brainstorming mit Bildimpuls 	<ul style="list-style-type: none"> • Overheadprojektor • Experimentiergeräte • Tafel • Bilder
Feldkonzept in der Physik	
<ul style="list-style-type: none"> • Partnerarbeit: Induktives Verfahren • Unterrichtsgespräch: Besprechung und Diskussion der Ergebnisse der Partnerarbeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Tafel • Handouts
Magnetfeld eines Stabmagneten	
<ul style="list-style-type: none"> • Gruppenarbeit: Gelenkte Entdeckung durch SchülerInnenversuche • Unterrichtsgespräch: Vergleich der Versuchsergebnisse 	<ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsblatt: Versuchsanleitung • Versuchsmaterialien
Darstellung von Magnetfeldern durch Feldlinien	
<ul style="list-style-type: none"> • Demonstrationsversuch: POE Methode (Prediction-Observation-Explanation) 	<ul style="list-style-type: none"> • Overheadprojektor • Versuchsmaterialien
Quellen von Magnetfeldern	
<ul style="list-style-type: none"> • Demonstrationsversuch: Nacherfindende Entdeckung • Einzelarbeit: Leseverstehensübung • Unterrichtsgespräch: Diskussion der Leseverstehensübung 	<ul style="list-style-type: none"> • Overheadprojektor • Versuchsmaterialien

Die obige Tabelle gibt Einblick in die methodische Umsetzung und den Medieneinsatz des Unterrichtsmodules „Introduction to Magnetism“, die sich an diesen methodischen Richtlinien orientieren.

¹⁹ Die Bezeichnung der Unterrichtsverfahren bezieht sich auf Duit, Häussler & Kircher 1981, 115f.

Gleichwertigkeit von deutscher und englischer Lernumgebung

Im vorangegangenen Abschnitt wurden methodische Spezifika fremdsprachenintegrierten Sachfachunterrichts dargestellt, die sich in der Mehrzahl der Fälle in konventionellem Physikunterricht nicht wiederfinden. In der hier beschriebenen Untersuchung soll

der Einfluss der Unterrichtssprache auf erzielte Fachlernergebnisse betrachtet werden. Erfolgreicher fremdsprachenintegrierter Sachfachunterricht lässt sich aus Sicht der vorangegangenen Ausführungen von diesen methodischen Spezifika jedoch nicht entflechten. Diese Überlegungen führten zum Schluss, dass der Einfluss der Unterrichtssprache auf die fachliche Leistung der Lernenden nur untersucht werden kann, wenn die eingesetzten Unterrichtsmethoden für jede der Unterrichtssprachen gewählt werden. Unter diesem Gesichtspunkt wurde die eingesetzte Intervention so konzipiert, dass die unterrichtsmethodischen Überlegungen des fremdsprachenintegrierten Unterrichtsmoduls auch auf den muttersprachlichen Unterricht angewendet wurden.

Um eine Vergleichbarkeit der Lernumgebungen für die Untersuchungsgruppe und die Vergleichsgruppe zu erzielen, wurde also darauf Wert gelegt, möglichst identische unterrichtliche Rahmenbedingungen zu schaffen. Dazu wurden als Unterrichtsunterlagen für Lehrerinnen und Lehrer detaillierte Unterrichtsskripts verfasst, die sowohl fachlich, inhaltliche als auch methodisch, didaktische Anweisungen enthielten, die sehr detailliert und kleinschrittig konzipiert waren. Ebenso wurden sämtliche Unterrichtsmaterialien wie Schülerhandouts, Folien und Experimentiermaterialien für alle Gruppen gleichartig zur Verfügung gestellt. Im Sinne eines wohldosierten und sinnvollen Einsatzes der Muttersprache wurden die in der Untersuchungsgruppe auf Englisch erarbeiteten und eingeführten Fachbegriffe schließlich auch durch die deutschen Fachbegriffe ergänzt, um hier

keine sprachliche Einbahnsituation zu schaffen (Kondring et al. 2005).

In persönlichen Gesprächen wurde im Vorfeld die Bereitwilligkeit der Lehrkräfte sichergestellt, dieser Vorgangsweise – einem eng gefassten Unterrichtskonzept – zu folgen. Der alleinige Unterschied zwischen Untersuchungs- und Vergleichsgruppe bestand sowohl bei den Unterrichtsmaterialien als auch den Unterrichtsskripts für die Lehrkräfte in der Sprache Englisch. Um auch die sprachliche Gleichwertigkeit der Unterlagen zu gewährleisten wurden die englischsprachigen Unterrichtsunterlagen von einer Fachübersetzerin mit englischer Muttersprache validiert.

5.3 Durchführung der Erhebung

Die Erhebung wurde in allen untersuchten Klassen gleichartig durchgeführt: Die Pre- und Post-Fragebögen wurden am Beginn der ersten Unterrichtssequenz und nach der 4. Unterrichtseinheit an die Schülerinnen und Schüler ausgegeben. Nach einer kurzen, für alle Gruppen gleichen Erläuterung durch die Untersuchungsleiterin folgte in der ersten Einheit eine für alle Schülerinnen und Schüler gleich lange Pre-Test-Bearbeitungszeit von 10 Minuten. Danach wurde die Unterrichtsintervention in deutscher oder englischer Sprache, je nach Gruppenzuteilung (s. 5.1), von der jeweiligen Klassenlehrkraft oder der Untersuchungsleiterin durchgeführt. Nach Ende der 4. Unterrichtseinheit wurde der 15 minütige Post-Test administriert. Im Anschluss daran folgte eine Nachbesprechungsphase, um

Stimmungen und Schwierigkeiten, die während des Treatments und eventuell auch während der Befragung aufgetreten sind, zu ermitteln.

Bis auf die Fragen die Evaluierung fremdsprachenintegrierten Physikunterrichts betreffend waren die Fragebögen der Untersuchungsgruppe und die der Vergleichsgruppe gleich. Alle verwendeten Skalen wurden in deutscher Sprache administriert. Diese Vorgangsweise ist in der Praxis der Erforschung fremdsprachenintegrierten Sachfachunterrichts zwar nicht unumstritten (Koch & Bündler 2006) jedoch keineswegs unüblich (Dalton-Puffer 2008).

