

Enzymes in everyday life

Biochemische Grundlagen bilingual erforschen

Stephanie Ohlberger, Claas Wegner

Universität Bielefeld, claas.wegner@uni-bielefeld.de

In Zeiten, in denen bilingualer Unterricht immer mehr an Bedeutung gewinnt und aus der heutigen Schullandschaft kaum noch weg zu denken ist, ist es dennoch nicht für jede Schule möglich, ein institutionalisiertes bilinguales Lehrangebot zu schaffen. Aus diesem Grund sind bilinguale Module auf dem Vormarsch, was bedeutet, dass vereinzelt ganze Unterrichtseinheiten in einer Fremdsprache unterrichtet werden, sofern der Lehrer sich dazu in der Lage sieht. Um diesen Prozess zu unterstützen, wird im vorliegenden Beitrag ein Vorhaben zur Enzymatik vorgestellt – geeignet für Schüler*innen der EF, die bereits gute Sprachfähigkeiten aufweisen und dadurch eine Auflockerung ihres Unterrichtsalltags erleben.

Stichwörter: bilingualer Unterricht, CLIL, Enzymatik, Biologie

1 Einleitung

In diesem Artikel wird ein bilinguales Modul im Unterrichtsfach Biologie vorgestellt. Bilinguale Module betreffen – im Unterschied zu selektierten Schülergruppen in bilingualen Zügen – eine ganze Klasse mit ihrer heterogenen Schülerschaft und umfassen dabei etwa 10 bis 14 Unterrichtsstunden, in denen ein bestimmtes Thema in einer Fremdsprache, in diesem Fall Englisch, behandelt wird. Inhalt der hier vorgestellten Unterrichtseinheit ist die Enzymatik, ein Pflichtthema in der Einführungsphase (Jahrgangsstufe 10) an Gymnasien.

2 Bilingualer Unterricht

Der folgende Teil gibt einen kurzen Überblick zum bilingualen Unterricht in Deutschland, wie das Konzept entstanden ist und vor allem wie es heutzutage umgesetzt wird. Des Weiteren wird auf die Besonderheit des bilingualen Biologieunterrichts eingegangen.

2.1 Status Quo und Hintergründe

Bilingualer Sachfachunterricht ist europaweit meist unter dem Namen Content and Language Integrated Learning (kurz: CLIL; wird im Folgenden synonym zu bilinguaem Unterricht verwendet) bekannt. Der Begriff gibt bereits vor, dass Inhalts- sowie Sprachenlernen im Fokus dieses

Unterrichtskonzepts liegen, wobei die Sprache nur als Vehikel dient und der fachliche Lernzuwachs weiterhin im Mittelpunkt steht (Coyle, Hood & Marsh, 2010, S. 3).

In Deutschland wird bilingualer Unterricht zu 80% auf Deutsch-Englisch durchgeführt (Wolff, 2013, S. 21), überwiegend an weiterführenden Schulen und dort insbesondere an Gymnasien. Jedoch lassen sich auch hier Veränderungen über die Jahre feststellen und die Zahl der Real-, Gesamt- und Grundschulen, die bilingualen Unterricht anbieten, steigt stetig (Krechel, 2013, S. 74-76).

Die am häufigsten vorkommende Form ist die eines bilingualen Zugs, die als eine Art Profilklassen verstanden werden kann. Für den Fall, dass Schulen nicht gewillt sind, die enormen Umstrukturierungen vorzunehmen, die erforderlich werden, wenn ein bilingualer Zug etabliert werden soll, bietet sich der Einstieg über bilinguale Module an – zweisprachiger Unterricht wird dann in einzelnen Fächern für eine gewisse Anzahl an Stunden, im besten Falle über eine gesamte Einheit hinweg, erteilt (Dreher & Hämmerling, 2009, S. 151). Dies ist auch eine gute Möglichkeit für Lehrer festzustellen, ob sie sich bilingualen Unterricht auf Dauer zutrauen würden (Schmidt, 2015, S. 136), da Vorbereitung und Durchführung im Gegensatz zum regulären, muttersprachlichen Unterricht deutlich aufwendiger ist.

Ein Zugewinn ist insofern zu verzeichnen, dass diese Form „Chancengleichheit für alle Lernenden“ (Dreher & Hämmerling, 2009, S. 147) bietet, da spezielle Zulassungsverfahren wie für bilinguale Züge bei den Modulen keine Rolle spielen. Costa und D’Angelo betonen, dass CLIL ein „inklusives, vereinendes und demokratisches Instrument“ (2011, S. 10) sein sollte, was nur dann verwirklicht ist, wenn Zulassungsbeschränkungen zu CLIL-Formen jeglicher Art aufgehoben sind.

