

Freie Universität Berlin
Fachbereich Didaktik der Mathematik
Institut für Mathematik

Masterarbeit

**Fachdidaktik Mathematik
Dr. Martina Lenze**

**Entwicklung von Aufgaben für
selbstständigkeitsorientierte Lernsituationen zur
Förderung von Grundvorstellungen zu Funktionen
im bilingualen Fachunterricht**

vorgelegt von

Dirk Lullies
Berlin, Mai 2021

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	CLIL – Begriffsbestimmung und didaktische Verankerung	3
2.1	CLIL – Begriffsbestimmung und Historie	3
2.2	CLIL – Diskussion über Ziele und Effekte	6
2.3	CLIL – Spezifika der Zielsprache Französisch	12
2.4	CLIL – Prinzipien der Umsetzung	14
3	Selbstständigkeitsorientierte Lernsituationen (SOL) – Begriffsbestimmung und didaktische Verankerung	17
3.1	SOL – Bestandteile und didaktischer Anspruch	17
3.2	Lernaufgaben – SOL trifft Kompetenzorientierung	19
3.3	Lernaufgaben – Prinzipien der Umsetzung	21
4	Methodisches Vorgehen dieser Arbeit	24
4.1	Synthese – Umsetzung von CLIL	25
4.2	Synthese – Umsetzung der Lernaufgabe	28
5	Sach- und didaktische Analyse: Sachfach	30
5.1	Funktionen – Sachanalyse	30
5.2	Funktionen als Leitidee – curriculare Einordnung	32
5.3	Funktionen als Leitbegriff – Lernmodelle	33
5.4	Grundvorstellungen – didaktische Analyse	35
5.5	Grundvorstellungen – Aktivierung und Förderung	36
6	Sach- und didaktische Analyse: sprachliche Voraussetzungen	38
6.1	Sprachliche Voraussetzungen – didaktische Analyse	38
6.2	Sprachliche Voraussetzungen – Sachanalyse	41
7	Praktischer Teil: Aufgabenentwicklung	44
7.1	Lernaufgabe in deutscher Übersetzung	47
7.2	Standardkonkretisierung für das Sachfach	50
7.3	Standardkonkretisierung für das Sprachfach	53
8	Reflexion	55
9	Ausblick	57

1 Einleitung

Bilingualer Unterricht boomt – weltweit und insbesondere in Europa. Auch in der Bundesrepublik Deutschland erfreuen sich zweisprachige Bildungsgänge unter anderem bei bildungsbewussten Eltern einer hohen Beliebtheit. Obgleich die statistische Datenlage für Deutschland zurzeit einige Jahre veraltet ist – die letzte ausführliche Erhebung beschränkt sich auf Kitas und Grundschulen und stammt aus dem Jahr 2014¹ – setzt sich der Anstieg zweisprachig unterrichtender Bildungseinrichtungen hierzulande aktuellen Stichproben zufolge weiter fort.²

Vor allem das als CLIL bekannt gewordene Unterrichtsmodell – das Akronym steht für „Content and Language Integrated Learning“ und bezeichnet in einer schulischen Fremdsprache erteilten Sachfachunterricht – wird aktiv von der Europäischen Kommission propagiert, um das politische Ziel der Mehrsprachigkeit in der EU zu erreichen. Das Ziel, dass alle Bewohner*innen der Europäischen Union sich am Ende ihrer Schullaufbahn in (mindestens) drei Gemeinschaftssprachen verständigen können, geht auf ein Weißbuch aus dem Jahr 1995 zurück und ist seitdem mehrfach von EU-Institutionen aufgegriffen worden.³

Heutzutage hat sich CLIL als Leitidee für bilingualen Unterricht in der Europäischen Union weitgehend durchgesetzt. Es sei ohne Ausnahme in den Bildungseinrichtungen aller EU-Staaten zu finden, bilanzieren Pérez, Lorenzo und Pávon.⁴ In einem Aktionsplan zur Förderung des Sprachenlernens bekennt sich die EU-Kommission sogar namentlich zu CLIL, denn dieses könne „einen wichtigen Beitrag zu den Sprachlernzielen der Union leisten“.⁵ Unterstützer des Modells betonen vor allem die positiven Auswirkungen auf den Fremdspracherwerb und auf die Motivation der Lernenden.⁶ Pérez Cañado bezeichnet CLIL gar als die „innovativste didaktische Reform der letzten Jahrzehnte“.⁷

¹ siehe die entsprechende Studie des FMKS e.V. (2014)

² vgl. Böttger (2017), S. 1

³ vgl. Europäische Kommission (1995), S. 59
vgl. De Smet et al. (2018): S. 50

⁴ Pérez/Lorenzo/Pavón (2015), S. 488

⁵ Europäische Kommission (2003), S. 9

⁶ zur wissenschaftlichen Diskussion über die Effekte von CLIL siehe Kapitel 2.2

⁷ Pérez Cañado (2019), S. 1

Aus der didaktischen Perspektive selbst ist allerdings noch einiges zu tun. CLIL sei noch „weit davon entfernt, ein konsolidiertes und vollständig artikuliertes didaktisches Modell zu sein“, lautet die Kritik aus der Wissenschaft. Es mangle nicht nur an einer theoretischen Untermauerung, sondern auch an einem konzeptuellen Rahmen, „der sowohl kohärent als auch auf verschiedene lokale Gegebenheiten anpassbar ist“.⁸ Andere Forscher kritisieren den Mangel an geeignetem, den spezifischen Bedürfnissen dieses bilingualen Unterrichts entsprechendem Material wie Lehrplänen, Arbeitsblättern und Tutorials.⁹

Mit dieser Arbeit soll dazu beigetragen werden, hier ein Stück weit Abhilfe zu schaffen. Passend zur Chronologie der bisherigen Studien zu CLIL, das zunächst vor allem als „zentrales Feld der Fremdsprachenforschung“ galt¹⁰, in der Folgezeit aber immer stärker auch aus der Perspektive der Sachfächer betrachtet wurde, soll es hier um konkrete Umsetzungsmöglichkeiten für den bilingualen Sachfachunterricht im Fach Mathematik gehen. Konkret wird sich diese Masterarbeit der Entwicklung von Aufgaben für selbstständigkeitsorientierte Lernsituationen zur Förderung von Grundvorstellungen zu Funktionen widmen. Das Konzept der Grundvorstellungen nimmt in der Mathematikdidaktik eine wichtige Rolle ein: Sie können als Bindeglieder zwischen realen Sachverhalten und mathematischen Konzepten definiert werden und ermöglichen es Lernenden, letztere durch die Verknüpfung mit ihrem Vorwissen einem „intuitiveren“ Verständnis zugänglich zu machen.¹¹

Zum Vorgehen und zur Methodik der Masterarbeit:

Nach einer literaturbasierten, theoretischen Diskussion der verschiedenen Konzeption(en) bilingualen Unterrichtens sowie der bisherigen empirischen Studien zu Zielen, Vor- und Nachteilen von CLIL wird es zunächst um das Herauskristallisieren möglichst allgemeingültiger Unterrichtsprinzipien zur Gestaltung von CLIL-Unterrichtseinheiten anhand der bestehenden Fachliteratur gehen. Ausgehend von die-

⁸ Dalton-Puffer (2008), S. 8
aktueller: Beacco (2019), S. 10: CLIL sei relativ klar, was die Inhalte betreffe, es gebe aber keine kohärente Organisation der Aktivitäten im Unterricht, vor allem was das Verhältnis zwischen fachlichen und sprachlichen Aktivitäten betrifft.

⁹ siehe beispielsweise Morgado (2018), S. 133 und Klimova (2012), S. 573

¹⁰ Doff (2010), S. 11 zitiert in Schwab/Keßler/Hollm (2014), S. 5

¹¹ vgl. Bender/Peter (2009), S. 51ff

sen Prinzipien – und unter Berücksichtigung der Zielsprache Französisch und ihrer spezifischen Eigenheiten in linguistischer wie in curricularer Hinsicht – geht es dann nach einer analogen Synthese von Strukturprinzipien und Qualitätskriterien für sogenannte Lernaufgaben (als Verkörperung einer selbstständigkeitsorientierten Lernsituation) um die Entwicklung einer solchen Lernaufgabe für eine CLIL-Unterrichtseinheit an der gymnasialen Oberstufe im achten Schul- und zweiten Sprachlernjahr. Sie basiert auf fachdidaktischen Erkenntnissen zur Begriffsbildung und zu Grundvorstellungen im Bereich der Mathematikdidaktik und vereint im optimalen Fall die fachdidaktischen Anforderungen an Lernaufgaben und die abgeleiteten Prinzipien für CLIL.

2 CLIL – Begriffsbestimmung und didaktische Verankerung

2.1 CLIL – Begriffsbestimmung und Historie

Die Abkürzung CLIL steht für „Content and Language Integrated Learning“ (auf Französisch lautet das Akronym EMILE = „Enseignement des Matières par l’Intégration d’une Langue Étrangère“), also für das „integrierte“ Sachfachlernen in einer Fremdsprache. Obgleich bilingualer Sachfachunterricht als solcher eine deutlich längere Geschichte hat (als Beispiele mögen die Ausführungen in Kapitel 2.3 oder bilinguale Programme für die Kinder von EU-Eliten dienen), ist der Terminus CLIL weniger als 30 Jahre alt und geht auf das Jahr 1994 und David Marsh von der finnischen University of Jyväskylä zurück.¹²

Inspiziert ist das Modell von kanadischen Immersionsprogrammen, grenzt sich aber auch von diesen ab.¹³ Der Vorbildcharakter Kanadas erklärt sich unter anderem durch die umfangreiche wissenschaftliche Begleitforschung zu den Effekten des immersiven Unterrichts in einer Fremdsprache, die inzwischen Tausende von Fachartikeln umfasst.¹⁴

¹² vgl. Šulistová (2013), S. 47; vgl. Oliver et al. (2019), S. 82

¹³ Als Immersion – „Eintauchen“ – wird ein Unterrichtsmodell verstanden, bei dem 50 bis annähernd 100 Prozent des Curriculums in der Fremdsprache erfolgen.

¹⁴ vgl. Pérez/Lorenzo/Pavón (2015), S. 487; vgl. Wesche (2002), S. 357

Nach einer oft zitierten Definition des europäischen Bildungsinformationsnetzwerks Eurydice wird CLIL „als generischer Begriff gebraucht, um alle Formen von Unterricht zu beschreiben, in dem eine zweite Sprache (eine Fremd-, Regional-, Minderheiten- und/oder andere offizielle Landessprache) benutzt wird, um Fächer zu unterrichten, die selbst keine Fremdsprachen-Fächer sind.“¹⁵ Eine ähnliche Definition findet sich bei Coyle, wonach CLIL „ein didaktischer Ansatz mit doppeltem Fokus ist, in dem eine zusätzliche Sprache benutzt wird, um sowohl Sprache als auch Sachinhalte zu lernen und zu lehren“¹⁶.

Surmont et al. beschreiben CLIL wiederum als „aufgabenbasierten Ansatz des Sprachenlernens, der sich durch die Benutzung der [Ziel-] Sprache während des Behandelns von sachfachlichen Inhalten auszeichnet.“¹⁷ Nicht zuletzt auf diesen definitorischen Bezug zur Aufgabenorientierung geht die Themenwahl dieser Masterarbeit zurück.¹⁸ Man sieht an den drei Definitionen zudem, dass der Fokus je nach Betrachtungsweise auf der Sprache und/oder dem Sachfach liegen kann.

Nicht jeder bilingualer Sachfachunterricht fällt automatisch unter den Begriff CLIL. So grenzen beispielsweise Coyle und Böttger CLIL explizit von anderen Formen bilingualen Sachfachunterrichts ab: CLIL sei ein integrierter Ansatz und bedinge damit eine spezielle Didaktik, „nur“ bilingualer Sachfachunterricht schließe dagegen die explizite Vermittlung der Fremdsprache aus.¹⁹ Von beidem unterscheidet Böttger die Immersion – 50 bis annähernd 100 Prozent der Fächer (mit Ausnahme der Erstsprache, folgend L1 genannt) werden einige Jahre lang in der Fremdsprache unterrichtet – sowie das „Lernen in zwei Sprachen“ als niedrigschwellige Abwandlung von CLIL, bei welcher der Sprachumfang reduziert sei und das Verwenden der L1 unterstützend erlaubt.²⁰

Wieder andere Forscher unterscheiden „hard CLIL“ von „soft CLIL“: Bei erstem stehe das Sachfach im Vordergrund, bei zweitem das Sprachlernziel.²¹ Bentley definiert diese Differenz beispielsweise

¹⁵ Eurydice (2006), S. 8

¹⁶ Coyle (2007b), S. 1 zitiert in Pérez/Lorenzo/Pavón (2015), S. 488

¹⁷ Surmont et al. (2016), S. 320

¹⁸ zur Rolle der Aufgabenorientierung siehe auch Ball/Kelly/Clegg (2015): S. 176

¹⁹ vgl. Böttger (2017), S. 2ff; vgl. Coyle (2007a), S. 543ff

²⁰ vgl. Böttger (2017): S. 5; zur Immersion vgl. auch Oliver et al. (2019): S. 82

²¹ vgl. Šulistová (2013): S. 47

quantitativ: Bei „soft CLIL“ werden im Rahmen des Sprachunterrichts vereinzelt Sachinhalte unterrichtet, bei „hard CLIL“ erfolgt das halbe Curriculum in der Zielsprache (hier erfolgt eine Überschneidung mit dem Immersionsbegriff).²² Bruton dagegen differenziert danach, ob die Fremdsprache durch zuvor in der L1 erworbene Sachinhalte, ob Sprache und Sachfachinhalt gleichzeitig oder ob erst die Sprache und dann der Sachinhalt gelehrt wird.²³ Es wundert daher nicht, dass das Modell CLIL auch als Sammelbegriff bezeichnet wird, „um eine Vielfalt von Praktiken zu beschreiben, die Sprache und Inhalt integrieren.“²⁴

Curricular kann man in Anlehnung an die oben genannte Differenzierung im deutschen Sprachraum zwischen Zweigen bzw. Zügen und Modulen von CLIL unterscheiden. Als Modul wird die Zielsprache nur in einzelnen Unterrichtssequenzen verwendet, also für einen begrenzten Zeitraum in abgegrenzten Fächern. Als Zug wird CLIL für bestimmte Klassen ab einer gewissen Jahrgangsstufe durchgehend in mehreren Fächern durchgeführt. Einst dem Gymnasium vorbehalten, findet das Modell CLIL zunehmend auch in anderen Oberschulen Anklang.²⁵

Abseits dieser deskriptiven Definitionen wird mit CLIL oft auch ein normativer Anspruch verbunden: Es gilt als „innovativer Ansatz, dynamisch und motivierend, ein Versuch, die Beschränkungen traditioneller Curricula zu überwinden“²⁶ oder als „Antwort auf den Bedarf an Zweisprachigkeit“ und die abnehmende Zahl der Fremdsprachenlerner*innen.²⁷ Es integriere gleichermaßen Inhalt, Kommunikation (insbesondere als Redezeit der Lernenden), Kognition und Kultur und trage so zur Herausbildung einer neuen, offeneren Identität bei.²⁸

²² vgl. Bentley (2013), S. 6

²³ vgl. Bruton (2011), S. 524

²⁴ Oliver et al. (2019), S. 82

²⁵ vgl. Fehling (2005): S. 27 zitiert in Ohlberger/Wegner (2018), S. 46

²⁶ Novotná/Hofmannová (2000), S. 1

²⁷ vgl. Oliver et al. (2019), S. 81 bezogen auf die Situation in Australien

²⁸ vgl. Pérez/Lorenzo/Pavón (2015), S. 497; vgl. Bentley (2013), S. 7; vgl. Nikula (2007) zitiert in Dalton-Puffer (2008), S. 10

2.2 CLIL – Diskussion über Ziele und Effekte

Es sei „eher schwierig, explizite Aussagen über die genauen Ziele zu erhalten, die mit CLIL verfolgt werden“, bemängelt Dalton-Puffer und führt als eine Art kleinsten gemeinsamen Nenner mehr Kontakt mit der Zielsprache und mehr Übung in ihr an, was dadurch letztlich zu einer gesteigerten Sprachkompetenz der Lernenden führe.²⁹

Andere Autoren haben weitere Ziele des CLIL-Unterrichts identifiziert: Neben dem bekannten politischen Ziel der Mehrsprachigkeit in der EU wird beispielsweise von der Landesregierung Nordrhein-Westfalen auch auf berufliche Anforderungen verwiesen, auf die CLIL reagiere.³⁰

Fachlich-inhaltliche Ziele zählt unter anderem Bentley auf:³¹

- die Verbesserung von Sachwissen und L2-Sprachproduktion
- die Verbesserung von Fachsprachproduktion
- die Vermittlung neuer Konzepte durch den Sprachwechsel
- die Förderung von Sprachbewusstheit und -selbstkonzept
- die Vermittlung sozial-kultureller Werte wie des Bürgersinns

Zusätzlich dazu könnte man mit Sulistová und Klimova hinzufügen:³²

- das Bekämpfen von Vorurteilen und kultureller Selbstisolation
- den Erwerb interkultureller und kommunikativer Kompetenzen

Viebrock ergänzt – konkret für CLIL im Sachfach Mathematik – das Ziel, „mathematical literacy“ mithilfe eines fächerübergreifenden, multi-kontextuellen Ansatzes zu entwickeln. Dabei versteht sie besagte „literacy“ im Sinne der OECD als „individuelle Fähigkeit, die Rolle von Mathematik in der Welt zu sehen und zu begreifen, gut begründete Urteile zu fällen und Mathematik entsprechend den Bedürfnissen als konstruktive, besorgte und reflektierte Bürger*innen zu nutzen.“³³