Die Gründe für die Wahl der Muttersprache im Testinstrument waren mehrschichtig. Eine vorrangige Überlegung lag darin, den jeweiligen Pre- und Post-Test für die Untersuchungsgruppe nicht in unterschiedlichen Sprachen vorzulegen und somit die Vergleichbarkeit ein zu schränken. Des Weiteren bestanden Bedenken, dass das Antwortverhalten der Schülerinnen und Schüler, vor allem bei offenen Fragen, durch den Zwang die Fremdsprache verwenden zu müssen ebenfalls beeinflusst würde und manche Fragen aufgrund der Sprache nicht beantwortet würden. Englische Antworten, bzw. die Verwendung von englischen Begriffen oder Wortgruppen, die allerdings nur vereinzelt in den Fragebögen vorkamen, wurden jedoch in gleichem Maß wie deutsche akzeptiert und bei der Auswertung gleichwertig behandelt. Davon wurden die Schülerinnen und Schüler auch im Vorhinein in Kenntnis gesetzt. Zusätzlich war es den Schülerinnen und Schülern gestattet die Untersucherin während der Testphase nach Über-

setzungen von (Fach)begriffen zu fragen. Diese Möglichkeit wurde lediglich in einer Klasse in 2 Fällen in Anspruch genommen. Die erfragten Begriffe inklusive deren Übersetzungen wurden daraufhin an der Tafel notiert.

Durch diese Art der Befragung geben die Ergebnisse des Wissenstests nicht nur Aufschluss über den durch das Treatment erzielten Leistungszuwachs, sondern inkludieren auch die Rückführbarkeit des in Englisch erworbenen Fachwissens auf die Erstsprache. Diese Verknüpfung der Variablen Leistung und sprachlicher Transfer erschien durchaus sinnvoll. In Anlehnung an erfolgreiche bilinguale Immersionsmodelle soll die Erstsprache schließlich nicht vollständig ausgeklammert werden und den Wissenserwerb zur fremdsprachlichen Einbahnstraße werden lassen. Die Zielsetzung fremdsprachenintegrierten Sachfachunterrichts ist es vielmehr, dass Schülerinnen und Schülern Fachwissen zur Verfügung steht, das sie in zwei Sprachen artikulieren können (Butzkamm 1997). In der Diskussion der Ergebnisse des Leistungstests darf dieser zusätzliche Schritt des Sprachtransfers, der die Komplexität der kognitiven Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler der Untersuchungsgruppe jedenfalls erhöht (Kondring et al. 2005), nicht außer Acht gelassen werden.

6 Ergebnisse der Untersuchung

6.1 Daten

Als erstes werden Daten zum ersten Untersuchungsbereich vorgestellt. Die Er-

Tab. 4: Mittelwerte der subjektiven Selbsteinschätzung der fachlichen Kompetenz im Bereich Magnetismus. Die Ergebnisse der subjektiven Selbsteinschätzung vor der Intervention (gekennzeichnet durch „PRE“) und jene nach der Intervention (gekennzeichnet durch „POST“) werden für die Untersuchungsgruppe (Englisch) und die Vergleichsgruppe (Deutsch) gegenübergestellt. Die Abfrage des Items „Mein Wissen über das Themengebiet Magnetismus ist:“ erfolgte mittels fünfteiliger Ratingskala (1 = sehr hohe subjektive Kompetenz, 5 = ungenügende subjektive Kompetenz).

Deskriptive Statistik				
Unterrichtssprache		N	Mittelwert	Standardabweichung
Englisch	POST_F-Kompetenz Mag	109	3,17	0,811
	PRE_F-Kompetenz Mag	109	3,75	0,846
Deutsch	POST_F-Kompetenz Mag	72	3,26	0,888
	PRE_F-Kompetenz Mag	72	3,95	0,804

gebnisse zur fachlichen Leistung der Untersuchungs- und Vergleichsgruppe im Bereich Magnetismus werden den Forschungsfragen 1a und 1b entsprechend (siehe 4) getrennt nach subjektiver Selbsteinschätzung des Fachwissens und nach Ergebnissen des Leistungstests präsentiert.

Schülerinnen und Schüler der Untersuchungs- und der Vergleichsgruppe bewerteten ihr Vorwissen zum Themenbereich Magnetismus im Mittel als gering (siehe Tab. 4).

Vergleiche der Mittelwerte der Pre-Tests mit Hilfe des U-Tests nach Mann-Whitney ergaben keinen signifikanten Unterschied (sig. = 0,101) zwischen der *fachlichen Selbsteinschätzung* beider Gruppen vor der Intervention. Auch nach der Intervention unterscheiden sich die Gruppen in ihrer Selbsteinschätzung nicht signifikant (sig. = 0,475). Die Unterrichtsintervention

bewirkte in der Selbsteinschätzung der Lernenden beider Gruppen eine mittlere Verbesserung um gut einen halben Punkt (siehe Tab. 4).

Das Gesamtergebnis derjenigen Item-Komplexe der Fragebögen, die das *fachliche Wissen* erfassen, stellt dieser subjektiven Einschätzung bezüglich der Wirksamkeit des Treatments objektive Resultate gegenüber.

Werden Gesamtergebnisse aller 21 Pre-Testitems und aller 27 Post-Testitems betrachtet, so deuten die Varianzanalysen auf keine fachlichen Unterschiede zwischen Untersuchungs- und Vergleichsgruppe zu den Testzeitpunkten hin. Für die hier dargestellten Analysen sollen nur die identischen 16 Items der gemeinsamen Subskala von Pre- und Post-Test verwendet werden, da sie einen direkten Pre-Postvergleich von Untersuchungs- und Vergleichsgruppe zulassen.

Die Berechnung einer zweifaktoriellen ANOVA²⁰ der identischen Subskala mit den Faktoren Test (Faktorstufen: Pre-Test, Post-Test) und Unterrichtssprache (Faktorstufen: Englisch, Deutsch) ergibt für den Faktor Test ($F(1,360) = 731,410$ $p = 0,024$)²¹ einen signifikanten Unterschied der Pre- und Post-Testergebnisse. Für den zweiten Faktor, die Unterrichtssprache, kann die Nullhypothese beibehalten werden ($F(1,360) = 8,653$ $p = 0,209$). Die Ergebnisse für die Interaktion von Test und Unterrichtssprache sind nicht signifikant ($F(1,180) = 0,047$ $p = 0,828$), die Nullhypothese kann also beibehalten werden. Auch der Profilplot liefert kein Indiz für eine Interaktion zwischen den beiden Faktoren; die beiden Linien verlaufen nahezu parallel. Auch andere verwendete statistische Modelle wie z. B. ANOVA mit Messwiederholung weisen nur einen Haupteffekt für den messwiederholten Faktor Test-Subskalenscore (Faktorstufen Pre- und Post-Test) auf ($F(1,180) = 33,854$ $p = 0,000$)²². Die Varianzanalyse der Leistungszuwächse in der Subskala lie-

fert ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen der Untersuchungs- und der Vergleichsgruppe ($F(1,180) = 0,046$; $p = 0,830$).

Der zweite Untersuchungsbereich betrachtet die Auswirkungen der Unterrichtsintervention auf den Lernerfolg in den Geschlechtergruppen. Auch hier wird abgestimmt auf die Forschungsfragen 2a und 2b (siehe 4) eine Unterteilung in die subjektive Einschätzung von Lernerfolg und die Wissenstestergebnisse getroffen.