Werden die Prinzipien zur idealen Umsetzung bilingualen Unterrichts beachtet, ergeben sich viele Vorteile: neben der Wissensvermittlung in zwei Sprachen wird die Fremdsprachkompetenz verbessert (Dreher & Hämmerling, 2009, S. 148f.), eventuelle Sprachhemmungen abgebaut, und das Selbstwirksamkeitserleben gesteigert. Zudem wird den Schülern bewusst, wie essentiell (in diesem Fall) Englisch für den Lebensalltag ist (KMK, 2013) und welche Vorteile eine gute sprachliche Ausbildung für den späteren Beruf bringt (Richter & Zimmermann, 2003, S. 116).

Die Verknüpfung zweier Sprachen mit dem Inhalt des Sachfachs wird als „doppelte Fachliteralität“ (Vollmer, 2005; Diehr, 2016) bezeichnet. Vielfältige Unterstützung in sprachlicher und inhaltlicher Hinsicht wird durch muttersprachliche Sicherungsphasen, zweisprachiges Unterrichtsmaterial sowie Visualisierungsmöglichkeiten geboten (MSW, 2011; MSW, 2014; KMK, 2013). Diese Möglichkeiten zur didaktischen Reduktion und Rekonstruktion bieten sich insbesondere im Fach Biologie, was somit auch den Erwerb von Fachbegriffen oder das Verständnis von komplexen Abläufen erleichtert.

2.2 Bilingualer Unterricht im Fach Biologie

Aufgrund seiner historischen Ursprünge an der deutsch-französischen Grenze in den 1960er-Jahren beschränkte sich der bilinguale Unterricht zunächst auf die Fächer Geografie und Geschichte, außerdem wurde als Fremdsprache überwiegend Französisch genutzt (Verriere, 2014, S. 12). Insbesondere aber in den 1990er-Jahren hat CLIL einen Aufschwung mit der Fremdsprache Englisch (Dalton-Puffer, 2011, S. 183) und einer größeren Bandbreite an bilingual unterrichteten Fächern erfahren (Brown & Bradford, 2017, S. 328). Als eine der ersten Naturwissenschaften für den bilingualen Unterricht tat sich die Biologie hervor. Wenngleich Biologie als bilinguales Fach vergleichsweise schwer und kompliziert erscheint, da die Themen oft anspruchsvoll und komplex sind und viele Fachbegriffe verwendet werden (Kircher, 2004, zit. n. Piesche et al., 2016, S. 109), bietet die Biologie ganz im Gegenteil sehr viele Kompensationsmöglichkeiten: es lassen sich Realobjekte und Modelle einsetzen, die der Veranschaulichung und dem Verständnis dienen (Bohn & Doff, 2010, S. 80); außerdem ist die Sprache sehr standardisiert (Crystal, 1993, zit. n. Piesche et al., 2016, S. 109) und „der Sprachduktus in der scientific community des angloamerikanischen Raumes [ist] sehr kommunikationsorientiert und auf Verständlichkeit ausgerichtet, also sehr stark an der Alltagssprache orientiert“ (Richter & Zimmermann, 2003, S. 116). Hinzu kommt, dass die meisten Fachbegriffe der deutschen Variante ähneln (Preisfeld, 2016, S. 107), da sie griechischen oder lateinischen Ursprungs sind (Richter & Zimmermann, 2003, S. 116).

3 Unterrichtsvorschlag: Enzymatik

Das Thema Enzymatik wurde in Klassen der Einführungsphase (EF, ehemals J10) an Gymnasien probeweise als bilinguales Modul unterrichtet. Die in Kapitel 4 dargebotene Diskussion zur Eignung und Reflexion der Einheit steht deshalb auch besonders vor dem Hintergrund, inwieweit diese Einheit für eine epochale Phase bilingualen Unterrichts geeignet ist. Die Arbeitsmaterialien sind für reguläre bilinguale Zweige ebenso einsetzbar, können aber an manchen Stellen eventuell schwieriger oder umfangreicher gestaltet werden.