²⁹ vgl. Dalton-Puffer (2008), S. 2

³⁰ vgl. Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2020); vgl. ähnlich Böttger (2017), S. 7 bezogen auf die frühe Bilingualität

³¹ vgl. Bentley (2013), S. 6

³² vgl. Šulistová (2013), S. 50; vgl. Klimova (2012), S. 573

³³ OECD-Definition zitiert in Viebrock (2009), S. 123; weibliche Form ergänzt

Betrachtet man die empirische Forschung über die Effekte von CLIL, so ist die Datenlage allerdings alles andere als eindeutig. Stattdessen stehen sich zwei Lager gegenüber: Während das eine eine Vielzahl von positiven Effekten gefunden zu haben meint, spricht das andere von einer Verzerrung der Ergebnisse durch die Selektivität der Bezugsgruppen. Für beide gilt, dass alle Aussagen sich auf Lernende beziehen, die kompetente Sprecher der L1 sind. Sie lassen sich nicht ohne Weiteres auf Lernende mit L1-Sprachproblemen übertragen.³⁴

Zu den Effekten im Einzelnen:

Grundsätzlich betrachtet bietet CLIL nach Volmer et al. schon rein zeitlich einen curricularen Synergieeffekt, denn es bietet die Möglichkeit, Sachfach und Sprache in derselben Unterrichtszeit zu lernen.³⁵

Erkenntnisse aus der Hirnforschung lassen zudem darauf schließen, dass bilingual aufwachsende Kinder – gemeint ist der frühkindliche bilinguale Spracherwerb vor dem Bezug auf schulische Kontexte – später in ihrer Schullaufbahn von einer gesteigerten metasprachlichen Sensibilisierung profitieren, also der Fähigkeit, die Struktur von Sprache zu reflektieren und den Fokus vom Inhalt auf die Form zu lenken. Diese metalinguistischen Fähigkeiten wirken sich offenbar auch auf den Erwerb sprachfremder Kompetenzen aus, zum Beispiel durch eine verbesserte Selbstkorrektur und mehr Selbstvertrauen in eigene Lösungsansätze im Bereich der Mathematik.³⁶ Surmont et al. äußern die These, dass dies auch für Schüler*innen gelten könnte, die ihre Bilingualität in einem frühen Spracherwerbsstadium durch CLIL erhalten.³⁷ Das dürfte insbesondere für CLIL-Zweige gelten, die schon in der Grundschule starten; die empirische Evidenz steht aber noch aus.

Ohne diesen Bezug zur frühen Bilingualität sehen viele Autoren den wesentlichen Effekt von CLIL darin, dass es den Lernfortschritt in der L2 signifikant erhöhe. Insbesondere betreffe dies das Hörverstehen und den Fachwortschatz.³⁸ Das gilt offenbar sowohl für eine frühe Ein-

³⁴ vgl. Wesche (2002), S. 358

³⁵ vgl. Volmer/Grabner/Saalbach (2018), S. 72; vgl. Oliver et al. (2019), S. 99

³⁶ vgl. Surmont et al. (2016), S. 322; vgl. Clarkson (2007) zitiert ebd., S. 322f

³⁷ vgl. Surmont et al. (2016), S. 329

³⁸ vgl. Dalton-Puffer (2008), S. 5; vgl. DIPF (2006) zitiert in Böttger (2017), S. 6; vgl. Oliver et al. (2019), S. 83; vgl. Lorenzo/Casal/Moore (2009), S. 10

führung von CLIL in der Grundschule als auch für später einsetzende Module oder Züge, wie Lorenzo et al. zusammenfassend aus eigenen empirischen Daten und den Publikationen anderer darlegen. Es gilt laut Dalton-Puffer auch für durchschnittlich begabte Sprachlernende sowie insbesondere im Vergleich zum traditionellen Fremdsprachenunterricht.³⁹ Wie empirische Daten aus Spanien zeigen, profitiert der L2-Erwerb durch CLIL nicht nur mit Blick auf die Zielsprache Englisch, sondern auch in der Zielsprache Französisch – und damit potenziell in diversen Sprachen, die nicht den Status der Hauptverkehrssprache haben.⁴⁰ Methodisch wurden bei diesen Studien Lernende der bilingualen Zweige den Lernenden anderer Zweige an denselben Schulen gegenübergestellt⁴¹ oder die Ergebnisse von CLIL-Zügen mit denen von Nicht-CLIL-Zügen bei Hochschul-Zugangstests verglichen.⁴²

„Trotz aller Unterschiede, die zwischen Zielsprachen bezüglich Status, Einstellungen und inner- sowie außerschulischem Ausgesetztsein bestehen“, schlussfolgern Baten et al., können in ihnen – bei ähnlicher zeitlicher Exposition – vergleichbare Fortschritte erzielt werden.⁴³

Für diesen Vorteil im Fremdspracherwerb müssen die Lernenden kaum anderweitige Abstriche machen, im Gegenteil: Mit Blick auf die L1 sind durch CLIL zumindest keine Nachteile zu erwarten, Autoren wie Volmer und Gajo sehen sogar Vorteile.⁴⁴ Eine höhere Motivation der Lernenden sei ebenfalls festzustellen, ebenso eine positive Wirkung auf affektive Variablen wie Lernfreude und Ängstlichkeit im Unterricht (abhängig von der Klassenstufe und der jeweiligen Zielsprache).⁴⁵ Desweiteren gebe es unter den Lernenden positivere Einstellungen zu lebenslangem Lernen und grenzübergreifenden Karrieren.⁴⁶ Auch bei diesen Studien kam es methodisch meist zu einer Gegenüberstellung

³⁹ vgl. Lorenzo/Casal/Moore (2009), S. 12; vgl. Dalton-Puffer (2008), S. 5

⁴⁰ vgl. Pérez/Lorenzo/Pavón (2015), S. 501; vgl. Lorenzo/Casal/Moore (2009), S. 11; vgl. Baten/Van Hiel/De Cuypere (2020), S. 330

⁴¹ vgl. Lorenzo/Casal/Moore (2009), S. 5

⁴² vgl. Pérez/Lorenzo/Pavón (2015), S. 494f

⁴³ Baten/Van Hiel/De Cuypere (2020), S. 33

⁴⁴ vgl. Volmer/Grabner/Saalbach (2018), S. 74; vgl. Lorenzo/Casal/Moore (2009), S. 3; vgl. Goris/Denessen/Verhoeven (2019), S. 691; vgl. Gajo/Berthoud (2008), S. 3

⁴⁵ vgl. De Smet et al. (2018), S. 48, 56ff; vgl. Oliver et al. (2019), S. 83; vgl. Goris/Denessen/Verhoeven (2019), S. 676

⁴⁶ vgl. Pérez/Lorenzo/Pavón (2015), S. 497

von CLIL-Lernenden mit Nicht-CLIL-Zweigen als „Kontrollgruppe“.⁴⁷

Bezogen auf das Sachfach findet sich ebenfalls viel Licht und wenig Schatten. Zwar könnte das Lerntempo etwas geringer als beim Unterricht in der Muttersprache ausfallen,⁴⁸ diverse Studien belegen aber gleichwohl neutrale bis positive Auswirkungen auf die fachlichen Leistungen.⁴⁹ Marsh spricht folglich von einem verbessertem Spracherwerb, der nicht auf Kosten der Sachinhalte gehe.⁵⁰ Selbst in Prüfungen, die in der L1 erfolgten, ließ sich ein Leistungsvorsprung feststellen.⁵¹ Als Begründung wird vermutet, dass CLIL analog zur frühkindlichen Bilingualität positive Auswirkungen auf diverse kognitive Funktionen habe und das gesteigerte metasprachliche Bewusstsein beispielsweise auch beim Erlernen der „Sprache der Mathematik“ helfe.⁵² Nach Prochazkova erleichtert die symbolische und visuelle Darstellbarkeit von Mathematik sogar das Lernen in CLIL, indem die „Sprache der Mathematik“ eine „Verständnis-Brücke“ hin zur L2 bildet.⁵³ Eine Minderheit von Studien stellt indes negative Effekte für das Sachfach fest, geht aber von curricularen Lösungsmöglichkeiten dafür aus.⁵⁴

Konkret auf die Fremdsprache Französisch bezogen, berichtet eine Vergleichsstudie von Bournot-Trites und Reeder zu unterschiedlichen Fremdsprachanteilen im Unterricht, dass der Sachunterricht auf Französisch nicht zu weniger mathematischen Leistungen führt – im Gegenteil gebe es sogar einen positiven Effekt auf in der L1 abgerufene Leistungen.⁵⁵ Demgegenüber beklagt Volmer „kognitive Kosten“ beim Abruf von Fachleistungen. Diese hängen aber weniger von der Sprache als solcher als vielmehr von etwaigen Sprachwechseln zwischen

⁴⁷ vgl. De Smet et al. (2018), S. 55f; pars pro toto

⁴⁸ vgl. Volmer/Grabner/Saalbach (2018), S: 76

⁴⁹ vgl. Dalton-Puffer (2008), S. 4; vgl. Gajo/Berthoud (2008), S. 3

vgl. Lorenzo/Casal/Moore (2009), S. 3 konkret für das Sachfach Mathematik zitiert in Bruton (2011), S. 523

⁵¹ vgl. Dalton-Puffer (2008), S. 4

⁵² vgl. Surmont et al. (2016), S. 323: Wenn man Mathematik als Sprache begreift, kann es sein, dass bilinguale Sprecher diese Sprache schneller erwerben.

⁵³ vgl. Prochazkova (2013), S. 25

⁵⁴ vgl. Dalton-Puffer (2008), S. 4;

vgl. Fernández-Sanjurjo/Fernández-Costales/Blanco (2017), S. 7ff

⁵⁵ vgl. Bournot-Trites/Reeder (2001), S. 40. Es handelt sich zwar um einen Immersionskontext, das 50:50-Modell kommt aber CLIL recht nahe.

der L1 als Lernsprache und der L2 als Prüfungssprache ab.⁵⁶

Damit liegen die Studien zu CLIL auf einer Linie mit den Erkenntnissen der kanadischen Immersionsforschung. Diese stellt am Ende der Schullaufbahn ebenfalls ein deutlich besseres Niveau in der L2 ohne Nachteile für den Kompetenzerwerb im Sachfach fest, insbesondere bei sehr jung Beginnenden. Bei älteren Lernenden ist nach dem Wechsel in die Immersion zuweilen ein zeitweiser Einbruch der schulischen Leistungen zu sehen, der sich aber in den Folgejahren nivelliert.⁵⁷

Wie eine Meta-Studie zeigt, haben selbst schwächere Lernende keine generelle Benachteiligung durch eine immersive Beschulung, sofern sie gezielt Unterstützung erhalten, um ihre Defizite zu kompensieren.⁵⁸ Auch bezogen auf CLIL und Deutschland sind die Ergebnisse von Modellversuchen in der nicht-gymnasialen Oberstufe trotz anfänglicher Skepsis ermutigend: Bilinguales Lernen scheint auch für Haupt- und Realschüler*innen realisierbar zu sein, ohne sie sprachlich und fachlich zu überfordern. Es bedarf allerdings eines an die Bedürfnisse dieser Lernenden angepassten Ansatzes, beispielsweise durch eine stärkere didaktische Reduktion sprachlicher und inhaltlicher Aspekte.⁵⁹

Doch was, wenn all das gar nicht so stimmt? Das behauptet eine Gruppe kritischer Forscher. So diagnostiziert Bruton in mehreren spanischen Studien zu CLIL methodische Schwächen, welche die Generalisierbarkeit und Vergleichbarkeit der Ergebnisse verfälschen würden. CLIL sei selektiv, und das sei wahrscheinlich auch gut so, denn ohne Selektion sei „die Herausforderung ... vielleicht überambitioniert“.⁶⁰

Ein Review von Goris et al. kommt mit ähnlicher Argumentation zu ernüchternden Ergebnissen für CLIL am Beispiel von Englisch als Zielsprache: Da es aufgrund vorab vorhandener Sprachkompetenz und der Selektivität der CLIL-Programme in vielen EU-Staaten wie Deutschland, Schweden und den Niederlanden zu einem Startvorteil der CLIL-Lernenden komme, lasse sich die These des besseren Spracherwerbs kaum belegen. Um diesen Effekt bereinigt, ergebe sich

⁵⁶ vgl. Volmer/Grabner/Saalbach (2018), S. 72, 87ff

⁵⁷ vgl. Wesche (2002), S. 363

⁵⁸ vgl. Genesee (2007) zitiert in Schwab/Keßler/Hollm (2014), S. 6

⁵⁹ vgl. Schwab/Keßler/Hollm (2014), S. 30; vgl. Witzigmann (2013), S. 163

⁶⁰ Bruton (2011), S. 530f

allein für Spanien – hier sind neuere Studien gemeint, die von Brutons Kritik des selektiven Zugangs nicht betroffen sind – eine eindeutige Studienlage zugunsten signifikanter Effekte von CLIL.⁶¹ Goris et al. vermuten daher, dass CLIL vielleicht eher in Ländern klare Effekte produziere, in denen das vorab vorhandene Fremdsprachen-Wissen der Lernenden (= das Vorwissen vor Start des Programms) gering sei.

Ebenfalls kritisch äußern sich Ohlberger et al. in einem Review europäischer Studien. Dieser unterfüttert zwar die bisher genannten Vorteile von CLIL: eine Verbesserung der Fremdsprachenkompetenzen ohne Nachteile oder gar mit Vorteilen für den Sachfacherwerb, verbunden mit motivationalen Vorteilen bei den Lernenden. Die Aussagekraft der Ergebnisse schmälere aber, „dass sehr oft an vorselektierten Stichproben geforscht wurde – weil in traditionellen bilingualen Programmen Schülerinnen und Schüler gezielt nach Noten und Motivation für bilinguale Klassen ausgesucht wurden“. Das mache den Vergleich mit regulär beschulten Kontrollgruppen invalide. Fazit: Über die Wirkung von CLIL auf reguläre, heterogene Klassen sei „bisher wenig bekannt“.⁶²

Wie lässt sich das alles nun zusammenbringen – und ist es überhaupt ein Argument gegen CLIL? Grundsätzlich ist der Einwand von Forschern wie Bruton und Goris natürlich berechtigt, dass die gemessenen Effekte weniger an internen Spezifika von CLIL liegen könnten als vielmehr an 1) besseren Lernvoraussetzungen und höherem Vorwissen der CLIL-Lernenden und/oder 2) schlicht den zusätzlichen Stunden, die dem Sprachkontakt durch CLIL zur Verfügung stehen.⁶³

Der Zweifel an der Eindeutigkeit der gemessenen Effekte ist allerdings kein grundsätzliches pragmatisches Argument dagegen, CLIL anzuwenden. Er ist eher ein Appell zu intensivierten Forschungsbemühungen. Curricular betrachtet wäre es z.B. kaum möglich, Fremdsprachenunterricht im selben Umfang anzubieten. Dass CLIL in Spanien empirisch nachweisbar für heterogene, unselektierte Klassen zu wirken scheint, lässt immerhin vermuten, dass sich einige der gemessenen

⁶¹ vgl. Goris/Denessen/Verhoeven (2019), S. 695; siehe in diesem Zusammenhang auch Pérez Cañado (2018), S. 67f; Pérez Cañado (2019), S. 12

⁶² Ohlberger/Wegner (2018), S. 45, 81f

⁶³ Die These wäre hier, dass normaler Fremdsprachenunterricht vielleicht genauso effektiv wie CLIL wäre, würde er genauso viele Stunden umfassen.

Effekte auch auf andere EU-Staaten übertragen lassen. Hier sind weitere Forschungsbemühungen erforderlich, um für die Vielzahl der europäischen Kontexte zu verallgemeinbaren Aussagen zu kommen.

2.3 CLIL – Spezifika der Zielsprache Französisch

Französisch als Zielsprache für bilingualen Unterricht hat eine lange Tradition in Deutschland: Nach Ende des Zweiten Weltkriegs und im Zuge der Versöhnung der einstigen Kriegsgegner Deutschland und Frankreich fanden die ersten bilingualen Programme in französischer Sprache hierzulande bereits in den späten 1960er Jahren statt.⁶⁴

Nachdem Englisch im Zuge des EU-Beitritts Großbritanniens und Irlands 1973 ebenfalls Amtssprache der Union wurde, löste es Französisch im Laufe der Zeit als am häufigsten gewählte Fremdsprache für den bilingualen Unterricht ab.⁶⁵ Cenoz, Genesee und Gorter merken kritisch an, dass CLIL gar in einigen Kreisen zum „Label für eine recht innovative Art des Fremdsprachenunterrichts auf Englisch“ geworden sei,⁶⁶ was dem Ziel der europäischen Mehrsprachigkeit zuwiderläuft.

Unter Verweis auf das bereits in der Einleitung skizzierte Datenproblem lässt sich – pars pro toto – bei Grundschulen folgendes Verhältnis gegenüberstellen: Nach einer Recherche des Vereins für Mehrsprachigkeit an Kindertageseinrichtungen und Schulen aus dem Jahr 2014 machen 13 Prozent der bilingualen Grundschulen in Deutschland ein Angebot auf Französisch, gegenüber 44 Prozent auf Englisch. Das Verhältnis ist also etwa drei zu eins.⁶⁷ Ein Grund dafür ist, dass das bilinguale Angebot meist an die erste schulische Fremdsprache geknüpft wird, und diese ist bundesweit betrachtet in aller Regel Englisch.