Die *subjektiven Einschätzungen ihres Fachwissens* im Bereich Magnetismus fallen bei der Untersuchung der Geschlechtergruppen ohne Einbeziehung der Unterrichtssprache sowohl vor ($\text{sig.} = 0,000$) als auch nach ($\text{sig.} = 0,045$) dem Treatment laut der Berechnung mit U-Tests nach Mann-Whitney signifikant unterschiedlich aus. Aus der deskriptiven Statistik ist ersichtlich, dass die Selbsteinschätzung der Jungen in beiden Fällen besser ist. Wird der subjektiv eingeschätzte Zuwachs an Wissen im Bereich Magnetismus analysiert, so ergibt sich auch hier ein signifikanter Unterschied ($\text{sig.} = 0,009$). Die mittleren subjektiven Wissenszuwächse sind jedoch für die Gruppe der Mädchen höher ($r = 0,19$)²³.

Um Effekte der Unterrichtssprache auf die fachliche Selbsteinschätzung sichtbar zu machen, wurden die Daten nach der verwendeten Sprache in zwei Gruppen (Untersuchungs- und Vergleichsgruppe) geteilt. Wird jede dieser Gruppen auf geschlechtsspezifische Unterschiede im Zu-

20 Die vorgeschaltete Prüfung auf Normalverteilung mittels Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel signifikant aus ($\text{sig.} = 0,004$; $Z = 1,769$). Damit ist nach diesem Kriterium die Annahme, dass die Werte der getesteten Variablen hinreichend normalverteilt sind, nicht zulässig. Da Varianzanalysen als robuste Verfahren gelten und „selbst bei merklicher Varianzheterogenität und massiver Abweichung von der Normalverteilung nur unwesentlich beeinflusst [werden]“ Rost (2007, 191), wird dieses Verfahren auch in Hinblick auf die Stichprobengröße beibehalten.

21 Die Bedingung der Varianzhomogenität nach dem Levene Test ist erfüllt ($p = 0,121$).

22 Die Bedingung der Sphärizität nach dem Mauchly-Test ist erfüllt ($p > 0,05$).

23 Effektstärke von Mann-Whitney's U-Tests:
 $r = Z / \sqrt{N}$.

wachs der fachlichen Selbsteinschätzung untersucht, so ergeben sich für die U-Tests folgende Werte: In der Untersuchungsgruppe fiel der Vergleich der Änderung in der Selbsteinschätzung signifikant aus ($\text{sig.} = 0,003$). Die Mädchen erzielten höhere mittlere Zuwächse ($r = 0,29$). In der Vergleichsgruppe zeigte sich für die fachliche Selbsteinschätzung kein subjektiver Unterschied ($\text{sig.} = 0,725$).

Neben dem Vergleich des subjektiven Wissenszuwachses von Mädchen und Jungen nach dem Treatment, sollten die Daten auch auf Unterschiede in der *fachlichen Testleistung* der Geschlechter untersucht werden. Eine zweifaktorielle ANOVA der Subskala des Post-Tests mit den Faktoren Unterrichtssprache und Geschlecht wurde zur Betrachtung der fachlichen Leistungen der Geschlechtergruppen im Bereich Magnetismus unter Berücksichtigung der Unterrichtssprache herangezogen. Bei gegebener Bedingung für Varianzhomogenität nach dem Levene-Test ($p = 0,292$) liefert der Haupteffekt Unterrichtssprache ein nicht signifikantes Resultat ($F(1,178) = 0,310$; $p = 0,578$), der zweite Haupteffekt Geschlecht ist signifikant ($F(1,178) = 12,828$; $p = 0,000$). Aus der deskriptiven Statistik geht hervor, dass die Jungen durchschnittlich mehr Testitems richtig lösten als die Mädchen. Die Testung der Wechselwirkung zwischen Sprache und Geschlecht führt zu keinem signifikanten Ergebnis ($F(1,178) = 0,022$; $p = 0,883$). Auch die Parallelität der Geraden im erstellten Profildiagramm legt die Annahme nahe, dass hier keine Wechselwirkung besteht. In Bezug auf die Variable Geschlecht interessiert neben dem Ver-

gleich der Post-Testergebnisse vor allem der durch die Intervention erzielte Zuwachs in der Testleistung.

Aus diesem Grund wurde eine zweifaktorielle ANOVA der Zuwächse in der Testleistung mit den Faktoren Unterrichtssprache und Geschlecht durchgeführt. Die Haupteffekte Unterrichtssprache ($F(1,178) = 0,769$; $p = 0,845$) und Geschlecht ($F(1,178) = 46,598$; $p = 0,130$) sind bei gegebener Varianzhomogenität nach dem Levene Test ($p = 0,184$) nicht signifikant. Die Wechselwirkung zwischen Unterrichtssprache und Geschlecht wird für die abhängige Variable Zuwachs in der Testleistung ebenfalls nicht signifikant ($F(1,178) = 8,281$; $p = 0,522$). Auch das Profildiagramm legt diese Annahme nahe. Zur Überprüfung der Homoskedastizität der Residuen wurden Normalverteilungshistogramme, P-P und Q-Q-Diagramme für die nach Geschlecht und Unterrichtssprache aufgeteilte Stichprobe herangezogen. Aus diesen lässt sich auf eine Normalverteilung der Residuen schließen.

Ein weiterer zentraler Punkt in der Diskussion um fremdsprachenintegrierten Sachfachunterricht ist die Beeinflussung der Unterrichtskommunikation durch die Fremdsprache. Die Analysen zu diesem dritten Untersuchungsbereich liefern folgende Ergebnisse: Von den Mitgliedern der Untersuchungsgruppe, die erstmalig fremdsprachenintegriert unterrichtet wurden, wurde diesem Punkt im Durchschnitt keine wesentliche Beeinflussung zugesprochen. Gut ein Sechstel der Befragten empfand die Kommunikation im Unterricht durch die Verwendung von

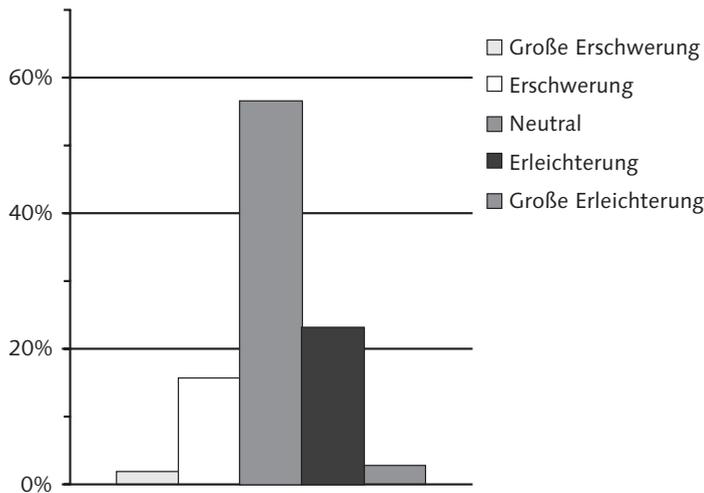


Abb. 2: Einfluss der Fremdsprache auf die Unterrichtskommunikation in der Untersuchungsgruppe.