3.1 Rahmenbedingungen und Anknüpfung an den Lehrplan

Die Einheit umfasste je nach Kurs 10-12 Unterrichtsstunden, die sich grob in drei Blöcke unterteilen ließen. Im Kernlehrplan für das Fach Biologie entfällt das Thema Enzymatik auf das Inhaltsfeld 2 „Energiestoffwechsel“ (MSW, 2013, S. 18). Für mögliche Kontexte wird bereits „Enzyme im Alltag“ vorgeschlagen (MSW, 2013, S. 24). Kompetenzen, die bei diesem Unterrichtsthema erreicht werden sollen, sind im Folgenden aufgelistet:

Umgang mit Fachwissen

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern Struktur und Funktion von Enzymen und ihre Bedeutung als Biokatalysatoren bei Stoffwechselreaktionen (UF1, UF3, UF4)

Erkenntnisgewinnung

Die Schülerinnen und Schüler

- stellen Hypothesen zur Abhängigkeit der Enzymaktivität von verschiedenen Faktoren auf, überprüfen sie experimentell und stellen sie graphisch dar (E3, E2, E4, E5, K1, K4),
- beschreiben und interpretieren Diagramme zu enzymatischen Reaktionen (E5),
- beschreiben und erklären mithilfe geeigneter Modelle Enzymaktivität und Enzymhemmung (E6)

Kommunikation

Die Schülerinnen und Schüler

- recherchieren Informationen zu verschiedenen Einsatzgebieten von Enzymen und präsentieren und bewerten vergleichend die Ergebnisse (K2, K3, K4)

Bewertung

Die Schülerinnen und Schüler

- geben Möglichkeiten und Grenzen für den Einsatz von Enzymen in biologischtechnischen Zusammenhängen an und wägen die Bedeutung für unser heutiges Leben ab (B4)

(MSW, 2013, S. 24/25).

3.2 Ablauf des bilingualen Moduls

Der Einstieg ins Thema gestaltet sich durch eine kurze Wiederholung zum Grundlagenwissen über Proteine, um die Überleitung zu Enzymen verständlich zu machen. Nachdem die Funktion von Biokatalysatoren erarbeitet worden ist, geht es dann mittels Experimenten um die Regulationsfähigkeit von enzymatischen Reaktionen, also die Temperatur-, pH- und Substratkonzentrationsabhängigkeit. Abschließend werden Mechanismen besprochen, die die Hemmung (kompetitiv und allosterisch) von Enzymreaktionen ermöglichen, was am Beispiel einer Diätpille veranschaulicht werden soll.

Alle Arbeitsmaterialien wurden sowohl auf Deutsch als auch Englisch zur Verfügung gestellt (MSW, 2011), um die Komplexität der Fachsprache in geeigneter Weise zu unterstützen (Preisfeld, 2016, S. 103). Insbesondere Sicherungssequenzen können gut zweisprachig durchgeführt werden (MSW, 2014; KMK, 2013), um sich zu vergewissern, dass alle Inhalte in der Mutter- und Fremdsprache kommuniziert werden können und keine Missverständnisse bestehen bleiben.

Die folgende Tabelle gibt Aufschluss über den Ablauf und detailliertere Inhalte, die im nächsten Kapitel anhand des Arbeitsmaterials weiter veranschaulicht werden.

Tabelle 1. Übersicht über den Ablauf des bilingualen Moduls zur Enzymatik

Stunde / Phase	Handlung / Inhalt	Unterrichtsform	Medien
Hinleitung zur Enzymatik	Einführende Hinweise zum Ablauf des bilingualen Moduls (Unterstützungsmethoden etc.)	Unterrichtsgespräch	Wörterbuch, Glossar
	Assoziationen zu Proteinen an der Tafel sammeln (Aktivierung des Vokabulars)		
	Diagramm mit Zellbestandteilen zeigen → Proteine machen über 50% der Trockenmassen einer Zelle (15% der gesamten Zelle)		Whiteboard/ Marker oder OHP/Folie/ Stifte
	Lesen eines kurzen Textes zu Proteinen als Wiederholung. Sicherung erfolgt als Zuordnung eines Puzzles	Einzel-/ Partnerarbeit	Arbeitsblatt mit Text und Puzzle
Eigenschaften und Besonderheiten der Enzyme I (Praxis)	Experiment zum Stärkeabbau in 2-3er Gruppen Erkenntnis: im Speichel befindet sich eine Substanz, die die Stärke verändert, sodass Disaccharide vorliegen	Gruppenarbeit	Versuchsmaterial (s. Arbeitsblatt), Arbeitsblatt (s. 3.4.1)
Eigenschaften und Besonderheiten der Enzyme II (Theorie)	Erarbeitung des Textes anhand der vier Arbeitsaufträge Wichtige Erkenntnisse: Enzyme als „Helfer“ von Reaktionen, werden selbst nicht verbraucht, Diagramm mit Senkung der Aktivierungsenergie lesen und verstehen können	Einzel-/ Partnerarbeit	Arbeitsblatt (s. 3.4.2)
Eigenschaften und Besonderheiten der Enzyme III (Theorie)	Veranschaulichung des Schlüssel-Schloss-Prinzips durch Schwamm-Modell Option (alternativ erst später): Arbeitsblatt zu verschiedenen Enzymfunktionen/ -wirkungsweisen Einführung der Begriffe: Katabole und anabole Reaktionen (mündlich/an Tafel)	Unterrichtsgespräch Einzelarbeit	Enzym-Substrat-Modell (Schwamm) Arbeitsblatt (s. 3.4.3)
Abhängigkeitsexperimente (ca. 180 min.)	Versuchsblock zu den Einflussfaktoren pH-Wert, Temperatur und Konzentration auf enzymatische Reaktionen (z.B. Trockenhefe und H ₂ O ₂)	Gruppenarbeit	Versuchsmaterialien, Arbeitsblätter mit