Was die angebotenen Fächer betrifft, so entfallen über zwei Drittel des Sachfachunterrichts in der Arbeitssprache Französisch auf Geografie und Geschichte.⁶⁸ Dabei hat Französisch als Bildungssprache auch in

⁶⁴ vgl. Hollm et al. (2013), S. 7

⁶⁵ vgl. Pérez/Lorenzo/Pavón (2013), S. 490

⁶⁶ Cenoz/Genesee/Gorter (2014), S. 254

⁶⁷ siehe die entsprechende Studie des FMKS e.V. (2014)

⁶⁸ vgl. Witzigmann (2013), S. 152

der Formulierung mathematischer Erkenntnisse eine lange Tradition – wie beispielsweise die richtungsweisenden Publikationen von Pierre Simon Laplace in der Wahrscheinlichkeitstheorie oder das auf René Descartes zurückgehende kartesische Koordinatensystem belegen.

Zu den Eigenschaften der Zielsprache: Zwar gehört Französisch anders als Englisch und Deutsch nicht zu den germanischen, sondern zu den romanischen Sprachen; die Verwandtheit mit dem Deutschen ist also erheblich geringer. Gleichwohl zeigt zum Beispiel eine Studie von Baten et al. aus dem Jahr 2020 im flämischen Teil Belgiens, dass die rezeptive und produktive Wortschatzentwicklung im CLIL-Kontext für Englisch und Französisch vergleichbar ist.⁶⁹ Die Wortschatzentwicklung scheint demnach weniger sprachabhängig zu sein, sondern eher vom zeitlichen Umfang der Fremdsprachen-Exposition abzuhängen.

Was CLIL-Lehrer indes berücksichtigen sollten, sind sprachliche Besonderheiten der Zielsprache wie beispielsweise:

- Konzeptunterschiede gegenüber der L1
- fachsprachliche Abkürzungen, die inhaltlich nicht deckungsgleich sind und/oder kontextabhängig sein können
- sogenannte falsche Freunde.

Unter letzterem versteht man Begriffe, die wegen der Ähnlichkeit zu aus der L1 bekannten Begriffen intuitiv falsch übersetzt werden. Auch wenn die Sprache der Mathematik universal sei, warnt stellvertretend Novotná, sei es notwendig, sich solcher Unterschiede bewusst zu sein.⁷⁰ So heißt beispielsweise der Zirkel auf Französisch „le compas“, was sich mit dem Kompass verwechseln lässt. „La règle“ kann sowohl die Regel als auch das Lineal bezeichnen. „Le nombre“ ist die Zahl oder Anzahl, die Nummer wird dagegen mit „le numéro“ übersetzt. Die Ebene ist nicht „l'ébène“ – das ist Ebenholz – sondern „le plan“. Und sortieren übersetzt man mit „classer“ oder „assortir“, wogegen „sortir“ hinausgehen bedeutet. „a sur b“ heißt nicht (was die wörtliche Übersetzung ebenfalls nahelegen könnte) b hoch a, sondern a durch b.⁷¹

⁶⁹ siehe vergleichbar Baten/Van Hiel/De Cuyper (2020), S. 328 für das Flämische. Flämisch ist wie Deutsch eine germanische Sprache.

⁷⁰ vgl. Novotná (2000), S. 3 am Beispiel Tschechisch-Englisch

⁷¹ vgl. Duden Schülerlexikon Französisch: faux amis / falsche Freunde (online)

Als Verdeutlichung für Punkt 2 kann die französische Abkürzung „VA“ genannt werden. Sie kann sowohl den Betrag einer Zahl bezeichnen („valeur absolue“) als auch eine Zufallsvariable („variable aléatoire“).

Sprachliche Hürden aufgrund von konzeptuellen Unterschieden sind beispielsweise Begriffe, die 1) in einer der beiden Sprachen ausdifferenzierter als in der anderen sind und/oder 2) mental mit unterschiedlichen Begriffen verknüpft werden. Ein Beispiel für ersteres ist die Fläche. Anders als im Deutschen existieren im Französischen mehrere Begriffe zur Bezeichnung von Flächen, die etymologisch nicht miteinander verwandt sind: „la surface“ (die Oberfläche), „l'aire“ (der Flächeninhalt), „la zone“ (die Teilfläche). Als Beispiel für letzteres kann man auf den Begriff für Eckpunkte einer geometrischen Figur verweisen. Er lautet auf Französisch „le sommet“, also wörtlich: der Gipfel.⁷²

Dies sind aber vorrangig lexikalische Probleme, die sich im Laufe der Zeit systematisch erlernen lassen. Grundsätzliche strukturelle sprachliche Verständnishürden – wie das Fehlen bestimmter (bildungssprachlicher) grammatikalischer oder syntaktischer Ausdrucksmöglichkeiten – gibt es zwischen Deutsch und Französisch nicht.⁷³

2.4 CLIL – Prinzipien der Umsetzung

Die erziehungswissenschaftliche Forschung hat aus ihren Erkenntnissen diverse Empfehlungen und Prinzipien für CLIL abgeleitet. Einige davon könnten direkt modernen Fremdsprachendidaktiken entnommen sein. So empfiehlt Viebrock ausdrücklich die Verwendung von „Materialien und Methoden, die mit dem Fremdsprachenunterricht in Verbindung“ stehen, und nennt stellvertretend dafür Übungen zum Leseverständnis und kreative Schreibübungen, um mathematische Konzepte mit Alltagskonzepten zu „verknüpfen“. Als Beispiel skizziert sie das Verfassen eines Verkaufsdialogs zum Thema Prozentrechnung.⁷⁴

Surmont et al. grenzen CLIL formal vom „traditionellen“ Fremdspra-

⁷² vgl. Deutsche Mathematiker-Vereinigung: Mathematik in anderen Sprachen – Französisch (online)

⁷³ Ein Beispiel wäre z.B., wenn in der L1 das Konzept des Passivs unbekannt ist. Oder wenn – wie im Lateinischen – ein Kasus einen ganzen Satz codieren kann.

⁷⁴ vgl. Viebrock (2009), S. 123ff

chenunterricht ab: CLIL lege den Fokus weniger stark auf grammatikalische Korrektheit und sei zudem schülerzentrierter.⁷⁵ Das ist aber kein Widerspruch zu oben Gesagtem, da moderner, kompetenzorientierter Fremdsprachenunterricht den Fokus ebenfalls mehr auf sprachliche Handlungsfähigkeit statt auf formale Korrektheit legt. Ähnlich ist das Plädoyer von Pavon für kooperatives Lernen im Unterricht zu werten, damit CLIL-Lernende sowohl die „Sprache des Lernens“ (sachfachbezogen) als auch die „Sprache zum Lernen“ erwerben, dies verstanden als die nötigen Sprechmittel, um Arbeitsanweisungen zu verstehen. Ergänzend kommt in ihrem Verständnis die „Sprache durch Lernen“ dazu, was für den auf Interaktion basierenden Spracherwerb steht.⁷⁶

Mit seinem „4C-Modell“ versucht Coyle, eine darüber hinausgehende allgemeine Grundlage für eine spezifische, kohärente CLIL-Didaktik zu legen. Die Cs stehen für vier Dimensionen, die CLIL gleichzeitig im Blick haben sollte: Content (Inhalt, das Sachfach), Communication (Kommunikation, die Sprache), Cognition (Denktätigkeit, die mentale Verarbeitung) und Culture (Kultur, verstanden als interkulturelle Bewusstheit). Coyle fordert, alle Dimensionen sorgfältig und möglichst gleichberechtigt bei der Planung des Unterrichts zu berücksichtigen.⁷⁷

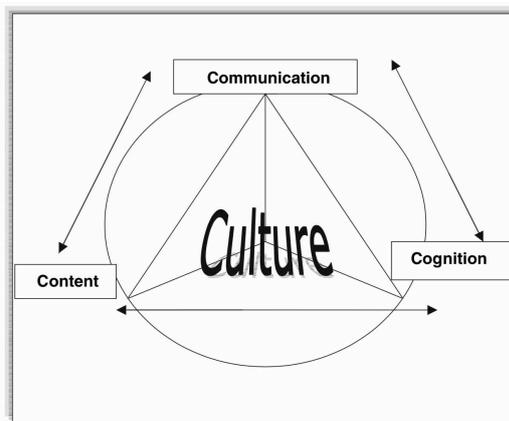


Abbildung: Coyle (2007a), S. 551

Daran angelehnt existieren diverse normativere Ansätze: So definiert Morgado „good practice“ in CLIL als integrierende Vermittlung von Sprache (z.B. Fachwortschatz), Kommunikationsfähigkeit, Fachinhalt

⁷⁵ vgl. Surmont et al. (2016), S. 320

⁷⁶ vgl. Coyle (2007a), S. 553f

⁷⁷ vgl. ebd., S. 549ff

und kultureller Sensibilisierung – und das ganzheitlich und schülerzentriert. „Gutes“ CLIL ermögliche „durch experimentelle und kooperative Aktivitäten in kognitiv reichhaltigen Lernumgebungen“, Wissen auf Vorwissen aufzubauen.⁷⁸ Diese und andere ihrer Empfehlungen – wie Transparenz über Lernziele, Interaktionsförderung, Visualisierung, die Nutzung authentischer Materialien und digitaler Quellen, Lernstandsdiagnostik und aufgabenorientiertes Lernen – sind weder CLIL-spezifisch, noch gibt die Autorin eine fundierte wissenschaftliche Herleitung dafür. Es sind eher *allgemeine* moderne didaktische Prinzipien. Ähnlich normativ auch Šulistová: CLIL betone „klare Lernziele, kognitives Wissen, kritisches Denken und authentische Sprachnutzung“.⁷⁹

Mehrfach zitiert – und nicht minder normativ – sind Mehistos „zehn Kriterien“ für CLIL-Materialien. Unter letzteren versteht er „Informationen und Wissen, die in verschiedenen Medien und Formaten repräsentiert sind und das Erreichen der beabsichtigten Lernziele fördern“:⁸⁰

1. Transparenz über die Lernziele
2. Förderung der fachspezifischen Bildungssprache (z.B. Wortschatz, Syntax, Konnektoren) durch geeignete Lernsituationen
3. Förderung der Lernautonomie
4. Selbst- und Fremdrelexion für ein lernförderliches Feedback
5. Schaffen einer emotional sicheren Lernumgebung ohne Stress
6. Förderung kooperativer Lernaktivitäten
7. Einbezug authentischer Sprache und ebens. Sprachgebrauchs
8. Anregung zum kritischen Denken
9. Einsatz von Scaffolding für Sprache, Inhalte und Lernstrategien
10. Mentale Verbindung zu Interessen, Vorwissen, anderen Fächern

Es lässt sich analog zum oben Gesagten festhalten, dass die Kriterien mit Ausnahme des zweiten – und je nach Blickweise vielleicht auch mit

⁷⁸ Morgado (2018), S. 137

⁷⁹ Šulistová (2013), S. 53f

⁸⁰ vgl. Mehisto (2012), S. 17ff, zusammenfassend übersetzt

Ausnahme des siebten, neunten und zehnten Kriteriums – wenig CLIL-spezifisch sind. Es handelt sich eher um einen Mix allgemeingültiger moderner didaktischer Prinzipien, die selbstverständlich auch im CLIL-Unterricht Anwendung finden sollten, diesen aber nicht konstituieren.

Erinnernd an die Klage von Dalton-Puffer über den Mangel an einem kohärenten konzeptionellen Rahmen werde ich mich im Folgenden am Vorschlag Coyles orientieren. Sie vereint zum einen eine klare CLIL-Spezifität und verzichtet zum anderen auf normative Überfrachtung.

3 Selbstständigkeitsorientierte Lernsituationen (SOL) – Begriffsbestimmung und didaktische Verankerung

3.1 SOL – Bestandteile und didaktischer Anspruch

Selbstständigkeitsorientierte Lernsituationen (SOL)⁸¹ gelten Didaktikern wie Baumert als Antwort auf den wachsenden Bedarf an lebenslangem Lernen.⁸² Definiert wird selbstständiges Lernen (folgend synonym zum Begriff des „selbstgesteuerten/-regulierten Lernens“ verstanden) von Blum als „Lernformen, die von den Lernenden verlangen, ihr Lernen planend mitzugestalten, die Lernhandlungen zu realisieren, den Lernprozess strategisch zu regulieren, die Lernleistung zu evaluieren sowie Motivation und Konzentration aufrecht zu erhalten.“⁸³

Konkret entstehen selbstständigkeitsorientierte Lehr-Lernformen laut Blum durch das Zusammentreffen dreier Bestandteile:⁸⁴

- eine entsprechende Lehr-Intention

⁸¹ Folgend werden die Begriffe „Lernsituation“ und „Lernumgebung“ synonym gebraucht. Darunter wird mit Friedrich/Mandl (1997), S. 258 zitiert in Messner/Blum (2006), S. 5 das Arrangement äußerer Lernbedingungen verstanden.

⁸² vgl. Baumert (1997) und Brödel (1998) zitiert in Messner/Blum (2006), S. 2, 10

⁸³ Messner, Blum (2006), S. 4

⁸⁴ vgl. ebd., S. 4

- eine Unterrichtsform, die Eigenaktivität ermöglicht
- ein hohes Maß an Selbststeuerung der Lernenden (kognitive, strategisch-prozessuale, motivationale und volitionale Aspekte)

Didaktisch erhofft man sich durch die eigenständige Auseinandersetzung der Schüler*innen mit dem Lerngegenstand eine nachhaltigere Verankerung des Wissens. So verweisen beispielsweise Vorhölter et al. auf Erkenntnisse aus dem DISUM-Projekt, wonach Lernende in operativ arbeitenden Gruppen⁸⁵ deutlich bessere Ergebnisse als solche in direktiven Gruppen erzielten und zudem von mehr Lernfreude und Anstrengung berichteten.⁸⁶ Selbstständigkeitsorientierte Lernsituationen regen außerdem oft zu mehr Kommunikation unter den Lernenden an, und sie können zudem metakognitive Aktivitäten fördern.⁸⁷

Metakognition liegt mit einer Effektstärke von 0,69 nach Hattie auf einem vorderen Platz, was den Einfluss auf den Lernerfolg betrifft.⁸⁸ Sie wirkt sich dadurch aus, dass Schüler*innen Denkprozesse besser planen, überwachen und reflektieren. Damit fördern metakognitive Aktivitäten mittelbar den Kompetenzerwerb. Für Blum gilt die mit selbstständigem Lernen und Metakognition verbundene kognitive Aktivierung der Lernenden sogar als eine von drei Komponenten von Unterrichtsqualität in Mathematik.⁸⁹ Nach Fauth und Leuders umschreibt dieser Begriff einen Unterricht, der zur aktiven mentalen Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand anregt – durch Fokussierung auf die Lernziele, den Anschluss ans Vorwissen der Lernenden sowie das Anregen und Aufrechterhalten von anspruchsvollen kognitiven Prozessen.⁹⁰

Allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass die empirischen Erkenntnisse über die Auswirkungen selbstregulierten Lernens nicht uneingeschränkt positiv sind, sondern beispielsweise stark von der jeweiligen Unterstützung seitens der Lehrperson abzuhängen scheinen.⁹¹ Molenaar et al. zufolge belegt die Empirie insbesondere, dass die „indi-

⁸⁵ Gemeint ist nach Müller et al. (2010), S. 724 ein selbstständigkeitsorientiertes ko-konstruktives Lernen in Gruppenarbeit.