Englisch als Arbeitssprache sehr negativ bzw. negativ beeinflusst. Mehr als die Hälfte der Lernenden attestierte eine Balance zwischen negativen und positiven Einflüssen. Mehr als ein Fünftel empfand in Summe sogar einen positiven oder gar sehr positiven Einfluss auf die Unterrichtskommunikation.

6.2 Diskussion der Ergebnisse

Die vorliegende Untersuchung ist ein erster Versuch, sich dem Einfluss fremdsprachenintegrierten Physikunterrichts auf das Fachlernen auf empirischem Wege zu nähern. Unter diesem Gesichtspunkt müssen die dargestellten Resultate betrachtet werden. Eine Generalisierung der im Folgenden diskutierten Ergebnisse auf fremdsprachenintegrierten Physikunterricht ist im Allgemeinen nicht zulässig.

Die Ergebnisse können direkte Aussagen nur für die untersuchte Stichprobe und die vorgegebenen Rahmenbedingungen²⁴ liefern und als erste Hinweise für die Auswirkungen fremdsprachenintegrierten Physikunterrichts auf fachliche Leistungen gewertet werden.

Die Betrachtung des Forschungsfragekomplexes zur Untersuchung der fachlichen Lernerfolge in der Untersuchungs- und Vergleichsgruppe erfolgte auf zwei Ebenen, auf der der subjektiven Selbsteinschätzung des Wissenszuwachses im Bereich Magnetismus und auf jener der Ergebnisse des Leistungstests. Die Ergebnisse beider Bereiche sind stimmig und führen zu ähnlichen Schlussfol-

²⁴ Zu diesen Rahmenbedingungen zählen vor allem die unterrichtsmethodischen Spezifika der Unterrichtsintervention wie auch das Fremdsprachenbeherrschungsniveau der Lehrenden und Lernenden der Untersuchungsgruppe.

gerungen. Die Intervention – unabhängig von der Unterrichtssprache – führt subjektiv und objektiv (mit Leistungstest betrachtet) zu einem Lernerfolg. Die Tatsache, dass sich Untersuchungs- und Vergleichsgruppe vor und nach dem Treatment nicht signifikant unterscheiden bzw. durch das Treatment jeweils mittlere Lerneffekte erzielen, spricht dafür, dass die Wahl der Unterrichtssprache Englisch die Lernerfolge im betrachteten Unterrichtsmodul nicht behindert. Diese Ergebnisse stehen auch in Einklang mit den in der Literatur beschriebenen Untersuchungen zu fremdsprachenintegriertem Sachfachunterricht.

Die vorliegende spezielle Art der Unterrichtskonzeption mit der Wahl der Unterrichtsmethoden könnte die positiven Ergebnisse im fachlichen Bereich für sich geltend machen und damit den Einfluss des Faktors Fremdsprache als Arbeitssprache relativieren. Zugegebenermaßen ist dem Unterrichtsmodul Magnetismus ein redundanter und zirkulärer Aufbau grundgelegt, der sich durch nicht zu vernachlässigende Zeitintensität auszeichnet. Diese „unterrichtsmethodischen Spezifika“ (siehe 5.2) wie der mehrschichtige Input auf verschiedenen Kanälen sind fremdsprachenintegriertem Sachfachunterricht eigen um sprachliche Schwierigkeiten abzufedern. In muttersprachig geführtem, konventionellem Regelunterricht mag die Vermittlung der Lerninhalte des vorliegenden Moduls in weniger Zeit zu bewerkstelligen sein. Allerdings wurde bei der Konzeption dieser Unterrichtseinheit in besonderem Maße auf die Untersuchungsstichprobe, die

keine Vorerfahrung mit Englisch als Arbeitssprache hatte, Rücksicht genommen. Der oftmalige Kritikpunkt, dass fremdsprachiger Sachfachunterricht nur durch seine erhöhte Zeitintensität ähnlich gute fachliche Ergebnisse erzielt wie konventioneller muttersprachlicher zeitsparender (Vortrags)unterricht, kann aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen jedoch nicht abgeleitet werden. Immerhin ist die fachliche Leistungssteigerung durch die für beide Gruppen inhaltlich und methodisch identische Unterrichtsintervention bei der muttersprachlich unterrichteten Vergleichsgruppe nicht größer als bei der fremdsprachig unterwiesenen Untersuchungsgruppe. Eine Unterforderung der Lernenden durch die Unterrichtseinheit Magnetismus wäre ein möglicher Erklärungsansatz für die vergleichbaren Leistungszuwächse in beiden Gruppen. Zentrale Tendenz und Streuung der POST-Testwerte beider Gruppen zeigen allerdings, dass keine Deckeneffekte vorliegen. Somit kann der ähnlich große Wissenszuwachs in Untersuchungs- und Vergleichsgruppe nicht als eine generelle Unterforderung der Probanden durch die Unterrichtseinheit gedeutet werden.

Die Ergebnisse bezüglich des Fachlernens dürfen natürlich nicht nur vor dem Hintergrund der eingesetzten Intervention betrachtet werden, sondern müssen auch in Hinblick auf das gewählte Untersuchungsdesign diskutiert werden. Die für diese Untersuchung gewählte Art der Testung etwa, in der auch die schriftliche Befragung der Schülerinnen und Schüler der Untersuchungsgruppe in der Muttersprache erfolgte, liefert ein Ergebnis, in dem Fach-

leistung und Sprachtransfers untrennbar miteinander verwoben sind. Durch den zusätzlichen Sprachtransfer wurde den Mitgliedern der Untersuchungsgruppe eine kognitive Mehrleistung abverlangt (siehe 5.2), die die Post-Testergebnisse der Untersuchungsgruppe unter Umständen negativ beeinflusst.

Ein weiterer Aspekt darf in Zusammenhang mit der gewählten Art der Testung der Schülerinnen und Schüler beider Gruppen nicht außer Acht gelassen werden. Die Verwendung teilweise identischer Items in Pre- und Post-Test ist mit möglichen Wiederholungseffekten verbunden, die auf die Testergebnisse einwirken können. Durch den Einsatz in deutscher Sprache abgefasster Tests sind für beide Gruppen grundsätzlich ähnliche Wiedererkennungseffekte der identischen Pre-Items im Post-Test anzunehmen. Allerdings bleibt unklar, ob die Kombination von deutschsprachiger Lernumgebung der Vergleichsgruppe mit deutschsprachigen Pre-Testfragebögen zu einer zusätzlichen Verstärkung des Wiederholungseffekts beiträgt und somit eine Benachteiligung der Untersuchungsgruppe bezüglich der Post-Testung verursacht. Der varianzanalytische Vergleich der Post-Testgesamtskala (siehe 5.1), die neben den 16 identischen Pre- und Post-Testitems noch weitere 11 Items enthält, liefert ebenso wie der Vergleich der identischen Subskala nicht signifikante Ergebnisse (siehe 6.1). Somit führen auch nicht aus dem Pre-Test bekannte Items im Post-Test, die also keinerlei Wiederholungseffekt aufweisen können, zu vergleichbaren Leistungszuwächsen in beiden Gruppen.