Stunde / Phase	Handlung / Inhalt	Unterrichtsform	Medien
	Wiederholung der Regeln zum Arbeiten im Labor		Hinweisen zur Durchführung
	Differenzierung für schnelle Gruppen: Zusatzaufgaben, Helfertätigkeiten bei anderen Gruppen		
Versuchsnachbesprechung	Relevante Ergebnisse der einzelnen Versuche sichern	Unterrichtsgespräch	PowerPoint und ausgefüllte Arbeitsblätter der Versuche
	Inhalte in den Beispielkontext stellen (z.B. Waschmittel, oder aber Verdauung...)		Arbeitsblatt mit Übersicht über Graphen
Enzymatische Hemmung I	Über Wiederholung der Einflussfaktoren aus den Experimenten Hypothesen aufstellen lassen, wie enzymatische Reaktionen noch zu regulieren sind	Unterrichtsgespräch	Tafel
	Überleitung zu Arbeitsblatt mit dem Beispiel der Diättable Orlistat → Erarbeitung eines Übersichtsplakats in Kleingruppen	Gruppenarbeit	Arbeitsblatt (s. 3.4.4), Plakate, Eddings
Enzymatische Hemmung II	Simulation eines Medizinerkongresses zur Vorstellung der Wirkungsweise von Orlistat auf biochemischer Ebene (Prozess der kompetitiven Hemmung; 1-3 Minuten Vortrag)	Gruppenarbeit Vorstellung im Plenum	Plakate
	Aufklärung über die Gefahren der Diättable (sensibles Thema)	Unterrichtsgespräch	
Didaktische Reserve / Abschluss	Optional: Abschluss der Einheit durch Erstellen einer Concept Map, Beendigung des Glossars, Quiz...	Einzel- oder Partnerarbeit	Glossar, Flipcharts, Eddings...

3.3 Didaktische Überlegungen und Arbeitsmaterial

Zu Beginn der Unterrichtseinheit sollte auf die sprachlichen Unterstützungsmethoden aufmerksam gemacht werden, die von den Schüler*innen automatisiert genutzt werden sollten. Dazu zählt z.B. das Vorhandensein eines Wörterbuchs, auf das die Schüler*innen jederzeit Zugriff haben. Hinzu kommt die Auswahlmöglichkeit zwischen deutsch- und englischsprachigen Arbeitsblättern. Die Schüler*innen werden außerdem dazu aufgefordert, ein Glossar zu führen, welches zur Sicherung der vielen Fachbegriffe und gleichzeitig als Vokabelliste dient. Im vorliegenden Beispiel wurde dies als separate Mappe geführt, welche noch eine Liste mit gängigen Phrasen zum Arbeiten im Biologieunterricht in der Zielsprache Englisch enthielt.

Das Glossar war eine Tabelle mit einer beliebigen Anzahl an erweiterbaren Seiten mit dem folgenden Aufbau:

Term	German Translation	Definition
------	--------------------	------------

Das Glossar konnte während der gesamten Einheit als didaktische Reserve oder explizit als Hausaufgabe genutzt werden. Zur Unterstützung, bzw. insbesondere am Ende der Reihe als Wiederholung hätte sich ebenfalls das Erstellen einer *Concept Map* angeboten.

Ein großer Fokus liegt in dieser Einheit auf dem Experimentieren. Den naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg einzuüben und jeden Schritt selbst ausführen zu können, hat in der Oberstufe Priorität, um Schüler*innen auch auf eventuelle berufliche Perspektiven vorzubereiten. Der recht einfache Versuch zum Stärkeabbau wurde deshalb auch bewusst als Schülerversuch durchgeführt, um an das englische Vokabular zum Experimentieren heranzuführen und durch die direkte Umsetzung der schriftlichen Anweisungen die Zurückhaltung und Unsicherheit der Schüler*innen, was den englischen Sprachgebrauch im Fach Biologie angeht, zu reduzieren. Durch diese erste Möglichkeit zur Auffrischung experimenteller Kenntnisse ist der Block mit den Abhängigkeitsexperimenten dadurch etwas vorentlastet und geht geordneter vonstatten. Nichtsdestotrotz sollte hier auf eine strukturierte Arbeitsweise der Schüler*innen geachtet werden, sodass sich z.B. das Material jederzeit übersichtlich an einem Sammelplatz befindet und die Schüler*innen nur die jeweils benötigten Materialien zu ihrem Arbeitsplatz bringen.