⁸⁶ vgl. Vorhölter/Stender/Kaiser (2016), S. 277 bezogen auf das Modellieren

⁸⁷ vgl. Sjuts (2010), S. 110; vgl. auch Fischer/Sjuts (2014)

⁸⁸ vgl. Hattie (2013), S. 224, 434

⁸⁹ vgl. Blum (2010), S. 29

⁹⁰ vgl. Fauth/Leuders (2018), S. 3; gekürzt zitiert

⁹¹ vgl. Leuders/Philipp (2014), S. 149 am Beispiel entdeckendes Lernen

viduelle prozessbegleitende Lernunterstützung effektiver in Bezug auf die Lernleistung ist als unbegleitete Formen des Lernens“. Es sei aber Adaptivität nötig, um die Lernenden nicht zu sehr einzuschränken.⁹²

Selbstständigkeitsorientierte Lernumgebungen zeichnen sich also durch spezifische Interaktions- und Interventionsmuster aus, die sich nach einer Darstellung von Blum wie folgt grafisch unterteilen lassen.⁹³

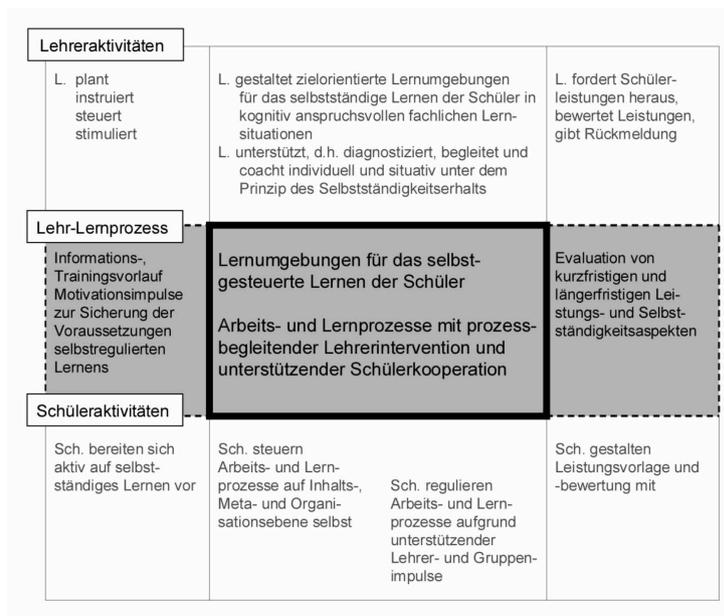


Abbildung: Messner/Blum (2006), S. 5

Konstituierend für diese Umgebungen ist eine veränderte Rolle der Lehrpersonen. Zwar müssen sie „weiterhin als Experten fungieren, die Lernen steuern sowie durch Instruktionen anregen.“⁹⁴ Es ist aber ein Mittelweg zu finden: Zu starke Interventionen verhindern Selbstständigkeit; zu schwache können zu Frustration bei Lernenden führen.⁹⁵

3.2 Lernaufgaben – SOL trifft Kompetenzorientierung

Eine wichtige Rolle in selbstständigkeitsorientierten Lernumgebungen spielen sogenannte Lernaufgaben.⁹⁶ Sie werden in der Fachwis-

⁹² Molenaar et al. (2011) zitiert in Leiss/Tropper (2014), S. 11

⁹³ Messner/Blum (2006), S. 5

⁹⁴ ebd., S. 2

⁹⁵ vgl. Leiss/Tropper (2014), S. 11ff;

vgl. auch Vorhölter/Stender/Kaiser (2016), S. 274f bezogen auf das Modellieren

⁹⁶ vgl. Adamina/Hild (2019), S. 128; vgl. Messner/Blum (2006), S. 6

senschaft unterschiedlich streng definiert – in einer Kurzversion zum Beispiel – über die Abgrenzung von Prüfungsaufgaben – sehr breit als „Aufgabenstellungen samt zugehöriger Lernumgebung, mit denen Schülerinnen und Schüler sich neue fachliche Inhalte oder Vorgehensweisen erarbeiten, konsolidieren oder diese üben festigen können“.⁹⁷

Aufgaben dieser Art übernehmen vielfältige Funktionen im Unterricht. Sie – folgt man Wespi et al. – „schaffen Situationen, in welchen Schülerinnen und Schüler zum Denken aktiviert und zum Handeln angeregt werden. Sie begünstigen individuelle Lern- und Bearbeitungswege auf unterschiedlichen Leistungsniveaus. Sie wecken Neugierde und Motivation und ermöglichen das Reflektieren über Sachzusammenhänge sowie über eigene Lernprozesse.“⁹⁸ Kurz: Sie „stellen als Aktivierungs- und Gestaltungsmittel das Rückgrat (fach)didaktischer Lernarrangements sowie eines schüleraktivierenden Unterrichts dar.“⁹⁹

Echt selbstgesteuertes Lernen wird mit dieser Minimaldefinition nicht stets erreicht. Diese Arbeit orientiert sich daher an einer strengeren Definition, die vom Ziel des kompetenzfördernden Unterrichts ausgeht:¹⁰⁰ So definiert Leisen eine Lernaufgabe als „Lernumgebung zur Kompetenzentwicklung. Sie steuert den individuellen Lernprozess durch eine Folge von gestuften Aufgabenstellungen mit entsprechenden Lernmaterialien, so dass die [Lernenden] möglichst eigenständig die Problemstellung entdecken, Vorstellungen entwickeln und Informationen auswerten. Dabei erstellen und diskutieren sie ein Lernprodukt, definieren und reflektieren den Lernzugewinn und üben sich abschließend im handelnden Umgang mit Wissen.“¹⁰¹ Auch für Reusser, Luthiger und Wilhelm stehen Lernaufgaben „im Dienste des Aufbaus und der Förderung fachlicher und überfachlicher Kompetenzen“.¹⁰² Sie zielen „auf den Auf- und Ausbau fachlicher und überfachlicher Kompetenzen, sie strukturieren Lernprozesse und machen diese sichtbar“.¹⁰³

⁹⁷ Ralle et al. (2014), S. 9

⁹⁸ Wespi/Luthiger/Wilhelm (2015), S. 31

⁹⁹ Reusser (2014), S. 77

¹⁰⁰ Darunter verstehen Luthiger und Wilhelm einen Unterricht, der den kompetenzorientierten Unterricht um den Faktor des individuellen Lernprozesses erweitert.

¹⁰¹ Leisen (2010), S. 10

¹⁰² Reusser (2014), S. 79

¹⁰³ Wilhelm/Luthiger (2015), S. 9

So verstanden gelten Lernaufgaben Fachdidaktikern als „Kristallisationspunkt“ selbstständigen Lernens sowie „Angelpunkt“ eines kompetenzorientierten Unterrichts.¹⁰⁴ Als outputzentrierte Verkörperung von SOL tragen sie dazu bei, selbstständigkeitsorientierte Lernprozesse zu initiieren und strukturieren. Sie legen Lernschritte fest, um die Lernenden „eigenständig über Lernprodukte zum Lernzugewinn [zu] bringen.“¹⁰⁵ Die Lehrperson übernimmt dabei nur die Rolle der Prozessbegleitung, indem sie die Aufgabe vorab plant, den Ablauf kontrolliert und die Lernprodukte mit Blick auf die Kompetenzentwicklung auswertet. Zitat Leisen: „In einer Lernaufgabe wird die Steuerung des Lernprozesses von der Lehrkraft an die Lernaufgabe abgegeben.“¹⁰⁶

3.3 Lernaufgaben – Prinzipien der Umsetzung

An Leisens Definition zeigt sich bereits, dass idealtypische Lernaufgaben aus mehreren Stufen bestehen. Die inhaltlich-qualitativen Ansprüche an diese Schritte werden in der Fachdidaktik vielfältig formuliert.

Leisen selbst schlägt eine Ablaufstruktur für Lernaufgaben vor, die sich an den Schrittfolgen des Lernprozesses orientiert:¹⁰⁷

1. Vorstellung des Kontextes, Entdeckung des Problems
2. erster Zugriff auf das Problem, Entwicklung von Vorstellungen
3. Reaktivierung des Vorwissens, Auswertung neuer Informationen
4. schrittweise Erarbeitung des Neuen, Lernprodukt-Erstellung
5. Bewusstmachung des Erlernten, Definition des Lernzugewinns
6. Selbstüberprüfung, Verankerung im Wissensnetz, Anwendung auf andere Beispiele

Qualitativ gute Lernaufgaben weisen nach Leisen insgesamt zehn Qualitätskriterien auf: Sie „sind eingebettet in eine Atmosphäre des Lernens und nicht des Prüfens, orientieren sich am Kompetenzmodell

¹⁰⁴ vgl. Neubrand (2002) zitiert in Leuders (2014), S. 33; Reusser (2014), S. 80

¹⁰⁵ Leisen (2010), S. 9

¹⁰⁶ ebd., S. 9

¹⁰⁷ vgl. ebd., S. 11

der Bildungsstandards, sind möglichst in einen Kontext eingebettet, knüpfen am Vorwissen der Lernenden an, behandeln Problemstellungen, die Lernende mittels Arbeitsaufträgen selbstständig bearbeiten, unterstützen die eigenständige Bearbeitung differenzierend durch abgestufte Lernhilfen, führen zu einem auswertbaren Lernprodukt, fördern das Könnensbewusstsein und zeigen den Lernzuwachs, verankern das neu Gelernte im Wissensnetz und dekontextualisieren das Gelernte, wenden das neu Gelernte auf andere Beispiele an.“¹⁰⁸ Man sieht, dass gute Lernaufgaben zugleich kognitiv aktivierend nach Leuders' Verständnis entsprechend dem in Kapitel 3.1 Gesagten sind.

Solche Lernaufgaben beinhalten nach Leisens Darstellung zudem „unterschiedliche Niveaus, stehen untereinander im thematischen Zusammenhang, fördern integrativ unterschiedliche Kompetenzen, sind vielfältig im Lösungsweg und in der Lösungsdarstellung, unterstützen den individuellen Lernprozess und brauchen Fehler, um aus Fehlern zu lernen.“ Damit grenzen sie sich deutlich von Leistungsaufgaben ab.¹⁰⁹

Reusser stellt ein Prozessmodell vor, das er KAFKA nennt. Das Akronym steht für fünf Stufen, aus denen Lernaufgaben bestehen sollen. Das Modell ähnelt dem Leisens, die Stufen sind aber nicht identisch:¹¹⁰

1. K = Kontakt herstellen: mit Problem oder Sache konfrontieren
2. A = Aufbauen: Wissen und Können, Strukturbildung, Verstehen
3. F = Flexibilisieren: Vernetzung, Vertiefung, Systematisierung
4. K = Konsolidieren: Einüben, Wiederholen, Festigen
5. A = Anwenden: Transfer, Wissensnutzung, Ausführen-Können

Qualitätskriterien sind für Reusser ebenfalls die Ausrichtung an fachlichen und überfachlichen Kompetenzen und die Berücksichtigung unterschiedlicher Denkwege, Niveaus und Differenzierungsmöglichkeiten – aber auch das Wecken von Neugier und Motivation (etwa durch Authentizität, Spielcharakter oder Überraschung) und das Ermöglichen des Austauschs von Ergebnissen (etwa durch Strukturieren und

¹⁰⁸ ebd., S. 11

¹⁰⁹ ebd., S. 11

¹¹⁰ vgl. Reusser (2014), S. 93f, leicht gekürzt

In-Bezug-Setzen sowie durch variable Formen der Dokumentation).

Dieses Prozess-Schema haben andere Vertreter der Fachdidaktik weiterentwickelt. So schlagen Wespi et. al ein „Set“ aufeinander abgestimmter Aufgaben vor, das Kompetenzaufbau und -förderung adressieren soll. Lernende sollen – wie bei Leisen – einen „vollständigen Lernprozess“ durchlaufen, mit den qualitativen Merkmalsbereichen Authentizität, Komplexität, Differenzierung und Art der Kognition.¹¹¹

Der Prozess besteht aus einer festen Reihenfolge ineinander überleitender (Teil-)Aufgaben, die zusammen das Set insgesamt ausmachen:

1. Konfrontationsaufgaben: Sie fordern eingangs zur Auseinandersetzung mit einer möglichst realitätsnahen Frage auf, in welcher sich die zu erlernende Kompetenz zeigt. Sie aktivieren Vorwissen, sind vorstrukturiert, offen und somit selbstdifferenzierend.
2. Erarbeitungsaufgaben: Sie ermöglichen, Teilaspekte einer Kompetenz nach- oder nebeneinander zu erlernen und individuelle Vorstellungen weiterzuentwickeln. Sie sind vor- oder teilstrukturiert und beinhalten zeitnahes Feedback und Lernunterstützung.
3. Vertiefungs- und Übungsaufgaben: Sie helfen, einzelne Kompetenzaspekte auszudifferenzieren und tragen zu mehr fachlichem Verstehen und Handeln bei. Sie sind vor- oder teilstrukturiert und können heterogene Lernvoraussetzungen kompensieren.
4. Synthese- und Transferaufgaben: Sie regen dazu an, die neue Kompetenz in anderen Situationen weiterzunutzen. Sie sind weniger strukturiert, fordern verschiedene Repräsentationsformen ein und lassen mehrere Lösungen bzw. Lösungswege zu.

Weniger prozesshaft als die bisher Genannten definieren Adamina und Hild Lernaufgaben über einen „charakteristischen Aufbau“:¹¹²

1. Kontext der Aufgabe: Aufgabensituation, thematischer Bezug
2. Aktivierungsteil: Problemstellungen, Aufträge und Anweisungen
3. Gerüste: Hilfen als Unterstützung für die Bearbeitung

¹¹¹ vgl. Wespi/Luthiger/Wilhelm (2015), S. 35ff; vgl. Wilhelm/Luthiger (2015), S. 11

¹¹² vgl. Adamina/Hild (2019), S. 124

4. Lösung, Austausch und Auswertung: Darstellung von Lösungen (Prozesse und Ergebnisse) dergestalt, dass sie sich für den Austausch, Einblicke, Rückmeldungen und eine Reflexion eignen

Zur Konstruktion von Lernaufgaben schlagen sie ein „Sechseck“ vor, an dessen Dimensionen sich Lehrpersonen orientieren sollten – wobei ein stärkerer Fokus auf einzelne dieser Dimensionen zulässig ist:¹¹³

- Situierung, Kontext, Lernenden-Bezug
- Kompetenzen, Kompetenzentwicklung, Kompetenzorientierung
- verschiedene Lern- und Unterrichtsphasen
- Vielfalt, Differenzierung, Bearbeitungsformate
- Eigenständigkeit und Zusammenarbeit
- Sprachhandeln, mediale Repräsentationen

Diese Definition macht zwei wichtige Aspekte deutlich: Zum einen erfordern Lernaufgaben als selbstständigkeitsorientierte Lernumgebungen gezielte und integrierte Unterstützungsangebote an die Lernenden, also Scaffolding. Zum anderen spielt Sprache in Lernaufgaben eine wichtige Rolle. „Lernende scheitern bei der Bearbeitung von Aufgaben oft eher an sprachlichen als an sachlichen Herausforderungen“, diagnostiziert Adamina.¹¹⁴ Sie benötigen daher angemessene rezeptive und produktive sprachliche Kompetenzen in Bezug auf die Aufgabenstellung, die verwendeten Materialien, Bearbeitungsformen, Interaktionsanteile und Rückmeldungen der Lehrperson, das (schriftlich oder mündlich) zu präsentierende Produkt bis hin zur Reflexion.¹¹⁵

4 Methodisches Vorgehen dieser Arbeit

Wie eingangs geschildert, wird sich der praktische Teil dieser Arbeit der Entwicklung einer konkreten Umsetzungsmöglichkeit für eine

¹¹³ vgl. ebd., S. 121

¹¹⁴ Adamina/Hild (2019), S. 130

¹¹⁵ vgl. Adamina/Hild (2019), S. 130

CLIL-geeignete Lernaufgabe zur Förderung von Grundvorstellungen zu funktionalem Denken in der Zielsprache Französisch widmen.

Mein Vorgehen dabei ist literaturbasiert: Auf Grundlage der im Kapitel 2.4 geleisteten Vorarbeit werde ich zusammenfassend und als ergänzende Reflexion zunächst acht Prinzipien für die CLIL-Unterrichtsplanung herausdestillieren, an denen sich meine Lernaufgabenplanung ausrichten wird. Ich gehe dabei von einem zu Coyle analogen Verständnis von CLIL aus, welches sich gleichermaßen an der Kompetenzentwicklung in Sachfach und der Zielsprache orientiert.

Anschließend fasse ich die in Kapitel 3.3 genannten Strukturprinzipien und Qualitätsansprüche für Lernaufgaben hinsichtlich ihres gemeinsamen Nenners an Überschneidungen dergestalt zusammen, dass sich daraus ein handhabbares Instrument für die Konstruktion einer Lernaufgabe mit speziellem Fokus auf die Kompatibilität zu CLIL ergibt.

In einem weiteren Schritt wende ich dann beides auf meine mathematischen und sprachlichen Zielinhalte an. Dafür definiere ich zunächst die fachlichen und sprachlichen Kompetenzziele, analysiere jeweils die sachlichen und didaktischen Voraussetzungen (Sachanalyse, didaktisch-methodische Analyse), prüfe dabei, mit welchem (insbesondere sprachlichen) Vorwissen ich diese behandeln kann und konzipiere anhand dessen die selbstständigkeitsorientierte Lernsituation.

4.1 Synthese – Umsetzung von CLIL

Wie in Kapitel 2.4 dargestellt, gibt es heterogene Ansprüche an CLIL. Als Leitfaden für die weitere Arbeit lassen sich – als Destillat des dort Gesagten und in Anlehnung an Coyle – folgende Prinzipien aufstellen:

1. Die Progression von CLIL kann zwar prinzipiell am Sachfach („hard CLIL“) wie auch am Sprachfach („soft CLIL“) ausgerichtet werden. Das Thema dieser Masterarbeit – die Vermittlung mathematischer Grundvorstellungen – setzt den Fokus aber klar auf das Sachfach. Die Kompetenzziele einzelner Stufen der Lernaufgabe können sich – gemäß des 4C-Modells von Coyle – sowohl auf Sachinhalte als auch Sprache

beziehen; gleichwohl hat die Sprache letztlich dienende Funktion.¹¹⁶

2. Um diese „doppelten“ Kompetenzziele zu erreichen, kann sich CLIL methodisch sowohl bei der Didaktik des Sachfachs als auch des Sprachfachs bedienen.¹¹⁷ Die methodische Besonderheit von CLIL liegt in der *Ausbalancierung* und *Kombination* beider Fachdidaktiken.

3. Die explizite Vermittlung allgemeinsprachlicher Redemittel bleibt Aufgabe des Fremdsprachenunterrichts. CLIL vermittelt Sprache primär als Bildungssprache für das jeweilige Sachfach.¹¹⁸ Dies beinhaltet auch Modelle für Sprachhandlungen und die dazu passenden Operatoren wie „beschreiben, definieren, verallgemeinern...“¹¹⁹ Alltagswortschatz und Grammatik werden dagegen in der Regel indirekt z.B. über Chunks, Modellsätze und/oder mündliche Fehlerkorrektur aufgegriffen.