Der zweite Untersuchungsschwerpunkt fokussierte auf Unterschiede in der fachlichen Leistung von Mädchen und Jungen. Insgesamt konnte hier im Vergleich von Pre- und Post-Testergebnissen ein Vorsprung der Jungen festgestellt werden, sowohl auf der Ebene der subjektiven Selbsteinschätzung als auch auf jener der Leistungstestergebnisse. Subjektive und objektive Ergebnisse zeigen also auch bezogen auf die Geschlechtergruppen ähnliche Tendenzen. Parallelitäten sind auch erkennbar, wenn nicht die absoluten Einschätzungsscores bzw. die absoluten Wissenstestergebnisse herangezogen werden, sondern der Zuwachs zwischen den beiden Testzeitpunkten. Für die Selbsteinschätzung stellt sich dann heraus, dass von Mädchen und Jungen der Vergleichsgruppe der subjektive Lernerfolg ähnlich eingeschätzt wird, und die Mädchen der Untersuchungsgruppe ihren subjektiven Lernerfolg sogar signifikant höher als ihre männlichen Kollegen einschätzen.

Ähnlich verhält es sich, wenn der Einfluss der im Treatment verwendeten Sprache auf die Leistung der Mädchen und Jungen im Wissenstest betrachtet wird. Wird die Post-Testleistung als abhängige Variable einer zweifaktoriellen ANOVA mit den Faktoren Unterrichtssprache und Geschlecht gewählt, so wird der Hauptfaktor Geschlecht signifikant, während der zweite Hauptfaktor und die entsprechende Interaktion nicht signifikant sind. Die fachlichen Leistungen zwischen Mädchen und Jungen unterscheiden sich demnach unabhängig von der verwendeten Unterrichtssprache. Wird anstatt der Post-Testleistung der Leistungszuwachs als ab-

hängige Variable in einer zweifaktoriellen ANOVA analysiert, so wird weder einer der Hauptfaktoren noch die Interaktion signifikant. Diese Ergebnisse sprechen dafür, dass unter den gegebenen Rahmenbedingungen des Untersuchungssettings Geschlecht und Unterrichtssprache nur einen geringen Einfluss auf die erreichten Lernerfolge hatten.

Diese Ergebnisse bezüglich Geschlecht können dahingehend gedeutet werden, dass die Lernumgebungen der Intervention gleichwertig zu den Lerneffekten beider Geschlechter beigetragen haben. Die einzelnen Faktoren der Wirkungskette auf den Lernerfolg können mit den erhobenen Variablen und dem verwendeten Untersuchungsdesign jedoch nicht nachvollzogen werden. Unklar bleibt welchen Anteil andere, nicht erhobene Variablen haben. Der Einfluss der gewählten Unterrichtsmethoden und der beteiligten Lehrkräfte bleibt beispielsweise offen. Auch ein möglicher Einfluss des räumlichen Vorstellungsvermögens etwa, das laut zahlreichen Untersuchungen bei Mädchen tendenziell schlechter ausgeprägt ist als bei Jungen (Stanat & Kunter 2002, 33), kann hier nicht ausgeschlossen werden, denn die identische Subskala enthält eine Reihe von Items, die sich auf die räumliche Struktur von Magnetfeldern und Feldliniendarstellungen beziehen. Auch der Einfluss der fremdsprachlichen Kompetenzen in einzelnen Fertigungsbereichen, die laut Forschungsergebnissen zwischen den Geschlechtern variieren (Andreou, Vlachos & Andreou 2005; van der Slik 2009), konnte aufgrund der Datenlage nicht berücksichtigt werden.

Die Thematik der Beeinflussung der Unterrichtskommunikation durch die Verwendung einer Fremdsprache war Inhalt des dritten Untersuchungsbereichs. Das Ausmaß der sprachlichen Erschwerung, die im Rahmen dieser Untersuchung nur auf Einschätzungen der Lernenden beruht, hält sich den Resultaten nach zu urteilen in akzeptablen Grenzen. Nur gut ein Sechstel aller Befragten, die erstmalig fremdsprachenintegriert unterrichtet wurden, stufen die Beeinflussung der Unterrichtskommunikation durch die Fremdsprache als negativ bzw. sehr negativ ein. Die Interpretation dieser Ergebnisse muss außerdem vor dem Hintergrund erfolgen, dass im konkreten Fall aufgrund der Vergleichbarkeit der Testergebnisse beider Gruppen auf eine vorbereitende Phase zur Entlastung der fremdsprachlichen Unterrichtskomponente verzichtet wurde. Welchen Einfluss dieser sprachlich nicht vorentlastete Einstieg in den fremdsprachenintegrierten Physikunterricht auf die Wahrnehmung der Unterrichtskommunikation durch die Schülerinnen und Schüler hatte, bleibt im gewählten Unterrichtsdesign offen. Unter diesem Gesichtspunkt liegt die Annahme nahe, dass Schülerinnen und Schülern diese Unterrichtsform grundsätzlich zuzumuten ist. An dieser Stelle darf zudem nicht außer Acht gelassen werden, dass auch muttersprachlicher Unterricht durchaus nicht frei von kommunikativen Schwierigkeiten ist. Bonnet (2004) etwa berichtet diesbezüglich, dass sprachliche Schwierigkeiten, unabhängig von der gewählten Unterrichtssprache, oft ein Symptom für tieferliegende fachliche Schwierigkeiten darstellen.