Viele Phasen dieser Einheit wurden als Partner- oder Gruppenarbeit konzipiert, um Unterstützung zwischen den Schüler*innen zuzulassen. Selbst wenn die Muttersprache bzw. Schulsprache während Murrephasen zum Einsatz kommt, sind diese auf die Thematik bezogenen Äußerungen besser als Stillschweigen der ganzen Klasse in frontalen Phasen. Die Schüler*innen sind vermutlich enthemmter, ihre Klassenkameraden nach Vokabeln etc. zu fragen, weshalb diese Arbeitsform gerade zur Einführung bilingualen Unterrichts gewählt werden sollte. Man kommt den Schüler*innen sprachlich zusätzlich entgegen, da die Arbeitsblätter beim Stärkeversuch nur eine tabellarische Auswertung erfordern. Die schriftlichen Aufgaben auf den folgenden Arbeitsblättern sind möglichst kurzgehalten, erfordern an der ein oder anderen Stelle jedoch schon etwa eine Drittel Seite Text.

Die Diättablette wird als aktuelles Anschauungsbeispiel für den Prozess der enzymatischen Hemmung verwendet. Dadurch wird ein Alltagsbezug hergestellt. Wichtig ist an dieser Stelle, dass die Gefahren und gesundheitlichen Risiken solcher Diätmittel offen angesprochen werden, da Schüler*innen in der EF teilweise noch sehr unsicher bezüglich ihres Selbstwertgefühls sind, was sich oft in Unzufriedenheit mit dem eigenen Körper niederschlägt. Diesen Teil als „Medizinerkongress“ zu gestalten, sollte die Schüler*innen auffordern, die Wirkungsweise der Diättablette sowohl wissenschaftlich korrekt wie auch werbetechnisch angemessen zu präsentieren. Durch die Gestaltung des Flipcharts oder eines Plakats können sich die Schüler*innen kreativ ausleben, so entwickelten einige Gruppen werbeträchtige Slogans und passten ihre Präsentation

entsprechend an. Der Inhalt darf jedoch zu keinem Zeitpunkt in den Hintergrund rücken und eine Zuordnung zur Art der Hemmung muss zwingend erfolgen. Bei etwa sechs Gruppen pro Kurs wurde die Vorstellungsrunde durch den sich wiederholenden Inhalt teilweise langweilig, d.h. hier wäre eine Alternative im Vorstellungsmodus angebracht.



Abbildung 1. Schwamm-Modell.

Modelle kamen begrenzt zum Einsatz; eine einfache Art, das Schlüssel-Schloss-Prinzip zu veranschaulichen und sogar auf den Aspekt der Hemmung einzugehen, bietet das „Schwamm-Modell“. Aus einem gewöhnlichen Tafelschwamm wird dabei eine Ecke herausgeschnitten, die als aktives Zentrum fungiert und in die ein entsprechend geformter Gegenstand (z.B. Holzklötz, s. Abb. 1), der das Substrat darstellt. Ein anderer Körper kann als allosterischer Inhibitor wirken, wofür am Schwamm noch eine weitere Ecke/Rundung herausgeschnitten werden muss. Eine Modellkritik ist hier sicherlich notwendig, dennoch klärt das Modell auch noch einmal über die räumliche Struktur eines Enzyms auf und wird von den Schüler*innen als sehr hilfreich empfunden.

Die folgenden Unterkapitel geben näheren Aufschluss über das genutzte Arbeitsmaterial.

3.4 Arbeitsblätter

Die folgenden Arbeitsblätter können dem Anhang entnommen werden.

3.4.1 Starch experiment

3.4.2 Enzymes are biocatalysts

3.4.3 Enzymes do not just split substrate

3.4.4 Orlistat as an example for enzyme inhibition

4 Reflexion

Im Folgenden wird kurz auf die Eignung des Themas Enzymatik in Verbindung mit bilingualem Unterricht eingegangen. Auf Grundlage des Unterrichts im bilingualen Modul (über 10 Kurse) werden außerdem die gemachten Erfahrungen dargestellt und mögliche Probleme angesprochen. Hinzu kommt eine Bezugnahme auf die Rückmeldung von beteiligten

Schüler*innen (Interviewstudie), sodass Leser einschätzen können, wie das bilinguale Modul wahrgenommen wurde.