4. Da die L2 bei CLIL vor allem implizit mitgelernt wird, sind Aktivitäten besonders lernförderlich, die *gleichzeitig* auf fachliche Kompetenzen und Sprachkompetenzen fokussieren. Als Beispiele seien kooperative Lernformen, Schreib- und Präsentationsübungen genannt. Entscheidend dabei ist, den Anteil der Sprachproduktion der Lernenden zu erhöhen, z.B. durch offene Fragen und Interaktion untereinander.^{120 121}

5. CLIL kann sowohl monolingual als auch bilingual erfolgen, es gibt – anders als z.B. bei Immersion in Reinform – keine Pflicht zur Einsprachigkeit. So empfehlen einige Autoren, die L1 als Ressource zu sehen, auf die bei Bedarf situativ im Sinne einer bilingualen Didaktik zurückgegriffen werden kann (z.B. im Anfangsunterricht, je Lerngruppe).¹²² Ich entscheide mich für ein monolinguales Vorgehen, da ansonsten die Heterogenität beim Spracherwerb in der L1 mitgedacht werden müsste (DaZ-Problematik), was den Umfang dieser Arbeit sprengen würde.

6. Formative Lernstandsdiagnostik in CLIL kann sowohl die Ebene des Sachfachs als auch die Sprachebene im Blick haben. Summativ wird Sprachwissen bei „hard CLIL“ nicht explizit abgefragt, sondern nur das

¹¹⁶ vgl. Kapitel 2.1; vgl. zugespitzt Ball/Kelly/Klegg (2015), S. 25f

¹¹⁷ vgl. entsprechende Empfehlungen in Kapitel 2.4

¹¹⁸ vgl. Bentley (2013), S. 11; weniger streng Ball/Kelly/Clegg (2015), S. 66

¹¹⁹ vgl. Bentley (2013), S. 16

¹²⁰ vgl. entsprechende Empfehlungen in Kapitel 2.4; vgl. Bentley (2013), S. 17

¹²¹ So verstanden ist Kooperation kein Selbstzweck, sondern Mittel zum Zweck.

¹²² vgl. Gajo/Berthoud (2008), S. 9ff

zielführende Anwenden der Fremdsprache im Sachfach verlangt.¹²³

7. Bei der Sprachförderung im Sachfach kann sich CLIL didaktisch von „Deutsch als Zweitsprache“ (DaZ) inspirieren lassen. In beiden Fällen fehlen den Schüler*innen – insbesondere am Anfang der entsprechenden Curricula – oft sprachliche Mittel, um inhaltliche Ziele in der Bildungssprache zu erreichen.¹²⁴ Daher muss der Fachunterricht „sprachsensibel“ sein. Gängige DaZ-Methoden wie die Analyse von Lernersprache, die sprachliche Vereinfachung von Aufgaben, das Anbieten von Formulierungshilfen wie Mustertexten und/oder Wortgeländern, Schreibaufgaben, lernförderliche Prinzipien der Fehlerkorrektur u.v.m. können daher auch im CLIL-Kontext zielführend sein.¹²⁵

8. Für Sprache wie Sachfach können unterstützende Hilfen im Sinne des Scaffolding nötig sein.¹²⁶ Nach einer bekannten Definition von Gibbons sollen Lernende durch diese zeitlich begrenzten Hilfen, die auf ihrem Vorwissen aufbauen, zu etwas in die Lage versetzt werden, was sie aufgrund ihrer bisherigen Kompetenzen noch nicht können.¹²⁷ Walqui empfiehlt für CLIL zum Beispiel Methoden wie das Lernen an Beispielen, die Kontextualisierung abstrakten Wissens und den Wechsel von Text-Genres.¹²⁸ Die Anpassung an die individuellen Voraussetzungen der Lernenden bildet das zentrale Element von Scaffolding.¹²⁹

Für die Konstruktion der Lernaufgabe folgt aus diesen Prinzipien insbesondere, dass 1) die Aufgabe zwar ein mathematisches Kompetenzziel fokussiert, aber gezielt Aktivitäten im Ablauf eingeplant sind, die auch sprachliche Kompetenzen fördern, 2) nur für das mathematische Verständnis nötige *Fach- und Bildungssprache* explizit vermittelt wird, sonstige sprachliche Mittel dagegen vorausgesetzt oder über Scaffolding zur Verfügung gestellt werden, 3) die Aufgabe vorher sprachlich entlastet wird, um sie dem Sprachstand der Lernenden anzupassen.

¹²³ vgl. Ball/Kelly/Clegg (2015), S. 37, 214

¹²⁴ vgl. Fernández-Sanjurjo/Fernández-Costales/Blanco (2017), S. 3; zu den Gemeinsamkeiten von CLIL und DaZ vgl. Rösch (2013), S. 30

¹²⁵ vgl. exemplarisch Leisen (2013), S. 6, 32

¹²⁶ vgl. Bentley (2013), S. 84f

¹²⁷ vgl. Gibbons (2008) zitiert in Mehisto (2012), S. 24

¹²⁸ vgl. Walqui (2006), S. 169ff zitiert in Mehisto (2012) S. 24

¹²⁹ vgl. Van de Pol (2012) zitiert in Leiss, Tropper (2014), S. 15; vgl. auch Vorhölter/Stender/Kaiser (2016), S. 275 bezogen auf das Modellieren

4.2 Synthese – Umsetzung der Lernaufgabe

Hinsichtlich der Definition und der Konstruktion von Lernaufgaben hat sich im Wesentlichen ein prozesshaftes Modell durchgesetzt (siehe Kapitel 3.3). Auch Definitionen wie die von Adamina und Hild, die Prozesshaftigkeit nicht ausdrücklich verlangen, umfassen sie letztlich, da z.B. Kontext und Aktivierung chronologisch zwangsläufig vor der Lösung stehen.¹³⁰ Für meine weitere Arbeit schließe ich mich dem an.

Den Definitionen von Leisen, Reusser und Wespi/Luthiger/Wilhelm ist gemeinsam, dass eine Lernaufgabe ein Set aus aufeinander aufbauenden kleineren Lern- und Arbeitsaufträgen ist, das einen vollständigen Lernprozess abbilden soll. Wie auch immer man die einzelnen Stufen voneinander abgrenzt und benennt – stets kommt es erst zur Konfrontation mit einer Problemstellung, dann zur (Weiter-)Entwicklung von Vorstellungen bzw. zur kognitiven Strukturbildung, anschließend zur Ausdifferenzierung des Gelernten (bei Leisen: „schrittweise Erarbeitung des Neuen“, bei Wespi/Luthiger/Wilhelm: „Übung“ und „Vertiefung“, bei Reussen: „Flexibilisieren“ und „Konsolidieren“) und zuletzt zum Transfer.¹³¹ Bei Adamina beschränkt sich der Prozess zwar auf den Dreischritt Problemstellung – Arbeitsaufträge – Lösungsreflexion, dies schließt aber den Aufbau im Sinne des eben Gesagten nicht aus.

Mit Blick auf die Qualitätskriterien von Lernaufgaben lässt sich – inspiriert auch vom Ansatz des Task-based-Learning¹³² – ebenfalls ein kleinster gemeinsamer Nenner finden, an dem ich mich orientieren will:

1. die Lernaufgabe am Kompetenzmodell der Bildungsstandards zu orientieren¹³³
2. die Lernaufgabe output-orientiert zu planen (im Sinne eines zu erstellenden Lernproduktes), wozu auch die Kommunikation und insbesondere der Austausch über das Lernprodukt gehören¹³⁴

¹³⁰ vgl. Adamina/Hild (2019), S. 124

¹³¹ vgl. Leisen (2010), S. 11; vgl. Reusser (2014), S. 93f; vgl. Wespi/Luthiger/Wilhelm (2015), S. 35ff

¹³² vgl. CLIL-Definition von Surmont et al. (2016), S. 320; vgl. Ebenberger zu Gemeinsamkeiten von CLIL und TBL

¹³³ vgl. Leisen (2010), S. 11; vgl. Reusser (2014), S. 93f

¹³⁴ vgl. Leisen (2010), S. 11; vgl. Reusser (2014), S. 81; vgl. Bentley (2010), S. 30

3. die Lernaufgabe offen zu planen, sodass sie unterschiedliche Lösungswege, Niveaus und Differenzierungsmöglichkeiten zulässt.¹³⁵ Zum einen schreibt der Berliner Rahmenlehrplan die Differenzierung vor; zum anderen führt dies zu einem reichhaltigeren Output, was mehr sprachlichen Austausch ermöglicht¹³⁶
4. die Lernaufgabe kognitiv aktivierend zu planen, indem sie das Vorwissen der Lernenden aktiviert, alle Lernenden im Rahmen ihrer Möglichkeiten auf hohem Niveau zum Denken anregt und die Lernprozesse konsequent an den Lernzielen ausrichtet.¹³⁷ Dazu gehört auch die Empfehlung nach Lebensnähe bei der Kontextualisierung, verstanden als authentische lebensweltliche oder fachauthentische Fragestellungen mit Bezug zur Erfahrung der Lernenden, d.h. als für diese sinnvolle Situationen^{138 139}
5. die Lernaufgabe auch überfachliche (= soziale, methodische und personale) Kompetenzen adressieren zu lassen. Dazu zählen z.B. Selbstorganisation, Frustrationstoleranz, Zeitmanagement, Medienkompetenz, sprachliche Ausdrucksfähigkeit, Dialog- und Kooperationsfähigkeit sowie die Fähigkeit zur Selbstreflexion¹⁴⁰
6. das Thema der Aufgabe dem Lernstand anzupassen, ggf. personale Unterstützung und Hilfsmittel zur Verfügung zu stellen¹⁴¹

Stellt man diese Umsetzungsprinzipien denen des vorausgegangenen Abschnitts zu CLIL gegenüber, so zeigt sich, dass Lernaufgaben prinzipiell gut zu CLIL passen: Sie wirken – trotz Fokus auf das Sachfach – stets auch sprachförderlich, weil sie 1) den Austausch über das Lernprodukt provozieren, 2) beispielsweise verstanden als methodische Kompetenzen auch Lese- und Dialogfertigkeiten sowie die „Sprache zum Lernen“ adressieren¹⁴², 3) durch fachauthentische Fragestellungen

¹³⁵ vgl. Leisen (2010), S. 11; vgl. Reusser (2014), S. 81

¹³⁶ vgl. SenBildJugFam Berlin (2017), S. 4, 33

¹³⁷ vgl. Fauth/Leisen (2018), S. 3

¹³⁸ vgl. Adamina/Hild (2019), S. 121; vgl. Reusser (2014), S. 81; vgl. Blömeke (2006), S. 350; vgl. Caspari (2019), S. 216 entsprechend für die Fremdsprachendidaktik

¹³⁹ Nach Wilhelm/Luthiger (2015), S. 36 meint „authentisch“, dass die Situation in der Aufgabe zwar konstruiert ist, aber Bezug zur Alltagswelt der Lernenden hat.

¹⁴⁰ vgl. Reusser (2014), S. 86; vgl. Adamina/Hild (2019), S. 130

¹⁴¹ vgl. Leisen (2010), S. 13; vgl. Reusser (2014), S. 96

¹⁴² vgl. Coyle (2007a), S. 553f sowie Punkt 3 in diesem Abschnitt

gen Bildungssprache vermitteln, 4) wie CLIL Scaffolding mitdenken.

5 Sach- und didaktische Analyse: Sachfach

5.1 Funktionen – Sachanalyse

Funktionen kommen in allen Disziplinen der Mathematik zum Einsatz, von der Algebra bis zur Wahrscheinlichkeitsrechnung. Definieren kann man Funktionen in \mathbb{R} als eindeutige Zuordnung, die jedem Element einer Definitionsmenge D (= unabhängige Variable, Funktionsargument) *genau ein* Element einer Zielmenge $f(D)$ (= abhängige Variable, Funktionswert) zuordnet: $f(D) = \{y \in \mathbb{R} \mid \text{es gibt } x \in D \text{ mit } f(x) = y\}$. Die Menge $f(D)$ nennt man Bild von D , $f(x)$ das Bild an der Stelle x .¹⁴³

Mengentheoretisch definiert ist eine Funktion als rechtseindeutige Relation zwischen den beiden Mengen D und $f(D)$, bei der jedem Element aus der Menge D genau ein Element aus der Menge $f(D)$ zugeordnet ist. Insofern kann f als aus den geordneten Paaren (x, y) bestehende Teilmenge der Produktmenge $D \times f(D)$ begriffen werden.¹⁴⁴

Je nach ihren weiteren Eigenschaften lassen sich Funktionen zu unterschiedlichen Funktionstypen zusammenfassen. Die Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss führen beispielsweise lineare, quadratische, trigonometrische und Exponentialfunktionen auf; der Rahmenlehrplan Berlin nennt überdies noch Potenz- und ganzrationale bzw. Polynomfunktionen.¹⁴⁵ Vollrath differenziert Funktionstypen alternativ mit Hilfe von Begriffsnetzen aus (siehe Grafik); weitere Klassifizierungen lassen sich ihm zufolge u.a. auch aus geometrischen Eigenschaften ableiten, z.B. verschiebungssymmetrische Funktionen.¹⁴⁶

Bei der zu erstellenden Lernaufgabe werde ich mich auf lineare Funktionen fokussieren.¹⁴⁷ Die Untergruppe der linearen Funktionen in \mathbb{R}

¹⁴³ vgl. Arens et al. (2018), S. 101

¹⁴⁴ vgl. Vollrath (1989), S. 12f

¹⁴⁵ vgl. Kultusministerkonferenz (KMK) (2003), S. 12;
vgl. SenBildJugFam Berlin (2017), S. 29

¹⁴⁶ vgl. Vollrath (2007), S. 134

¹⁴⁷ Zur Begründung verweise ich insbesondere auf die Kapitel 5.2 und 6.1.

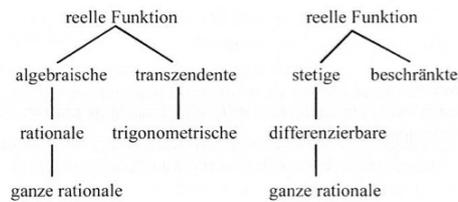


Abbildung: Vollrath (2007), S. 134

entspricht mathematisch affin-linearen Abbildungen der Form $f(D) = \{f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} | f(x) = ax + b; a, b \in \mathbb{R}\}$. Sie können auch als Polynome ersten Grades verstanden werden. Der Graph einer linearen Funktion ist eine Gerade mit einer konstant bleibenden Steigung a und einer Translation um den Wert b in y-Achsen-Richtung. Man nennt a und b die Parameter der Funktion.¹⁴⁸ Nimmt x um 1 zu, nimmt der Funktionswert um a zu, da die Steigung dem Tangens des Steigungswinkels entspricht. Die Funktion schneidet die y-Achse im Punkt $(0|b)$ und die x-Achse für alle x , die $ax + b = 0$ erfüllen. Lineare Funktionen sind stetig und differenzierbar. Sie umfassen die Menge der proportionalen Funktionen als Teilmenge mit Parameter $b = 0$. Lineare Funktionen können steigend ($a > 0$), fallend ($a < 0$) oder konstant sein ($a = 0$).¹⁴⁹

Die Steigung a linearer Funktionen lässt sich durch die Formel $a = \frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0}$ berechnen, wobei $(x_1 | f(x_1))$ und $(x_0 | f(x_0))$ zwei beliebige Punkte auf der Funktionsgeraden sind. Denn es ist: $\frac{ax_1 + b - (ax_0 + b)}{x_1 - x_0} = a$.¹⁵⁰ Grafisch entspricht das einem sogenannten Steigungsdreieck.

Darstellen lassen sich Funktionen jeglicher Art sowohl symbolisch (z.B. als Gleichung), als auch grafisch (z.B. als Funktionsgraph oder als Diagramm), numerisch (z.B. als Wertetabelle) sowie verbal oder enaktiv (z.B. durch halb so schnelles Gehen wie jemand anderes im Raum). Das stellt die Lernenden vor die Herausforderung, diese Vielfalt kognitiv zu einem mentalen Gesamtmodell zusammenzufügen.¹⁵¹

¹⁴⁸ vgl. Arens et al. (2018), S. 104, 107

¹⁴⁹ vgl. Vollrath (2007), S. 176f

¹⁵⁰ vgl. in leichter Abwandlung Arens et al. (2018), S. 104

¹⁵¹ vgl. Greefrath et al. (2016), S. 14, 51ff

5.2 Funktionen als Leitidee – curriculare Einordnung

Die Vermittlung funktionaler Zusammenhänge ist laut den Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz – z.B. für den MSA und das Abitur – eine der inhaltlichen Leitideen des Mathematikunterrichts (L4 der Bildungsstandards). Die inhaltliche Strukturierung des Unterrichts nach solchen Leitideen soll „sachgebietsübergreifendes, vernetzendes Denken und Verständnis grundlegender mathematischer Begriffe“ fördern.¹⁵² Eine Leitidee vereint insofern Inhalte verschiedener Themenfelder und durchläuft das Curriculum spiralförmig. Damit trägt sie kontinuierlich zum Verständnis mathematischer Konzepte und der „Funktion der Mathematik für die Gestaltung und Erkenntnis der Welt“ bei.¹⁵³

Mit ähnlichen Überlegungen definiert Vollrath den Funktionsbegriff als „Leitbegriff“ des Mathematikunterrichts: Er strukturiere nicht nur einzelne Unterrichtssequenzen, sondern „Themenstränge, die sich über mehrere Jahrgangsstufen erstrecken“, was ein langfristiges Lehren und Lernen erforderlich mache.¹⁵⁴ Leitbegriffe haben damit eine fundamentale Rolle für das gesamte Fach-Curriculum.¹⁵⁵ Überdies integriert der Funktionsbegriff in sich – wie erwähnt – wesentliche mathematische Darstellungsarten (textlich, grafisch, tabellarisch, symbolisch).¹⁵⁶

Das Arbeiten mit Funktionen findet sich zusätzlich auch als Teilaspekt der in den Bildungsstandards ebenfalls definierten prozeduralen mathematischen Kompetenzen wieder (s.o.).¹⁵⁷ Durch diese prägnante Rolle in den Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz ist die Förderung des sogenannten funktionalen Denkens eine bundesweite Zielvorgabe des kompetenzorientierten Mathematikunterrichts.