Wenn insgesamt auch die für beide Gruppen nahezu gleichwertigen Ergebnisse des Leistungstests für die fachliche Tragbarkeit des Konzepts fremdsprachenintegrierten Physikunterrichts sprechen, können die erhaltenen Ergebnisse nicht für das Unterrichtsfach Physik oder für fremdsprachenintegrierte Ansätze allgemein generalisiert werden, sondern als Studie nur eine Tendenz aufzeigen. Grundsätzlich ist der Frage nach den Auswirkungen fremdsprachenintegrierten Unterrichts auf den fachlichen Lernerfolg in einer Studie kaum mit einer allgemeingültigen Antwort zu begegnen. Einerseits kann es aufgrund der Domänenspezifität des Wissenserwerbs keine pauschale Antwort für alle Schulfächer geben. Auf der anderen Seite beeinflusst eine Vielzahl von Variablen das Lernen in einem Fach selbst (kognitive und nicht kognitive Voraussetzungen der Lernenden, Lernumgebung, Lehrkraft, etc.). In der fremdsprachenintegrierten Situation kommen unter Umständen noch weitere Einflussfaktoren hinzu, wie etwa Beherrschungsniveau der Fremdsprache von Lehrenden und Lernenden oder auch die Frage nach der Berücksichtigung eines integrativen Charakters von Sprach- und Fachlernen in der unterrichtsmethodischen Umsetzung des Unterrichts. Unter diesem Gesichtspunkt sind eine Reihe weiterer Untersuchungen in den verschiedenen Unterrichtsfächern nötig, um belastbare Aussagen über Fremdsprachenintegration bezogen auf verschiedene Zielgruppen von Lernenden und auf verschiedene unterrichtsmethodische Zugänge machen zu können. Abschließend lässt sich jedoch feststellen, dass die im

Rahmen der vorgestellten Dissertation erzielten Untersuchungsergebnisse konsistent mit den Resultaten bereits vorhandener Studien (s. o.) sind.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Der vorliegende Beitrag hatte zum Ziel Auswirkungen fremdsprachenintegrierten Sachfachunterrichts auf verschiedenen Ebenen zu analysieren. Zu diesem Zwecke wurde einerseits aktuelle Fachliteratur fachliche und sprachliche Erkenntnisse betreffend diskutiert und andererseits die oben angeführte Untersuchung mit dem Schwerpunkt Auswirkungen auf fachlicher Ebene vorgestellt.

Eine Vielzahl fundierter Untersuchungen sichert den fremdsprachlichen Mehrwert dieser Unterrichtsmethode gut ab. Im Gegensatz dazu besteht ein großer Bedarf an wissenschaftlich fundierten Untersuchungen, die fachliche Auswirkungen fremdsprachenintegrierten Sachfachunterrichts, im Speziellen in den Naturwissenschaften, analysieren.

Die dargestellte Studie liefert einige Anhaltspunkte über den mit fremdsprachenintegriertem Physikunterricht verbundenen Lernerfolg unter den der Untersuchung zugrunde liegenden Rahmenbedingungen. Im Hinblick auf die Güte der dargestellten Studie sei jedoch darauf verwiesen, dass Verallgemeinerungen bzw. generelle Aussagen aus folgenden Gründen nur eingeschränkt möglich sind: Die Ergebnisse wurden nur von Schülerinnen und Schülern einer Jahrgangsstufe gewonnen. Das Beherrschungsniveau der Fremdspra-

che der betrachteten Population ist aufgrund der Anzahl der bereits absolvierten Lernjahre in der 11. Klassenstufe als verhältnismäßig groß anzunehmen. Des Weiteren sind eine Reihe von Kontrollvariablen nicht berücksichtigt. Die Aufgabe weiterführender Forschungen sollte es sein, diese Bereiche gezielt zu untersuchen. Hier sind vor allem fremdsprachliche und andere kognitive Fähigkeiten der Lernenden, die fremdsprachliche Kompetenz der Unterrichtenden wie auch die Rolle der eingesetzten Unterrichtsmethoden anzuführen.

Trotz dieser Einschränkungen kann die Untersuchung dennoch Zusammenhänge aufzeigen, die als Ausgangspunkt für weiterführende Forschungsarbeiten dienen können. Die vorliegenden Resultate deuten an, dass das Konzept von fremdsprachenintegriertem Physikunterricht durchaus dem muttersprachlichen Unterricht gleichwertig sein kann und nicht unweigerlich schlechtere fachliche Leistungen verursacht. Trotz der Rahmenbedingungen der Untersuchung, die Schülerinnen und Schülern keine Einstiegschancen – wie etwa sprachliche Vorentlastung durch die Erarbeitung relevanter lexikalischer Sprachmittel – gewährten, traten in der Untersuchungsgruppe keine Nachteile bei fachlichen Lernerfolgen auf. Erfahrungsberichte und Hinweise aus der Lernpsychologie sprechen möglicherweise sogar dafür, dass die Verwendung einer Fremdsprache den Erwerb physikalischer Konzepte begünstigen könnte. Diese Vermutung kann allerdings nur durch weitere, breiter gefächerte Längsschnittstudien untermauert werden.

Literatur

- Abuja, G. (2003). Bilingual education. In Newby, D. (Hrsg.), *Thematic collections* (S. 7–24). Straßbourg: Council of Europe.
- Abuja, G. & Heindler, D. (1998). *Englisch als Arbeitssprache: Modelle, Erfahrungen und Lehrerbildung*, Graz: Zentrum für Schulentwicklung Bereich 3.
- Andreou, G., Vlachos, F. & Andreou, E. (2005). Affecting factors in second language learning. *Journal of psycholinguistic research*, 34(5), 429–438.
- Badertscher, H. & Bieri, T. (2009). *Wissenserwerb im Content and Language Integrated Learning. Empirische Befunde und Interpretationen*, Bern: Haupt Verlag AG.
- Barrow, L.H. (1987). Magnet concepts and elementary students misconceptions. In Clement, J. & Brown, D. (Hrsg.), *Proceedings of the second international seminar on misconceptions and educational strategies in science and mathematics*. NY: Cornell University Ithaca.
- Barrow, L.H. (1990). Elementary Science Textbooks and Potential Magnet Misconceptions. *School Science and Mathematics*, 90(8), 716–720.
- Barrow, L.H. (2000). Do elementary science methods textbooks facilitate the understanding of magnet concepts? *Journal of Science Education and Technology*, 9(3), 199–205.
- BM:BWK (Hrsg.) (2008). *Sprach- und Sprachunterrichtspolitik in Österreich*. Länderbericht, Graz/Wien.
- Bonnet, A. (2004). *Chemie im bilingualen Unterricht*, Opladen: Leske und Budrich.
- Borges, A.T., Tecnico, C. & Gilbert, J.K. (1998). Models of magnetism. *International Journal of Science Education*, 20(3), 361–378.
- Breidbach, S. & Viebrock, B. (2006). Bilingualer Sachfachunterricht aus der Sicht wissenschaftlicher und praktischer Theoretiker. Oldenburger Forum Fremdsprachendidaktik Band 3. In Gehring, W. (Hrsg.), *Foreign language teaching. Oldenburger Forum Fremdsprachendidaktik Band 3* (S. 234–256). Oldenburg: BIS-Verlag.