4.1 Eignung der Einheit für den bilingualen Unterricht

Die Einheit zur Enzymatik scheint auf den ersten Blick durch die biochemischen Inhalte und ihre Komplexität nicht besonders für ein bilinguales Modul geeignet zu sein. Oftmals schrecken Schüler*innen schnell vor Inhalten zurück, die auf zellulärer und molekularer Ebene erklärt werden müssen, da diese Eindrücke schwer nachvollziehbar scheinen.

Durch viele experimentell erfahrbare Phänomene wird das biochemische Wissen aber vorentlastet und besser zugänglich gemacht. Da die Inhalte kontinuierlich aufeinander aufbauen und man mit der kleinsten „Einheit“ beginnt, sind auch komplexere Themen gut begreifbar. Ein zusätzlicher Vorteil ist in der Enzymatik die ständige Möglichkeit, Bezüge zum täglichen Leben der Schüler*innen herzustellen, da Enzyme in allen Lebensprozessen vorkommen und ein Verständnis ihrer Wirkungsweise in Fragen wie Ernährung, Waschmittel etc. durchaus relevant ist.

4.2 Erlebte Schwierigkeiten beim Unterrichten

Beim Unterrichten des bilingualen Moduls hat sich gezeigt, dass es für eine zeitökonomische Durchführung kleiner Versuche (Beispiel: Stärkenachweis) stärker noch als im rein deutschsprachigen Unterricht notwendig ist, den Versuch klar und strukturiert für alle Schüler*innen anzuleiten. Auch wenn das Arbeitsblatt sehr reduziert wurde und die Schüler*innen wenig Schreibaufträge haben, ist das Verstehen und Umsetzen der Arbeitsaufträge mitunter problematisch gewesen. Im Zweifelsfall muss dieser Versuch als Demonstrationsversuch (mit Schülerassistenz) durchgeführt werden, obwohl dabei erste Berührungspunkte mit bilingualen Versuchsanleitungen wieder vermieden bzw. stärker eingeschränkt werden, was eigentlich eine gute Vorbereitung für die umfangreicheren Versuche mit den Abhängigkeiten der enzymatischen Reaktionen von pH, Temperatur und Konzentration bot.

Bei diesen drei zusammenhängenden Versuchen ist der erste Versuch wahrscheinlich allein aufgrund der Materialien herausfordernd für die Schüler*innen, die darauffolgenden zwei Versuche gehen aber deutlich schneller vonstatten, da sich die Prinzipien der Durchführung stark ähneln und die Schüler*innen zu dem Zeitpunkt das Material und den Aufbau kennengelernt haben. In den Kursen des bilingualen Moduls wurden die drei Versuche geblockt an einem Tag durchgeführt, wobei alle Schülergruppen (etwa 3-5 Schüler*innen pro Gruppe) ihren eigenen Arbeitsplatz mit Material hatten und die Versuche in der vorgegebenen Reihenfolge bearbeitet haben. Dies ist nur eine Variante. Eine andere Möglichkeit ist eine Durchführung als „Stationslauf“, wo man etwas stärker auf die gleichzeitige Beendigung der jeweiligen Versuche angewiesen ist, damit die Schüler*innen möglichst reibungslos zum nächsten Versuch rotieren können. Dies ist

insbesondere dann von Nöten, wenn einzelne Materialien nicht ausreichend oft vorliegen. Auch in diesem Fall können schnelle Gruppen aber mit Zusatzaufgaben, wie sie auf den Arbeitsblättern stehen, weiter themenspezifisch beschäftigt werden. Bei der Nachbesprechung der Versuche sollte im Kontext der Substratkonzentration die Michaelis-Menten-Konstante besprochen werden. In den Versuchskursen hat sich herausgestellt, dass dieser Inhalt sehr schwer zu begreifen ist. Hier bietet es sich an, einen gezielten Sprachwechsel zu vollführen und vielfältige Unterstützungsmethoden (unterschiedliche Darstellungsweisen etc.) zu nutzen.

Ein weiterer Punkt machte sich bei der Nachbesprechung der Versuche bemerkbar; die Schüler*innen konnten die Erkenntnisse aus den Versuchen oft im dargebotenen Kontext (Waschmittel) interpretieren, es gelang jedoch erst nach Aufforderung, das Verständnis auch auf andere Kontexte und Beispiele zu übertragen. Hier bietet sich eventuell eine spezielle Aufgabe mit der Erwähnung verschiedenster Alltagssituationen an, bei denen die Schüler*innen die Relevanz und Zusammenhänge der jeweiligen Enzyme und Substrate erläutern sollen.