Die curriculare Umsetzung erfolgt – spiralförmig – in mehreren Schritten: Vorerfahrungen mit Funktionen finden schon in der Grundschule statt.¹⁵⁸ Mit dem Funktionsbegriff als solchem beschäftigt man sich aber erst in der Sekundarstufe. Folgt man Greefrath et al., so arbeiten

¹⁵² Kultusministerkonferenz (KMK) (2003), S. 6

¹⁵³ Kultusministerkonferenz (KMK) (2003), S. 9

¹⁵⁴ vgl. Vollrath (2001), S. 2

¹⁵⁵ vgl. Vollrath (2007), S. 61

¹⁵⁶ vgl. Laakmann (2012), S. 1

¹⁵⁷ vgl. Kultusministerkonferenz (KMK) (2003, 2012)

¹⁵⁸ vgl. Vollrath (1989), S. 16; Leuders/Prediger (2005), S. 7

Schüler*innen vor der Jahrgangsstufe 8 nur in der Form mit funktionalen Zusammenhängen, dass der Begriff undefiniert bleibt.¹⁵⁹ Der Rahmenlehrplan Berlin spricht zum Beispiel erst ab Niveaustufe F (Gymnasium: 8. Klasse; ISS: 8.-10. Klasse) explizit von „Funktionen“.¹⁶⁰

Daher orientiere ich mich – auch bei den zu erwartenden sprachlichen Kompetenzen in der Zielsprache – an dieser Stufe der Schullaufbahn.

Was die Funktionstypen betrifft, so werden in Berlin auf Niveaustufe F lineare Funktionen eingeführt, auf Niveaustufe G quadratische, trigonometrische und Exponentialfunktionen sowie auf der finalen Stufe H weitere Exponential-, Potenz- und ausgewählte Polynomfunktionen.¹⁶¹

5.3 Funktionen als Leitbegriff – Lernmodelle

Vollrath zufolge haben Schüler*innen einen mathematischen Begriff dann verstanden, wenn sie „die Bezeichnung des Begriffs kennen, Beispiele angeben und jeweils begründen können, weshalb es sich um ein Beispiel handelt, begründen können, weshalb etwas nicht unter den Begriff fällt, charakteristische Eigenschaften des Begriffs kennen [sowie] Oberbegriffe, Unterbegriffe und Nachbarbegriffe kennen.“¹⁶² Begriffe sind also nicht deckungsgleich mit Definitionen, sondern sie bilden sich – unter anderem *mit Hilfe* von mathematischen Definitionen, aber ebenso anhand von Beispielen und Darstellungen – erst im konkreten didaktischen Umfeld in den Köpfen der Lernenden heraus.¹⁶³

Zum Erwerb des Funktionsbegriffs schlägt Vollrath zwei gleichermaßen anzuwendende Lernmodelle vor: Das erste nennt er *Lernen durch Erweiterung*. Indem die Schüler*innen über alle Jahrgangsstufen hinweg sukzessive neue Funktionstypen kennenlernen, wächst ihr Gesamtverständnis des Funktionsbegriffs. Vollrath spricht von „Grenzüberschreitungen“, die von proportionalen zu linearen Funktionen, von linearen zu quadratischen Funktionen, von quadratischen zu Potenz-

¹⁵⁹ vgl. Greefrath et al. (2016), S. 50

¹⁶⁰ vgl. SenBildJugFam Berlin (2017), S. 29, 55

¹⁶¹ vgl. SenBildJugFam Berlin (2017), S. 29

¹⁶² vgl. Vollrath (2001), S. 2

¹⁶³ vgl. Vollrath (2007), S. 138, 280-284

funktionen, von Potenzfunktionen zu Exponentialfunktionen und von Exponentialfunktionen zu trigonometrischen Funktionen erfolgen.¹⁶⁴ Laut Hußmann und Richter besteht die Verstehens-„Sollbruchstelle“ zwischen proportionalen und linearen Funktionen beispielsweise darin, dass letztere nicht stets durch den Ursprung verlaufen, sodass proportionale Rechenstrategien nicht ohne Weiteres übertragbar seien.¹⁶⁵

Als zweites Lernmodell empfiehlt Vollrath ein *Lernen in Stufen*:¹⁶⁶

1. Begriff als Phänomen: Die erste Stufe umfasst ein intuitives Verständnis des Funktionsbegriffs. Die Lernenden können „Zusammenhänge zwischen Größen erkennen und mit Hilfe des Funktionsbegriffs beschreiben“, „kennen wichtige Beispiele derartiger Funktionen“, verbinden Darstellungsarten wie Kurve, Tabelle usw. mit dem Funktionsbegriff, setzen diese „zum Lösen einfacher Probleme“ ein und kennen die Begriffsbezeichnung und die Eindeutigkeit der Zuordnung als charakteristische Eigenschaft.
2. Begriff als Träger von Eigenschaften: Es folgt ein inhaltliches Begriffsverständnis. Die Lernenden kennen „grundlegende Eigenschaften von Funktionen“, und sie verbinden diese mit unterschiedlichen Darstellungsformen. Sie sind „in der Lage, Argumente für die erkannten Eigenschaften anzugeben“, indem sie auf passende Darstellungen zurückgreifen. Und sie „können die entdeckten Eigenschaften zur Lösung von Problemen benutzen“.
3. Begriff als Teil eines Begriffsnetzes: Das folgende, integrierte Verständnis ermöglicht, „Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften“ zu kennen, charakterisierende Eigenschaften zu erkennen und damit Definitionen zu bilden. Lernende können „Eigenschaften von Funktionen formal ausdrücken und in Beweisen verwenden“, „kennen für wichtige Funktionstypen unterschiedliche Definitionen und sind sich deren Äquivalenz bewusst“.
4. Begriff als Objekt zum Operieren: Auf der vierten Stufe erwerben die Lernenden ein formales Begriffsverständnis. Sie kennen nun „wichtige Verknüpfungen von Funktionen“ und haben Vorstellun-

¹⁶⁴ vgl. Vollrath (2007), S. 160; man beachte die Abweichung zum RLP Berlin

¹⁶⁵ vgl. Hußmann/Richter (2012), S. 16

¹⁶⁶ vgl. Vollrath (2007), S. 160ff; Zitatstellen ebd.

gen darüber anhand von verschiedenen Darstellungsformen. Sie „kennen grundlegende Eigenschaften dieser Verknüpfungen und können sie begründen“, und sie „benutzen beim Arbeiten mit Funktionen die gefundenen Verknüpfungseigenschaften“.

5. Explizit für die Sekundarstufe II ergänzt Vollrath ein kritisches Begriffsverständnis, in welchem u.a. „Beziehungen zum Relationsbegriff gesehen“ werden und „über den Einfluss von unterschiedlichen Definitions- und Wertebereichen nachgedacht“ wird.

Wendet man diese beiden Lernmodelle an, kommt es somit parallel zu einer schrittweisen *Vertiefung* des Begriffsverständnisses und zu einer *Verbreiterung* der Kenntnisse über verschiedene Funktionstypen.

5.4 Grundvorstellungen – didaktische Analyse

Zielleitend bei der intersubjektiven Begriffsbildung¹⁶⁷ ist als wichtiges didaktisches Element des modernen Mathematikunterrichts, dass die Schüler*innen passende Grundvorstellungen zum Thema entwickeln. Grundvorstellungen können als Bindeglieder zwischen realen Sachverhalten und mathematischen Begriffen oder Konzepten definiert werden. Sie ermöglichen es den Lernenden, letztere in einen Bezug zu ihrer Alltagswelt zu setzen und sie durch die Verknüpfung mit ihrem Vorwissen einem „intuitiveren“ Verständnis zugänglich zu machen.¹⁶⁸

Je nach kognitivem Abstraktionsniveau wird zwischen primären und sekundären Grundvorstellungen unterschieden: Primäre Grundvorstellungen lassen sich bereits aus „gegenständlichen Handlungserfahrungen aus dem Unterricht oder dem Alltag“ ableiten. Sekundäre Grundvorstellungen werden dagegen „mit mathematischen Darstellungsmitteln repräsentiert und durch (gedankliche oder reale) Operationen mit ihnen erworben“, erfordern also abstraktes Denken.¹⁶⁹

Um den Aufbau und die Vernetzung zielführender Grundvorstellungen zu fördern, empfehlen Roth und Siller, in drei Schritten vorzugehen:¹⁷⁰

¹⁶⁷ zur Rolle der mathematischen Begriffsbildung vgl. Laakmann (2012), S. 5ff

¹⁶⁸ vgl. Bender/Peter (2009), S. 51ff

¹⁶⁹ vgl. Roth/Siller (2016), S. 3

¹⁷⁰ vgl. ebd.

1. Zunächst werden durch das Anknüpfen an bekannte Situationen oder Handlungsvorstellungen Sinnzusammenhänge hergestellt.
2. Anschließend erlaubt der Aufbau visueller Repräsentationen ein Operieren mit diesen (noch vorläufigen) mentalen Konzepten.
3. Zuletzt entwickeln die Lernenden über das Erkennen der Struktur in Sachzusammenhängen und das Modellieren mit der Struktur die Fähigkeit zur Anwendung des Inhalts auf die Wirklichkeit.

5.5 Grundvorstellungen – Aktivierung und Förderung

Hier lassen sich Schnittpunkte zu Kapitel 4.2 finden, da das Anknüpfen an bekannte Situationen oder Handlungsvorstellungen auch dem Qualitätskriterium der Lebensnähe bei der Kontextualisierung von Lernaufgaben entspricht. Auch der letzte Schritt beim Aufbau von Grundvorstellungen – die Anwendung auf die Wirklichkeit – lässt sich in den Lernaufgaben-Prozess integrieren: oft schon in der Phase des Flexibilisierens und Vertiefens, spätestens beim Outcome, dem Lernprodukt.

Mit Fokus auf den Funktionsbegriff ist Folgendes hinzuzufügen:

Es lassen sich stets mehrere Grundvorstellungen zum selben mathematischen Begriff finden. Sie ergänzen sich gegenseitig, je nach Problemstellung kann aber die eine oder andere Grundvorstellung zielführender sein.¹⁷¹ Bei Funktionen sind vor allem drei Grundvorstellungen entscheidend für das Verständnis und sollten gefördert werden:¹⁷²

1. die Zuordnungsvorstellung: Eine Funktion ordnet jedem Wert einer Größe genau einen Wert einer zweiten Größe zu.
2. die Kovariationsvorstellung: Änderungen der ersten Größe ziehen entsprechende Änderungen der zweiten Größe nach sich.
3. die Objektvorstellung: Die Funktion lässt sich als Ganzes behandeln, also als eigenständiges mathematisches Objekt.

Eine wichtige Rolle bei der Aktivierung von Grundvorstellungen und der Begriffsbildung spielen nach Laakmann Darstellungswechsel: „Be-

¹⁷¹ vgl. Laakmann (2012), S. 45

¹⁷² vgl. Greefrath et al. (2016), S. 47ff.; vgl. Leuders/Prediger (2005), S. 2f

griffe werden durch Wechsel semiotischer Darstellungen intern konstruiert. Weil verschiedene Darstellungsarten unterschiedliche Aspekte betonen, tragen besonders Wechsel zwischen den Darstellungsarten zur Begriffsentwicklung bei“. ¹⁷³ Davon ausgehend leitet er entsprechende Forderungen für die Konstruktion von Lernaufgaben ab: ¹⁷⁴

1. Sie müssen Möglichkeiten bieten, semiotische Darstellungen zu wechseln und darüber zu reflektieren.
2. Sie müssen Möglichkeiten bieten, die Darstellungsart zu wechseln – nicht nur innerhalb desselben Registers (treatment), sondern vor allem zwischen den Registern (conversion). ¹⁷⁵
3. Sie müssen ausgewählte Darstellungen anbieten, die es ermöglichen, durch Registerwechsel (conversion) und operatives Variieren mathematisch relevante Aspekte zu konstruieren.

Kurz: Sie sollen Anlässe für vielfältige Darstellungswechsel bieten. ¹⁷⁶

Im Sinne Laakmanns wird die Einführung des Funktionsbegriffs also möglichst auf mehreren Repräsentationsebenen konzipiert, um ein tieferes mathematisches Verständnis zu fördern. Laakmann bezieht sich dabei auf Dreyfus, dem zufolge der Lernprozess aus vier Etappen besteht: Nach anfänglichem Arbeiten in einer einzelnen Darstellungsart folgt das parallele Benutzen mehrerer Darstellungsarten, dann kommt es zu Verbindungen zwischen diesen und zuletzt zur flexiblen Nutzung. ¹⁷⁷ Der Wechsel zwischen Darstellungsarten ist also mitgedacht.

Wie die Vielfalt der Darstellungsarten konkret zum Begriffsverständnis beitragen kann, analysiert Laakmann exemplarisch für lineare Funktionen: Die folgende Tabelle zeigt, durch welche Darstellungsart welche Grundvorstellung wie zu erkennen ist. Kennzeichnend für lineare Funktionen sei die Gleichmäßigkeit der Veränderung, was sich speziell auf die Kovariationsvorstellung und die Vorstellung der Funktion als Ganzes auswirke. Generell lautet Laakmanns Fazit: Die Grundvorstel-

¹⁷³ Laakmann (2012), S. 47f

¹⁷⁴ Laakmann spricht wörtlich von *Lernumgebungen*, siehe dazu Kapitel 3.1.

¹⁷⁵ Unter Registern versteht Laakmann nach Duval (2001) unter anderem algebraische und symbolische Notationen, grafische Darstellungsarten und Sprache.

¹⁷⁶ vgl. Laakmann (2012), S. 69f, gekürzt wiedergegeben

¹⁷⁷ vgl. Dreyfus (2008), zitiert in Laakmann (2012), S. 43f

lungen seien jeweils unterschiedlich gut zu erkennen, gerade deshalb komme Darstellungswechseln eine besondere Bedeutung zu.¹⁷⁸

Darstellung/ Grundvorstellung	sprachlich	graphisch	tabellarisch	symbolisch
Zuordnungsaspekt	Lineare Zuordnung lokal nicht erkennbar	Lineare Zuordnung lokal nicht erkennbar	Lineare Zuordnung lokal nicht erkennbar	Im der Funktionsgleichung $f(x) = m \cdot x + b$ erkennbar
Kovariationsaspekt	Informationen zum gleichmäßigen Änderungsverhalten dekodieren	Mit graphischen Mitteln aufzeigen, dass Punkte auf einer Strecke liegen	Aus Differenzen der x- und y- Werte die gleichmäßige Steigung ablesen oder durch Steigungsquotienten berechnen	In der Funktionsgleichung $f(x) = m \cdot x + b$ die Bedeutung von m als Steigungskoeffizient erkennen
Funktion als Ganzes	Informationen zur Gesamttypus - globale gleichmäßige Veränderung dekodieren	Mit graphischen Merkmalen aufzeigen, dass alle Punkte auf einer Geraden liegen	Berechnen, dass zu gleichen Zuwächsen der Argumente stets gleiche Zuwächse der zugeordneten Größen gehören	Aus der Funktionsgleichung $f(x) = m \cdot x + b$ die Kenngrößen m und b als typisierende Elemente erkennen

Abbildung: Laakmann (2012), S. 88

6 Sach- und didaktische Analyse: sprachliche Voraussetzungen

6.1 Sprachliche Voraussetzungen – didaktische Analyse

Als Vorüberlegung zur Entwicklung einer lernstandsadäquaten Lernaufgabe ist es erforderlich, die sprachlichen Voraussetzungen der Lernenden zu analysieren: Welche sprachlichen Mittel (Lexik, Grammatik) benötigen sie, über welche sprachlichen Mittel verfügen sie bereits? Im Folgenden gehe ich von einer Lerngruppe in der zweiten Fremdsprache im zweiten Sprachlernjahr aus, da dies zum einen im Rahmen-

¹⁷⁸ vgl. Laakmann (2012), S. 87f

lehrplan Berlin mit der erstmaligen Erwähnung der Begriffsbezeichnung „Funktion“ zusammenfällt¹⁷⁹ und zum anderen deutlich bessere sprachliche Voraussetzungen als im ersten Sprachlernjahr existieren.

Den Bildungsgehalt des Lerninhalts herauszustellen, ist durch den Bezug zum Sachfach in diesem Fall nicht notwendig. Der Bildungsgehalt des Arbeitens mit Funktionen ist in den Bildungsstandards konstatiert.