- Brown, A. & McNamara, T. (2004). „The Devil Is in the Detail“: Researching Gender Issues in Language Assessment. *Tesol Quarterly*, 38(3), 524–538.
- Bühner, M. (2005). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion*, München: Pearson Studium.
- Burmeister, P. & Daniel, A. (2002). How effective is late partial immersion? Some findings of a secondary school program in Germany. In Burmeister, P., Piske, T. & Rohde, A. (Hrsg.), *An Integrated View of Language Development. Papers in Honor of Henning Wode*, Wissenschaftlicher Verlag Trier, 2002. (S. 499–515). Trier: WVT, Wissenschaftlicher Verlag Trier.
- Butzkamm, W. (1997). Zum Sprachwechsel im bilingualen Sachunterricht. www.ph-karlsruhe.de/cms/fileadmin/user_upload/dozenten/schlemminger/enseignementbilingue/butzkamm-Sprachwechsel.pdf. (9.8.2010)
- Coetzee-Lachmann, D. (2007). *Assessment of subject-specific task performance of bilingual geography learners Analysing aspects of subject-specific written discourse*. Universität Osnabrück.
- Cummins, J. & Swain, M. (1986). *Bilingualism in Education*, London: Longman.
- Dalton-Puffer, C. (2008). Outcomes and processes in content and language integrated learning (CLIL): current research from Europe. In Delaney, W. & Volkman, L. (Hrsg.), *Future Perspectives for English Language Teaching* (S. 139–158). Heidelberg: Universitätsverlag Winter.
- Dittmann, H. (1979). Didaktische Bemerkungen zum elektromagnetischen Feld. *PhuD*, 79(3), 208–217.
- Duit, R.; Häußler, P. & Kircher, E. (Hrsg.) (1981). *Unterricht Physik, Materialien zur Unterrichtsvorbereitung*, Köln: Aulis Verlag.
- Duit, R. (1989). Vorstellungen zum Magnetismus. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie*, 37(4), 132–133.
- Duit, R. (1997). Alltagsvorstellungen und Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Forschungsstand und Perspektiven für den Sachunterricht in der Primarstufe. In Köhnlein, W., Marquardt-Mau, B. & Schreiber, H. (Hrsg.), *Kinder auf dem Wege zum Verstehen der Welt* (S. 233–246). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Ebinghaus, H. (1980). Energie und Feld im Unterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie*, 28(6), 185–187.
- Guisasola, J., Almudi, J.M. & Ceberio, M. (2000). Students Mental Representations and the Choice of Teaching Goals in Magnetostatic. In Pinto, R. & Surinach, R. (Hrsg.), *Physics Teacher Education Beyond 2000* (S. 229–232). Barcelona.
- Guisasola, J., Almudi, J.M. & Zubimendi, J.L. (2004). Difficulties in learning the introductory magnetic field theory in the first years of university. *Science Education*, 88(3), 443–464.
- Haagen-Schützenhöfer, C.M. (2005). *Englisch als Arbeitssprache im Physikunterricht*. Dissertation. Karl Franzens Universität Graz.
- Hajer, M. (2000). Creating a language promoting classroom. Content-area teachers at work. In Hall, J.K. & Verplaetse, L.S. (Hrsg.), *Second and foreign language learning through classroom interaction* (S. 265–285). London: Lawrence Erlbaum.
- Häußler, P., Bündler, W., Duit, R., Gräber, W. & Mayer, J. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung: Perspektiven für die Unterrichtspraxis*, Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Herrmann, F. (1995). Magnetische Eigenschaften von Materialien im Unterricht. *Praxis der Naturwissenschaften*, 44(8), 17–22.
- Hirner, M. (2000). *Bilingualer Physik- und Geographie & Wirtschaftskundeunterricht heute und morgen. Evaluation eines bilingualen Schulprojekts mit Unterrichtsbeispielen und einer Bedarfsanalyse der Wirtschaft*. Leopold Franzens Universität Innsbruck.
- Hollenweger, J., Maag Merki, K., Stebler, R. & Prusse, M. (2005). Schlussbericht Evaluation: Zweisprachiger Ausbildungsgang an Mittelschulen. *Zürich: ARGE Bilingual*.
- Kelter, S. (2003). Mentale Modelle. In Rickheit, G., Herrmann, T. & Deutsch, W. (Hrsg.), *Psycholinguistik: ein internationales Handbuch* (S. 505–517). Berlin: Mouton De Gruyter.
- Koch, A. (2005). *Bilingualer naturwissenschaftlicher Anfangsunterricht: Entwicklung – Erprobung – Evaluation*. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität Kiel.

- Koch, A. & Bündler, W. (2006). Fachbezogener Wissenserwerb im bilingualen naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 67–76.
- Koch, A. & Bündler, W. (2008). Bilingualer Unterricht in den Naturwissenschaften. Didaktische Begründungen und unterrichtspraktische Beispiele. *MNU*, 61(1), 4–11.
- Kondring, B. & Ewig, M. (2005). Aspekte der Leistungsmessung im bilingualen Biologieunterricht. *Ber. Inst. Didaktik Biologie*, 14, 49–62.
- Krashen, S.D. (1982). *Principles and practice in second language acquisition*: Pergamon Press New York.
- Lehmann, W., Jüling, I. & Knopf, H. (2002). Allgemeine und domänenspezifische kognitive Leistungen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 16(1), 29–41.
- Leisen, J. (1998). Fachlernen und Sprachlernen im Physikunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften*, 47(2), 5–8.
- Leisen, J. (2005). Wechsel der Darstellungsformen. Ein Unterrichtsprinzip für alle Fächer. *Der Fremdsprachliche Unterricht Englisch*, 78, 9–13.
- Limón, M. & Mason, L. (Hrsg.) (2002). *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*: Springer Netherlands.
- Lind, G. & Sandmann, A. (2003). Lernstrategien und Domänenwissen. *Zeitschrift für Psychologie/Journal of Psychology*, 211(4), 171–192
- Lind, G., Friege, G., Kleinschmidt, L. & Sandmann, A. (2004). Beispiellernen und Problemlösen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*; Jg, 10, 29–49.
- Maloney, D.P., O’Kuma, T.L., Hieggelke, C.J. & van Heuvelen, A. (2001). Surveying students conceptual knowledge of electricity and magnetism. *American Journal of Physics*, 69(1), 12–23.
- Mayer, R. (2002). Understanding conceptual change: A commentary. In Limón, M. & Mason, L. (Hrsg.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (S. 101–111): Springer Netherlands.
- Merzyn, G. (1998a). Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Physik in der Schule*. 36, 203–288.
- Merzyn, G. (1998b). Sprache und naturwissenschaftlicher Unterricht, 10 Thesen. *Praxis der Naturwissenschaften: Physik*, 47(2), 1.
- Mikelskis, H.F. (Hrsg.) (2006). *Physik-Didaktik*, Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Muckenfuß, H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts*, Berlin: Cornelsen.
- Nezbeda, M. (2005). Überblicksdaten und Wissenswertes zu Fremdsprache als Arbeitssprache. *Praxisreihe*, Graz: ÖSZ.
- Österreichisches Sprachenkompetenzzentrum. Gemeinsamer Europäischer Referenzrahmen für Sprachen (GERS). http://www.oesz.at/sub_main.php?lnk=gers (4.7.2011).
- Pfundt, H. (1981). Die Diskrepanz zwischen muttersprachlichem und naturwissenschaftlichem „Weltbild“. Ein Problem der Naturwissenschaften. In Duit, R., Jung, W. & Pfundt, H. (Hrsg.), *Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht*. Köln: Aulis-Verl. Deubner.
- Pirner, M.L. (2007). Empirische Unterrichtsforschung zum bilingualen Religionsunterricht und Konsequenzen für den ‚normalen‘ Religionsunterricht. *Theo-Web. Zeitschrift für Religionspädagogik*, 6, 42–52.
- Preiser, S. (2009). *Pädagogische Psychologie: Psychologische Grundlagen von Erziehung und Unterricht*, München: Juventa.
- Rollnick, M. & Rutherford, M. (1996). The use of mother tongue and English in the learning and expression of science concepts: A classroom-based study. *International Journal of Science Education*, 18(1), 91–103.
- Rost, J. (1996). *Lehrbuch Testtheorie, Testkonstruktion*, Bern: Huber.
- Rost, D. (2007). *Interpretation und Bewertung pädagogisch-psychologischer Studien. Eine Einführung*, Weinheim: Beltz.
- Schlichting, H.J. & Backhaus, U. (1980). Zum Feldbegriff im Unterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht*, 28(6), 187–189.
- Schmenk, B. (2002). *Geschlechtsspezifisches Fremdsprachenlernen? Zur Konstruktion geschlechtstypischer Lerner- und Lernbilder in der Fremdsprachenforschung*, Tübingen: Stauffenburg-Verl.