Obwohl sprachliche Unterstützungsmethoden zur Verfügung standen, wurden diese von den Schüler*innen kaum bis gar nicht genutzt. Als Modifikation des bilingualen Moduls wurde deshalb in einigen Durchgängen versucht, jeweils am Ende der Stunde fünf bis zehn Minuten auf die sprachliche Arbeit zu verwenden. Angesichts von Versuchen und länger dauernden Arbeitsphasen war es jedoch nicht immer möglich, diesen „Puffer“ auch wirklich einzusetzen.

4.3 Rückmeldungen der Schüler*innen

Zur Durchführung der Enzymatikeinheit in einer bilingualen Form gab es durchaus gemischte Reaktionen seitens der Schüler*innen. Einige waren zumindest anfangs etwas gehemmt und es dauerte ein wenig, bis sie sich zutrauten, auch auf Englisch oder in einer Mischung aus Deutsch und Englisch den Unterricht mitzugestalten.

Clara (Name geändert), 15 Jahre alt und Teilnehmerin an dem bilingualen Modul, formuliert ihre Erwartungen im Vorfeld: *„Meine Erwartungen waren, dass ich dadurch mehr in der englischen Fachsprache, also mich weiter fortbilden kann, einfach mehr Fachwörter kennen lerne und vielleicht auch den Unterschied zu bemerken, also wie unterschiedlich die englischen Fachwörter von den deutschen Fachwörtern genau sind.“* Auf Nachfrage, ob diese Erwartungen auch erfüllt worden seien, antwortet sie: *„In dem Bereich der Enzymatik auf jeden Fall, da wir viel mit Fachwörtern gearbeitet haben, diese aber auch sehr gut erläutert wurden und ich auf jeden Fall mehr Fachwörter und auch die Unterschiede erkennen konnte zwischen den deutschen Fachwörtern und den englischen Fachwörtern.“* Dieses Zitat bestätigt, dass man keine Angst vor einem geringeren Lernzuwachs durch Hindernisse in der Fremdsprache haben muss. Der angesprochene Unterschied zwischen den Fachwörtern in den beiden Sprachen dürfte eigentlich nicht besonders groß sein, wenn man auf sprachliche Ursprünge (überwiegend lateinisch und griechisch) schaut, aber insbesondere Alltagsvokabular, welches in der Einheit zum Einsatz kam, weist einige Unterschiede auf.

Felix (Name geändert, 16 Jahre) betont, dass er „von den Enzymen alles gut verstanden“ hat und es ihm „auch Spaß gemacht [habe] die englischen Texte zu lesen und englische Begriffe [...] zu lernen“. Trotz der biologischen Fachbegriffe konnte er „alles verstehen und nachvollziehen“. Das Interview mit Felix gibt außerdem Aufschluss darüber, wie er ausgerechnet das Fach Biologie in der bilingualen Ausrichtung bewertet:

„Also bilingualer Unterricht in Pädagogik würde ich mir, sage ich mal, Pädagogik würde ich mir einfach vorstellen glaube ich als in Biologie, weil es da nicht so viele Fachbegriffe gibt und in Bio halt schon. Ich glaube, [...] Bio oder Physik oder Chemie [...] sind glaube ich die Fächer, wo man am meisten neue oder viele Fachbegriffe verstehen muss, sage ich mal, Enzyme oder halt bestimmt so was wie Aminosäuren, Peptidbindungen, es ist schon auf Englisch, also es ist verständlich auf jeden Fall auf Englisch [...] was gibt es noch, in Erdkunde [...] würde ich mir auf Englisch auf jeden Fall einfacher glaube ich vorstellen als in Bio.“

Er betont, dass es sicher noch leichtere Fächer gibt als die Naturwissenschaften, um bilingual zu unterrichten. Er gibt aber zu, dass er dem bilingualen Biologieunterricht trotz der Fachbegriffe gut folgen konnte und alles verstanden hat.

Diese Rückmeldungen zeigen, dass bilingualer Biologieunterricht ein Versuch wert ist und man sich durch anfangs zurückhaltende Schüler*innen nicht ermutigen lassen sollte. Bilinguale Module eignen sich gut, um etwas Abwechslung in den Unterricht zu bringen und Schüler*innen differenziert zu fördern, sodass interessante Impulse für das schulische Leben entstehen.

5 Förderhinweis

Dieses Projekt wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1608 gefördert.