Zur sprachdidaktischen Einordnung: Die Progression in Fremdsprachenfächern orientiert sich seit Einführung des Primats der Kompetenzorientierung in den Bildungsstandards nicht mehr an sprachlichen Mitteln wie Wortschatz und Grammatik, sondern an funktionalen kommunikativen Kompetenzen. Als solche nennen die Bildungsstandards Hör- und Hörsehverstehen, Leseverstehen, monologisches und dialogisches Sprechen, Schreiben und Sprachmittlung – letzteres verstanden als Mediation zwischen den Sprachen, also eher ein pragmatisches, sinngemäßes Wiedergeben als ein wortgetreues Übersetzen.¹⁸⁰ Grammatik und Lexik haben demgegenüber nur eine dienende Funktion bei der Erreichung der funktionalen Kompetenzziele.¹⁸¹

Um Kompetenzzstand und -ziele im Sprachfach angemessen bei der Planung einer Lernaufgabe zu berücksichtigen, hilft ein Blick in den Rahmenlehrplan Berlin: Der Jahrgangsstufe 8 wird die Niveaustufe F (Gymnasium) bzw. E bis F (ISS) zugeordnet. Bezogen auf die kommunikativen Kompetenzen bedeutet dies, dass ich von aktivierbaren Kompetenzen auf Niveaustufe E ausgehe. Die Lernenden können...¹⁸²

1. Hör-/Hörsehverstehen: kurzen authentischen Texten mit einem hohen Anteil bekannter sprachlicher Mittel das globale Thema bzw. gezielt Einzelinformationen entnehmen, wenn langsam in Standardsprache über vertraute Alltagsthemen gesprochen wird; zunehmend einfache Hörtechniken und Strategien anwenden
2. Leseverstehen: einfachen authentischen Texten zu vertrauten Alltagsthemen gezielt Hauptaussagen und Einzelinformationen

¹⁷⁹ siehe Kapitel 5.2

¹⁸⁰ vgl. Leupold (2010), S. 54f. Die Standards beziehen sich zwar auf die FS1, die genannten Kompetenzen gelten laut RLP und der Praxis aber auch für die FS2

¹⁸¹ vgl. KMK (2004), S. 14; vgl. SenBildJugFam Berlin (2017), S. 10

¹⁸² vgl. SenBildJugFam Berlin (2017), S. 22ff, gekürzt

entnehmen, wenn sie einen geringen Anteil unbekannter Wörter und Wendungen enthalten; zunehmend Lesetechniken sowie Strategien zum Verstehen unbekannter Wörter anwenden

3. monologisches Sprechen: mit einfachen sprachlichen Mitteln über vertraute Alltagsthemen zunehmend frei sprechen
4. dialogisches Sprechen: in vertrauten Alltagssituationen mit vorhersehbarem Ablauf zusammenhängend agieren und reagieren, dabei bekannte sprachliche Mittel zunehmend freier anwenden
5. Schreiben: mit vertrauten sprachlichen Mitteln kurze zusammenhängende Texte zu Alltagsthemen verfassen und dabei einige elementare Textsortenmerkmale beachten; unter Anleitung ihren Schreibprozess vorbereiten und ihre Texte überarbeiten
6. Sprachmittlung: einfach entnehmbare Informationen aus authentischen Texten zu vertrauten Alltagssituationen sinngemäß in die andere Sprache übertragen; grundlegende Techniken der lexikalischen Umschreibung und syntaktischen Vereinfachung nutzen

Während Niveaustufe E also ausdrücklich den Bezug auf „vertraute“ Alltagsthemen verlangt, wird der Radius auf der anzustrebenden Niveaustufe F auf Alltagsthemen generell bzw. „Themen mit Alltags- oder Lebensweltbezug“ erweitert. Hier sehe ich den Anknüpfungspunkt für die folgend zu entwickelnde Lernaufgabe, die nach Adamina sowie Wilhelm und Luthiger auf dem Vorwissen, der Erfahrungs- und Lebenswelt der Lernenden aufsetzen soll, davon ausgehend das Thema aber transferierbar machen muss.¹⁸³ Wenn in diesem Prozess der Einstieg in die Aufgabe über ein vertrautes Alltagsthema erfolgt, von diesem aber auf einen allgemeinen Sach(fach)bezug abstrahiert wird, kommt es infolgedessen auch zur Kompetenzförderung im Sprachfach.¹⁸⁴

Die dabei anzustrebende Pluralität der Darstellungsformen im Sinne von Kapitel 5.3 hat nach Prediger und Wessel auch eine sprachförderliche Funktion: „Der Wechsel der Darstellungsformen ... ist ein Anlass zur fachlichen Kommunikation“, zitieren sie Leisen und sehen Darstel-

¹⁸³ vgl. Adamina/Hild (2019), S. 121; vgl. Wilhelm/Luthiger (2015), S. 10f

¹⁸⁴ Anmerkung: Auch die fremdsprachliche Fachdidaktik kennt den Begriff der Lernaufgabe. In der Regel steht dabei *eine* funktionale kommunikative Kompetenz als Kompetenzzschwerpunkt im Fokus, vgl. Caspari (2019), S. 220

lungswechsel auch als „Sprachentlastung und Vorstellungsstütze“.¹⁸⁵

6.2 Sprachliche Voraussetzungen – Sachanalyse

In Berlin beginnt das schulische Lernen der ersten Fremdsprache in der Regel mit der 3. Jahrgangsstufe; die zweite Fremdsprache startet dann im Allgemeinen mit der 7. Jahrgangsstufe. Da es seit Einführung der bundesweiten, kompetenzorientierten Bildungsstandards keine verpflichtende Progression der sprachlichen Mittel (= des „Lernstoffs“) mehr gibt, kann man den lexikalischen und grammatischen Wissensstand der Schüler*innen nur näherungsweise angeben.¹⁸⁶

Konkreter wäre zwar ein Blick ins jeweilige schulinterne Curriculum. Das hätte aber den Nachteil der fehlenden Verallgemeinerbarkeit. Daher habe ich entschieden, mich stattdessen an etablierten Französisch-Lehrwerken zu orientieren und zu versuchen, darin Schnittmengen bezüglich der bisher gelehrtten sprachlichen Mittel zu identifizieren. Stellvertretend habe ich dafür „À plus!“ und „Découvertes“ ausgewählt.

Orientiert man sich an diesen Lehrwerken der gymnasialen Mittelstufe, beherrschen die Lernenden im 8. Schuljahr auf grammatikalischer Ebene bereits die Genera, die Pluralbildung, bestimmte und unbestimmte Artikel, prädikativ und attributiv gebrauchte Adjektive, Possesivbegleiter, Personal- und (einige) Objektpronomina sowie Kardinalzahlen bis 100. Sie können regelmäßige Verben auf „-er“, „-re“ und einige unregelmäßige Verben im „indicatif“ und „futur composé“ konjugieren und damit Aussagen und einfache Fragen bilden. Sie kennen Besitz- und Mengenangaben mit „de“, die Negation, Präpositionen, einfache Nebensätze mit zeitlichen und örtlichen Konnektoren, den Imperativ und können Wünsche über den Chunk „je voudrais“ ausdrücken. Je nachdem, in welchem Monat der 8. Jahrgangsstufe sie sich befinden, kommen das „passé composé“, Relativ- und Konditionalsätze, regelmäßige Verben auf „-ir“, reflexive Verben, Steigerungsformen von Adjektiven, der wichtige Chunk „il faut“, Demonstrativpronomina, Fragebegleiter, Konditionalsätze mit „si“, die indirekte Rede im Prä-

¹⁸⁵ vgl. Leisen (2005) nach Prediger/Wessel (2012), S. 29

¹⁸⁶ vgl. KMK (2004), S. 14; Analoges gilt für die zweite Fremdsprache

sens, höhere Kardinalzahlen über 100 und Ordinalzahlen dazu.¹⁸⁷

Grammatisch ist insofern – insbesondere zum Ende des zweiten Lernjahres hin – eine gute Basis gegeben, um eine Lernaufgabe sprachlich zu meistern. Noch unbekannte bildungssprachliche Elemente wie das Passiv, das „passé simple“ oder die indirekte Rede in der Vergangenheit sind für die Behandlung funktionsbezogener Fachinhalte nicht zwingend notwendig. Herausforderungen können jedoch Äußerungen sein, die im Französischen den Modus des „conditional“ oder „subjunctif“ verlangen. Erster wird unter anderem für höflich formulierte Vorschläge verwendet (z.B. „man könnte/müsste“), zweiter zum Beispiel für die Verneinung von Meinungen („ich denke nicht, dass“). Entsprechend den in Kapitel 4.1 aufgestellten Prinzipien und eingedenk der dienenden Funktion der Grammatik reicht es aber aus, diese Redemittel als sprachliche Hilfsmittel über Chunks zur Verfügung zu stellen.

Lexikalisch kann ebenfalls von keiner allgemein verbindlichen Basis ausgegangen werden. Allerdings müssen sich Berliner Sekundarschulen im Sinne eines Spiralcurriculums mit vier Themenbereichen beschäftigen: Individuum und Lebenswelt, Gesellschaft und öffentliches Leben, Kultur und historischer Hintergrund, Natur und Umwelt.¹⁸⁸ Es macht Sinn, eine Lernaufgabe an einem dieser Themen zu verankern.

Schaut man in die bereits erwähnten Lehrwerke, haben die Lernenden auf ihrem aktuellen Lernstand als Minimum einen Wortschatz über sich und ihre Familie, ihre Vorlieben und Hobbys, ihren Alltag, ihr Zuhause, ihr Wohnviertel, ihre Schule, Essen und Trinken, Einkaufen, Farben, das Wetter sowie Schul- und Freizeitaktivitäten erworben. Sie beherrschen einfache Zeit-, Alters-, Richtungs- und Ortsangaben; lehrwerksabhängig können auch Kleidung, Musik, Sport, Tiere, Wegbeschreibungen und Verkehrsmittel im ersten Lernjahr dazukommen. Im zweiten Lernjahr erweitert sich der Wortschatz um genauere Personen-, Sach- und Ortsbeschreibungen, Erlebnisse und Ereignisse, Wünsche, Gefühle, Vorschläge, Interessen und Meinungen, Rezepte, das Internet sowie Lexik zum Argumentieren und Begründen.¹⁸⁹

¹⁸⁷ vgl. Blume, Otto-Michael et al. (2012); vgl. Bruckmayer, Birgit et al. (2012)

¹⁸⁸ vgl. SenBildJugFam Berlin (2017), S. 34ff

¹⁸⁹ vgl. Blume, Otto-Michael et al. (2012); vgl. Bruckmayer, Birgit et al. (2012)

Dieser noch sehr lückenhafte Wortschatz kann das Verständnis im späteren Verlauf einer Lernaufgabe erschweren. Vor allem bezogen auf mathematische Inhalte ist das sprachliche Vorwissen sehr dünn: Mehr als eine alltagssprachliche Anwendung einzelner Grundrechenarten (Kontext „Einkaufen“) kann nicht sicher vorausgesetzt werden. Dem muss man mit einer gezielten Wortschatzvermittlung entgegenwirken. Unabdingbarer Bestandteil dieser Wortschatzarbeit ist im Sinne von Bentley die sogenannte obligatorische Themen-Lexik.¹⁹⁰ Sie ist zwingend nötig, um ein Thema zu verstehen und fachlich darüber zu kommunizieren. Dazu kommt eine „kompatible“ Themen-Lexik, die zwar nicht aus Fach- sondern aus Alltagssprache besteht, zur kommunikativen Behandlung des Themas faktisch aber ebenfalls erforderlich ist.

Konkret müssen die Lernenden folgende Lexik beherrschen:¹⁹¹

1. mathematische Operatoren: auflösen, berechnen, ergänzen, überführen, vergleichen, zuordnen, usw.
2. kommunikative Funktionen: begründen, beschreiben, erklären, nennen, umformulieren, (mit eigenen Worten) wiedergeben, usw.
3. obligatorische Themen-Lexik: Funktion, zuordnen/Zuordnung, (un)abhängige Größe, Definitionsmenge, Wertemenge, Variable, Parameter, linear, Gleichung, Wertetabelle, Graph, Punktepaar, schneiden/Schnittpunkt, gerade/Gerade, steigen/Steigung
4. kompatible Themen-Lexik: zusammenhängen/Zusammenhang, zugehörig, gemeinsam, entsprechend, je ... desto, wenn ... dann, eindeutig/genau ein, abhängen/in Abhängigkeit von, (sich) verändern/Veränderung, größer/kleiner werden, beeinflussen, einsetzen, eintragen, ermitteln, addieren, subtrahieren, multiplizieren, dividieren, gleich/Gleichheit, (ein)zeichnen, beschriften, verlaufen/Verlauf, Zeile, Spalte, Koordinatensystem, Achse, Punkt, Linie, verbinden, fallen, verschieben/Verschiebung; plus die kontextgebundene Lexik (nötig zum Verständnis der Fragestellung)

Dabei ist darauf zu achten, dass die im Rahmen der CLIL-Unterrichtseinheit verwendete Lexik kein grammatisches Wissen ver-

¹⁹⁰ vgl. Bentley (2013), S. 11, als Übersetzung von „content-obligatory language“

¹⁹¹ eigene Analyse; vgl. dazu beispielsweise Zindel et al. (2018)

langt, das auf dem aktuellen Lernstand noch nicht vorhanden ist und nicht über Chunks vermittelt werden kann. Wenn die CLIL-Einheit zu Beginn des 8. Schuljahres stattfinden soll, sind Verben auf „-ir“ beispielsweise zu vermeiden. Es empfiehlt sich daher, die zu konzipierende Lernaufgabe eher im fortgeschrittenen 8. Schuljahr einzusetzen.

Zusammenfassend zeigen diese Vorüberlegungen, dass bei der sprachlichen Ausgestaltung der zu erstellenden Lernaufgabe ein dreistufiges Vorgehen empfehlenswert ist: Erst wählt man anhand des vermuteten Sprachwissens der Lernenden einen geeigneten thematischen Kontext für die Lernaufgabe aus. Dann analysiert man davon ausgehend, was im Rahmen dieses Kontextes und der jeweiligen Aufgabenstellung(en) an mathematikbezogenem Sprachwissen vonnöten ist. Zuletzt legt man fest, welche methodischen Werkzeuge als sprachliche Hilfestellungen für die Lernenden zum Einsatz kommen müssen.

7 Praktischer Teil: Aufgabenentwicklung

Die von mir entwickelte Lernaufgabe (siehe Kapitel 7.1 und Anhang) umfasst eine Doppelstunde mit anschließender Hausarbeit zum Thema lineare Funktionen. Das Thema wird auf Jahrgangsstufe 8 in aller Regel nicht als erstes unterrichtet, was der Empfehlung mit Blick auf die sprachlichen Voraussetzungen aus dem vorherigen Kapitel entgegenkommt. Anders als bei vielen „etablierten“ Lernumgebungen und Übungsaufgaben zum Thema lineare Funktionen habe ich mich für ein eher unwahrscheinlich eintretendes Realweltproblem entschieden: eine Weltraumreise. Gedanke dahinter ist, dass die Anzahl echter Realweltprobleme eher überschaubar ist, die tatsächlich eine Relevanz in der Lebenswelt der Lernenden haben: Der Vergleich von Handy- oder Stromtarifen, von Handwerkerrechnungen mit Anfahrtkosten etc. (Grundpreis plus Verbrauchsabhängigkeit) dürfte im faktischen – und finanziellen – Alltag von Achtklässler*innen selten eine Rolle spielen.

Eine Alternative dazu wäre eine Kontextualisierung über Strecken und Wegeschwindigkeiten, wie etwa die Optimierung des Schulwegs per Vergleich diverser Fortbewegungsarten (z.B. Auto, Fahrrad, ÖPNV), wobei man die y-Achsen-Verschiebung beispielsweise als Dauer der

Parkplatzsuche interpretieren kann.¹⁹² Ich denke allerdings, dass auch das fiktive Setting einer Weltraumreise im Auftrag eines realen Multimilliardärs zu einer mindestens vergleichbaren „Neugierde und Motivation“ im Sinne Wespis et al. führen kann.¹⁹³ Nicht die Schülerinnen und Schüler unternehmen also im Setting die Reise, sondern Jeff Bezos, der CEO von Amazon und einer der reichsten Menschen der Welt.

Die Lernenden sollen ihn beraten. Die Lernaufgabe lautet: „Schreibt einen Trainingsplan für Jeff Bezos. Wie lange musst er trainieren, damit er nach einem Monat Weltall nicht weniger Muskeln hat als vor dem Training?“ Der Muskelauf- und -abbau lässt sich als diskrete lineare Funktion darstellen. Er ist insofern als Kontextualisierung für lineare Funktionen gut geeignet. Da es um Körperfunktionen geht, ist der Themenbereich „Natur und Umwelt“ nach Kapitel 6.2 adressiert. Der Weltraum ist außerdem eines der wenigen naturwissenschaftlichen Themen, das gleichermaßen das Interesse von Jungen und Mädchen zu wecken vermag, so wie das Thema Schädigungen des Körpers.¹⁹⁴

Formal orientiert sich die Lernaufgabe am vorgestellten Phasenmodell: Nach der Konfrontation mit dem Problem kommt es zur kognitiven Strukturbildung, indem Grundvorstellungen zu Funktionen durch verschiedene Darstellungen und Darstellungswechsel gefördert werden. So fördern die Schritte 3a, 4b und 4c die Zuordnungsvorstellung (lineare Zuordnung, Argument-Wert-Paare), die Schritte 3b und 4 die Objektvorstellung (Geradengestalt, Funktionsgleichung) und Schritt 5 die Kovariationsvorstellung.¹⁹⁵ Es kommt zur Ausdifferenzierung über Übungen, wozu ich die Funktionswert-Berechnungen in Schritt 4b bis 4d zähle. Zur abschließenden Synthese gesellt sich – hier auch Adamina und Hild folgend – eine Phase aus Reflexion und Austausch.¹⁹⁶

Diese Reflexion erfolgt in Form einer kommunikativen Hausaufgabe: dem Aufnehmen eines erklärenden Video-Monologs. Im Sprachfach ist die primär geförderte Kompetenz somit das Sprechen – und zwar nicht nur monologisch beim Endprodukt, sondern auch dialogisch durch die

¹⁹² vgl. die vorgestellten Beispiele in Fey (2008), S. 54

¹⁹³ Es sei hier erinnert an Wespil/Luthiger/Wilhelm (2015), S. 31

¹⁹⁴ vgl. Holstermann/Bögeholz (2007), S. 75

¹⁹⁵ vgl. Laakmann (2012), S. 87f

¹⁹⁶ vgl. Adamina/Hild (2019), S. 124

Sozialform der Partnerarbeit während der Bearbeitung der Aufgabe (vgl. Punkt 4 in Kapitel 4.1). Der thematische Kontext der Aufgabe ist dem Sprachstand angemessen: Außer neuer Lexik werden keine Redemittel vorausgesetzt, über die die Lernenden noch nicht verfügen. Die noch unbekannte Lexik zu Funktionen wird als Bildungssprache für das Sachfach explizit neu vermittelt (vgl. Punkt 3 in Kapitel 4.1).