- Schmenk, B. (2004). Language learning: A feminine domain? The role of stereotyping in constructing gendered learner identities. *Tesol Quarterly*, 38(3), 514–524.
- Stanat, P. & Kunter, M. (2002). Geschlechterspezifische Leistungsunterschiede bei Fünfzehnjährigen im internationalen Vergleich. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 5(1), 28–48.
- Starauschek, E. (1998). Zur Sprache im Karlsruher Physikurs. *Praxis der Naturwissenschaften Physik*, 47(2), 24–28.
- Starauschek, E. (2006). Im Physikunterricht kommunizieren. In Mikelskis, H.F. (Hrsg.), *Physik-Didaktik* (S. 183–202). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Thürmann, E. (2002). Eine eigenständige Methodik für den bilingualen Sachfachunterricht. In Bach, G. & Niemeier, S. (Hrsg.), *Bilingualer Unterricht: Grundlagen, Methoden, Praxis, Perspektiven* (S. 75–93). Frankfurt am Main: Lang.
- van der Slik, F. (2009). Gender bias and gender differences in two South African tests of academic literacy. *Southern African Linguistics and Applied Language Studies*, 27(3), 277–290.
- Vollmer, H.J. (2002). Bilingualer Sachfachunterricht als Inhalts- und als Sprachlernen. In Bach, G. & Niemeier, S. (Hrsg.), *Bilingualer Unterricht: Grundlagen, Methoden, Praxis, Perspektiven* (S. 51–73). Frankfurt am Main: Lang.
- Vosniadou, S. (2007). The cognitive-situative divide and the problem of conceptual change. *Educational Psychologist*, 42(1), 55–66.
- Vygotsky, L.S. (1986). *Denken und Sprechen (1934)*. Frankfurt am Main: Fischer.
- Wallner, I. (1999). *Englisch als Arbeitssprache: Chancen und Wege einer zweisprachigen Schule in Österreich*. Universität Wien.
- Weinert, F.E., Birbaumer, N., Graumann, C.F. & Deutsche Gesellschaft für Psychologie (Hrsg.) (1996). *Enzyklopädie der Psychologie. Psychologie des Lernens und der Instruktion*, Göttingen: Hogrefe.
- Wesche, M.B. (2002). Early French immersion: How has the original Canadian model stood the test of time. In Burmeister, P., Piske, T. & Rohde, A. (Hrsg.), *An Integrated View of Language Development. Papers in Honor of Henning Wode*, Wissenschaftlicher Verlag Trier, 2002. (S. 357–379). Trier: WVT, Wissenschaftlicher Verlag Trier.
- Wildhage, M. & Otten, E. (2003). *Praxis des bilingualen Unterrichts*, Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Williams, H.T. (1999). Semantics in teaching introductory physics. *American Journal of Physics*, 67(8), 670.
- Wode, H. (1995). *Lernen in der Fremdsprache: Grundzüge von Immersion und bilinguaem Unterricht*, München: Hueber Verlag.
- Wode, H., Burmeister, P., Daniel, A., Kickler, K.U. & Knust, M. (1996). Die Erprobung von deutsch-englisch bilinguaem Unterricht in Schleswig-Holstein: Ein erster Zwischenbericht. *Zeitschrift für Fremdsprachenforschung*, 7(1), 15–42.
- Zydatiŕ, W. (2007). Deutsch-Englische Züge in Berlin (DEZIBEL): Eine Evaluation des bilingualen Sachfachunterrichts an Gymnasien: Frankfurt a. M.: Peter Lang. Europäischer Verlag der Wissenschaften.
- Zydatiŕ, W. (Internetdokument) Deutsch-Englische Züge in Berlin (= DEZIBEL). Eine komparative Evaluation der Englischkompetenzen und der sachfachrelevanten Kompetenzen von Schülern in Regel- und in „bilingualen“ Klassen des Gymnasiums. <http://www.scoberlin.de/content/media/http/absb/dezibel.html> (9.8.2010).
- Zydatiŕ, W. (2010). Parameter einer „bilingualen Didaktik“ für das integrierte Sach-Sprachlernen im Fachunterricht: die CLIL-Perspektive. In Ahrenholz, B. (Hrsg.), *Fachunterricht und Deutsch als Zweitsprache* (S. 133–152). Tübingen: Narr.

KONTAKT

Dr. Claudia Haagen-Schützenhöfer
Universität Wien, AECC Physik
Porzellangasse 4/2/2
A-1090 Wien
claudia.haagen@univie.ac.at

AUTORENINFORMATION

Claudia Haagen-Schützenhöfer
ist seit 2000 Lehrerin für Physik und
Englisch an Gymnasien und seit 2009
Universitätsassistentin (Post-Doc) am
Österreichischen Kompetenzzentrum für
Didaktik der Physik (AECCP) der Univer-
sität Wien.

Leopold Mathelitsch ist Professor am
Institut für Physik der Universität Graz
und Leiter des Fachdidaktikzentrums
Physik der Universität Graz.

Martin Hopf ist Professor am
Österreichischen Kompetenzzentrum
für Didaktik der Physik der Universität
Wien.