6 Literaturverzeichnis

- Bohn, M., & Doff, S. (2010). Biologie bilingual: Die Perspektive der Unterrichtspraxis. In S. Doff (Hrsg.), *Bilingualer Unterricht in der Sekundarstufe: eine Einführung* (S. 72-87). Tübingen: Narr.
- Brown, H., & Bradford, A. (2017). EMI, CLIL, & CBI: Differing Approaches and Goals. In P. Clements, A. Krause, & H. Brown (Hrsg.), *Transformation in language education* (S. 328-333). Tokyo: JALT.
- Costa, F., & D'Angelo, L. (2011). CLIL: A Suit for All Seasons. *Latin American Journal of Content & Language Integrated Learning*, 4(1), 1-13. <https://doi.org/10.5294/laclil.2011.4.1.1>
- Coyle, D., Hood, P., & Marsh, D. (2010). *CLIL - Content and Language Integrated Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dalton-Puffer, C. (2011). Content-and-Language Integrated Learning: From Practice to Principles? *Annual Review of Applied Linguistics*, 31, 182-204. <https://doi.org/10.1017/S0267190511000092>

- Diehr, B. (2016). Doppelte Fachliteralität im bilingualen Unterricht. Theoretische Modelle für Forschung und Praxis. In B. Diehr, A. Preisfeld & L. Schmelter (Hrsg.), *Bilingualen Unterricht weiterentwickeln und erforschen* (S. 57-84). Frankfurt a. Main: Peter Lang.
- Dreher, H., & Hämmerling, H. (2009). CLIL-Module: Konzepte und Methoden. In S.-A. Ditze & A. Halbach (Hrsg.), *Mehrsprachigkeit in Schule und Unterricht. Bilingualer Sachfachunterricht (CLIL) im Kontext von Sprache, Kultur und Multiliteralität* (S. 147-161). Frankfurt am Main: Peter Lang.
- KMK (2013). Bericht „Konzepte für den bilingualen Unterricht – Erfahrungsbericht und Vorschläge zur Weiterentwicklung“. Abgerufen von http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2006/2006_04_10-Konzepte-bilingualer-Unterricht.pdf
- Krechel, H.-L. (2003). Bilingual Modules: Flexible Formen bilingualen Lehrens und Lernens. In M. Wildhage (Hrsg.), *Praxis des bilingualen Unterrichts* (S. 194-216). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- MSW NRW (2011). Bilingualer Unterricht in Nordrhein-Westfalen. Abgerufen von https://www.schulministerium.nrw.de/docs/Schulsystem/Unterricht/Lernbereiche-und-Faecher/Fremdsprachen/Bilingualer-Unterricht/Kontext/Broschuere_Bilinguale-Unterricht-in-NRW.pdf
- MSW NRW (2013). Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen: Biologie. Abgerufen von http://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SII/bi/GOST_Biologie_Endfassung.pdf
- MSW NRW (2014). Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen: Englisch. http://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SII/e/KLP_GOST_Englisch.pdf
- Piesche, N., Jonkmann, K., Fiege, C., & Keßler, J.-U. (2016). CLIL for all? A randomised controlled field experiment with sixth-grade students on the effects of content and language integrated science learning. *Learning and Instruction*, 44, 108-116. doi: 10.1016/j.learninstruc.2016.04.001
- Preisfeld, A. (2016). Die Bedeutung bilingualen Experimentalunterrichts in Biologie für die fachliche und sprachliche Kompetenz. In B. Diehr, A. Preisfeld, & L. Schmelter (Hrsg.), *Bilingualen Unterricht weiterentwickeln und erforschen* (S. 103-123). Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Richter, R., & Zimmermann, M. (2003). Biology: Und es geht doch: Naturwissenschaftlicher Unterricht auf Englisch. In M. Wildhage (Hrsg.), *Praxis des bilingualen Unterrichts* (S. 116-146). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Schmidt, K. (2015). Bilingualer Unterricht: innovativ - integrativ - diskursiv. In G. Linke & K. Schmidt (Hrsg.), *Immersion und bilingualer Unterricht (Englisch): Erfahrungen - Entwicklungen - Perspektiven* (S. 131-147). Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.

- Verriere, K. (2014). Bilinguale Module im Mathematikunterricht und ihr Einfluss auf die Lernbereitschaft der Schüler/innen für das Sachfach. Trier: WVT Wiss. Verl.
- Vollmer, H. J. (2005). Förderung des Spracherwerbs im bilingualen Sachfachunterricht. In G. Bach & S. Niemeier (Hrsg.), *Bilingualer Unterricht: Grundlagen, Methoden, Praxis, Perspektiven* (3. überarb. und erw. Aufl.) (S. 131-150). Frankfurt a. Main: Peter Lang.
- Wolff, D. (2013). CLIL als europäisches Konzept. In W. Hallet, & F.G. Königs (Hrsg.), *Handbuch Bilingualer Unterricht – Content and Language Integrated Learning* (S. 18-25). Seelze: Klett Kallmeyer.