Im Sachfach Mathematik wird primär die prozedurale Kompetenz [K4] „mathematische Darstellungen verwenden“ gefördert, sekundär auch die Kompetenzen [K6] „mathematisch kommunizieren“ und [K2] „Probleme mathematisch lösen“ (siehe Standardkonkretisierung in den Folgekapiteln). Die in Kapitel 4.2 formulierten Qualitätskriterien für Lernaufgaben werden erfüllt: Die Aufgabe beinhaltet Kompetenzorientierung nach den Bildungsstandards, Output-Orientierung durch das kommunikative Endprodukt, Offenheit z.B. in der Form der Lösung von Schritt 5 und 6, kognitive Aktivierung durch das Setting, überfachliche Kompetenzförderung (z.B. Mediennutzung bei Schritt 1, Sozialkompetenz bei der Partnerarbeit, Nutzung des deutschsprachigen Lehrwerks als Arbeitsstrategie, Selbstreflexion), lernstandsadäquate Hilfsmittel. Letztere sind grün im Entwurf markiert und finden sich auch im Anhang. Zusätzlich deckt die Aufgabe alle drei Anforderungsbereiche ab: Vom einfachen Reproduzieren bei der ersten Frage unter Schritt 3b bis zum Verallgemeinern und Reflektieren bei den Schritten 6 und 7.

Weitere Belege für die Selbstständigkeitsorientierung der Lernaufgabe sind die Rolle der Lehrperson als Prozessbegleitung und die noch nicht etablierten Lösungsstrategien. Die Schülerinnen und Schüler kennen noch keine linearen Gleichungssysteme. Sie können sich aber z.B. über den Vergleich zweier Wertetabellen einer Lösung nähern. Auch rechnerisch lässt sich die Aufgabe für sie lösen: Die Lernenden erfahren, wie viel Jeff Bezos normalerweise wiegt. Daher können sie in einem ersten Schritt errechnen, wie viel er wiegen muss, damit er nach einem Monat All nicht unter sein Ursprungsgewicht fällt (etwa 65,52 kg, da er vorher 65 kg wog). Dann ermitteln sie das x , für das die Muskelaufbau-Formel dieses Ergebnis liefert: $65,52 = 65 + \frac{1,5}{100} \cdot x$

Im Folgenden hier die Lernaufgabe in deutscher Übersetzung, wobei die grün markierten Stellen Anmerkungen für die Korrektur sind. Die Schülerinnen und Schüler würden ein davon bereinigtes Blatt erhalten.

7.1 Lernaufgabe in deutscher Übersetzung

Lernaufgabe: Kräftig im Weltall



Herzlichen Glückwunsch! Jeff Bezos, der Chef von Amazon und einer der reichsten Menschen der Welt, fliegt ins Weltall und stellt euch als Berater an. Er hat nämlich ein Problem: Im Weltraum bauen sich die Muskeln ab. Nach der Landung möchte er aber genauso gut 😊 aussehen wie vorher. Also muss er vorher trainieren. Helft ihm dabei!

Copyright: brgfx - de.freepik.com

Eure Aufgabe: Schreibt einen Trainingsplan für Jeff Bezos. Wie lange musst er trainieren, damit er nach einem Monat Weltall nicht weniger Muskeln hat als vor dem Training?

Das habt ihr: Wissen über lineare Funktionen und über die Prozentrechnung

Das braucht ihr: Stift, Lineal, Karopapier, Taschenrechner, gute Ideen

So arbeitet ihr: Ihr arbeitet in Partnerarbeit („en binôme“) und selbstständig. Bei Problemen stehe ich als Ansprechpartner zur Verfügung.

Das Endprodukt: Nach dieser Doppelstunde nehmt ihr zu Hause zusammen ein kurzes Video auf (Dauer: etwa 2-3 Minuten). Darin stellt ihr gemeinsam euren Lösungsweg vor. Erklärt dabei vor allem, warum ihr gerade diese bestimmte Darstellungsform für eure Lösung benutzt habt.

Arbeitsschritte:

1. Lest den Arbeitsauftrag. Habt ihr Fragen? Bestimmte Wörter kennt ihr vielleicht noch nicht. Ihr dürft dafür während der Aufgabe ein Online-Lexikon benutzen.

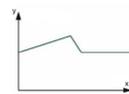
[Dauer: 7-8 Minuten]

2. Lest den Artikel über Muskelauf- und -abbau im Weltraum (Blatt 1).

[Dauer: 7-8 Minuten]

Sprachentlastung: kompatible Themen-Lexik, Mengen- und Prozentangaben (Blatt 1)

3. Elon Musk und Bill Gates waren schon vor Jeff Bezos im Weltraum. So sieht ihr Muskeltraining als Funktionsgraph aus.



Bill Gates



Elon Musk

a. Denkt euch eine Beschriftung für die x- und die y-Achse aus.
Was ist die abhängige Variable, was die unabhängige Variable?

b. Welcher Graph stellt einen linearen Zusammenhang dar? Warum? Überlegt
euch die Geschichte zum Graphen: Wie trainiert Bill Gates? Wie Elon Musk?

[Dauer: 10 Minuten]; AFB 1+2

Sprachentlastung: obligatorische Themen-Lexik zu (linearen) Funktionen (Blatt 2)
Sachfachentlastung: Mathe-Schulbuch

4. Die Funktionsgleichung für den Muskelabbau pro Monat lautet:

$$y = \text{Gewicht} - \frac{\text{Gewicht} \cdot 0,8}{100} \cdot x$$

Die Variable x bezeichnet die Zahl der Monate im Weltraum.

Die Variable y bezeichnet das Gewicht nach dem Ablauf dieser Zeit.

a. Jeff Bezos wiegt normalerweise 65 Kilogramm. Kann man die Formel
vereinfachen, weil man nun das Startgewicht kennt? Versucht es.

b. Angenommen, Jeff Bezos wiegt beim Abflug 70kg. Berechnet: Wie viel
Muskelmasse hat er nach drei Monaten, zehn Monaten oder 15 Tagen
verloren?

Wie viel wiegt er insgesamt nach drei Monaten, zehn Monaten oder 15 Tagen?
Tipp: Ihr müsst die Gleichung nicht ändern, um den Wert für 15 Tage zu ermitteln.

c. Vergleicht die Funktionsgleichung mit dem Text auf Blatt 1.
Erstellt auch für den Muskelaufbau eine Gleichung für Jeff Bezos.

d. Vor dem Training wiegt Jeff Bezos 65kg. Berechnet: Wie viel Muskelmasse hat
er nach drei Monaten, zehn Monaten oder 15 Tagen aufgebaut?
Wie viel wiegt er insgesamt nach drei Monaten, zehn Monaten oder 15 Tagen?

[Dauer: 20 Minuten]; AFB 1+2

5. Jeff Bezos ist das zu viel Rechnerei. Er möchte gerne schnell und auf einen
Blick erkennen, wie hoch sein Gewicht nach jedem weiteren Monat Training ist.
Wählt eine geeignete Darstellungsform dafür aus.

[Dauer: 10 Minuten]; AFB 2

6. Löst die Aufgabe und erstellt den Trainingsplan.
Ihr dürft dabei jede Darstellungsform benutzen, die euch weiterhilft.

[Dauer: 30 Minuten]; AFB 3

7. Wir besprechen, was ihr für eure Präsentation machen müsst.

[Dauer: 5 Minuten]

Arbeitsblatt 1:

Warum man vor dem Weltraumflug Muskeln trainieren muss



Copyright: brgfx - de.freepik.com

Im Weltraum verlieren Menschen Muskeln.

Grund dafür ist die Schwerelosigkeit, weil man die Muskeln weniger benutzt.

Wissenschaftler sagen: Jeden Monat verliert man 0,8 Prozent seines Körpergewichts an Muskeln. Selbst wenn man im Weltraum Sport treibt.
Bei 50 Kilogramm Gewicht sind das 400 Gramm weniger pro Monat.

Astronauten bauen deshalb vor längeren Weltraumflügen gezielt Muskeln auf. Männer können laut der US-amerikanischen „National Academy of Sports Medicine“ bis zu 1,5 Prozent ihres Körpergewichts pro Monat an Muskeln aufbauen. Bei Frauen ist es etwa die Hälfte. Bei 50 Kilogramm Körpergewicht sind für Männer also bis zu 750 Gramm Muskelmasse im Monat und für Frauen bis zu 375 Gramm möglich.

Unten auf dem Blatt stehen sprachliche Hilfestellungen:

lexikalische Redemittel („kompatibler“ Themen-Wortschatz):

Weltraum(flug)
Körpergewicht

Schwerelosigkeit
Muskelmasse

Wissenschaftler
(M.) aufbauen

grammatische Redemittel

Mengenangaben: 50 Kilogramm / Gramm von etwas
Prozentangaben: x Prozent von etwas

7.2 Standardkonkretisierung für das Sachfach

Standards des RLP	Stand der Kompetenzentwicklung	angestrebte Kompetenzentwicklung
inhaltsbezogen (Niveaustufe F)		
L4: Gleichungen und Funktionen <ul style="list-style-type: none"> • zwischen verschiedenen Darstellungen von linearen Funktionen wechseln • zu linearen Funktionen Berechnungen durchführen • Gleichungen und lineare Gleichungssysteme lösen 	<p>Die Schülerinnen und Schüler kennen lineare Funktionen und den Funktionsbegriff als solchen.</p> <p>Sie wissen, dass sich lineare Funktionen mit der Funktionsgleichung $y = mx + b$ beschreiben lassen. Sie wissen, dass der Graph eine Gerade ist, die man mit Hilfe zweier Punkte zeichnen kann. Sie wissen, wie man die Steigung m und die additive Konstante b berechnen bzw. ablesen kann (z.B. mit einem Steigungsdreieck).</p> <p>Sie wissen, wie man aus den verschiedenen Darstellungsarten linearer Funktionen bestimmte Funktionswerte ermitteln kann.</p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler lösen (grafisch oder durch systematisches Probieren) ein einfaches lineares Gleichungssystem mit zwei Variablen, das auf einem fiktiven Realweltproblem beruht.</p> <p>Sie tun dies schrittweise, indem sie</p> <ul style="list-style-type: none"> • eine außermathematische Situation als lineare Funktionsgleichung darstellen, • zwischen verschiedenen Darstellungen der linearen Funktion(en) wechseln, • zu ausgewählten Argumenten Funktionswerte bestimmen und • eigenständig eine geeignete Darstellungsform zur Lösung des Problems auswählen.
Themenfeld Terme und Gleichungen <ul style="list-style-type: none"> • Darstellen von außer- und innermathematischen Sachverhalten durch Terme, Gleichungen und lineare Gleichungssysteme mit zwei Variablen • Lösen linearer Gleichungssysteme mit zwei Variablen (grafisch und durch systematisches Probieren) 		

Standards des RLP	Stand der Kompetenzentwicklung	angestrebte Kompetenzentwicklung
Fortsetzung		
Themenfeld Zuordnungen und Funktionen		
<ul style="list-style-type: none"> • Übersetzen zwischen sprachlicher, tabellarischer und grafischer Form sowie Funktionsgleichung von linearen Funktionen • Ermitteln und Nutzen von ausgewählten Punkten linearer Funktionen 		
prozessbezogen		
<p>[K4] Mathematische Darstellungen verwenden (primäres Kompetenzziel)</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler können:</p> <ul style="list-style-type: none"> • eine Darstellung in eine andere übertragen • geeignete Darstellungen für das Bearbeiten mathematischer Sachverhalte und Probleme auswählen, nutzen und entwickeln 	<p>Die Schülerinnen und Schüler kennen die Darstellungsarten Graph, Wertetabelle, Gleichung und Verbalisierung für Funktionen im Allgemeinen und lineare Funktionen im Speziellen. Sie wissen, wie man lineare Funktionen von einer Darstellungsart in die andere überträgt.</p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler bewerten Darstellungsarten hinsichtlich ihres Nutzens für konkrete Anforderungen, was sie zeigen, indem sie eine Auswahl treffen</p> <ul style="list-style-type: none"> • in Bezug auf die Übersichtlichkeit der Darstellung • und auf die Lösung eines einfachen linearen Gleichungssystems.

Standards des RLP	Stand der Kompetenzentwicklung	angestrebte Kompetenzentwicklung
<p>[K2] Probleme mathematisch lösen (sekundäres K-Ziel)</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler können:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufgaben bearbeiten, zu denen sie noch keine Routinestrategie haben (sich zu helfen wissen) 	<p>Die Schülerinnen und Schüler wissen weder, was ein lineares Gleichungssystem ist, noch haben sie eine Routine zum Lösen.</p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler lösen (grafisch oder durch systematisches Probieren) ein einfaches lineares Gleichungssystem mit zwei Variablen, das auf einem fiktiven Realweltproblem beruht (siehe oben bei L4).</p>
<p>[K6] Mathematisch kommunizieren (sekundäres K-Ziel)</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler können:</p> <ul style="list-style-type: none"> • relevante Informationen aus Sachtexten und anderen Darstellungen entnehmen und sich darüber mit anderen austauschen • Aufgaben gemeinsam bearbeiten • mathematische Fachbegriffe und Zeichen bei der Beschreibung und Dokumentation von Lösungswegen sachgerecht verwenden • eigene Problembearbeitungen und Einsichten dokumentieren und darstellen 	<p>Die Schülerinnen und Schüler verfügen über die genannten Teilkompetenzen bereits auf alters- und lernstandadäquatem Niveau auf Deutsch.</p> <p>In der Fremdsprache Französisch ist sind die Teilkompetenzen der gezielten Informationsentnahme aus Texten und der gemeinsamen Aufgabenbearbeitung bereits für nicht-mathematische Inhalte entsprechend vorhanden.</p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten die Lernaufgabe wie vorgesehen und demonstrieren in einem kommunikativen Endprodukt bezogen auf ein inhaltlich und sprachlich streng begrenztes Thema folgende Teilkompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • relevante Informationen aus Sachtexten entnehmen • Aufgaben gemeinsam bearbeiten • mathematische Fachbegriffe bei der Beschreibung von Lösungswegen sachgerecht verwenden und • eigene Einsichten dokumentieren.

Standards des RLP	Stand der Kompetenzentwicklung	angestrebte Kompetenzentwicklung
Fortsetzung		
		ANMERKUNG: Es wird davon ausgegangen, dass sich die für Punkt 1 nötige Methodenkompetenz aus dem Deutschen übertragen lässt und sich Punkt 3 im Wesentlichen auf die angemessene Verwendung neuer Lexik beschränkt. Daher findet die Kompetenzentwicklung vor allem bei Punkt 2 und 4 statt.

7.3 Standardkonkretisierung für das Sprachfach

Standards des RLP	Stand der Kompetenzentwicklung	angestrebte Kompetenzentwicklung
funktional kommunikativ (Niveaustufe F)		
monologisches Sprechen (primäres Kompetenzziel) Die Schülerinnen und Schüler können: <ul style="list-style-type: none"> einfache kurze Vorträge zu Alltagsthemen halten, dabei auch Meinungen und Gründe anführen sowie auf einfache Nachfragen reagieren. 	Die Schülerinnen und Schüler können über vertraute Alltagsthemen einfach und zusammenhängend sprechen (Niveaustufe E). Sie können (nach entsprechender Vorbereitung) kurze Vorträge zu bekannten Themen halten und darin auch Meinungen und Gründe nennen.	Die Schülerinnen und Schüler schildern unter Verwendung ihrer bisher gelernten sprachlichen Mittel und der neu eingeführten Lexik über lineare Funktionen kurz und zusammenhängend ihren Lösungsweg und äußern dabei ihre Meinung zu den Vorteilen der Anwendung bestimmter Darstellungsarten für das konkrete Problem.

Standards des RLP	Stand der Kompetenzentwicklung	angestrebte Kompetenzentwicklung
<p>dialogisches Sprechen (sekundäres Kompetenzziel)</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler können sich:</p> <ul style="list-style-type: none"> über Inhalte, Meinungen und Wünsche in vertrauten Alltagssituationen unter Verwendung einfacher sprachlicher Mittel austauschen und dabei ein Gespräch aufrechterhalten. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler können in vertrauten Alltagssituationen mit vorhersehbarem Ablauf zusammenhängend sprachlich agieren und reagieren (Niveaustufe E).</p> <p>Sie haben bereits einfache Redemittel dafür erworben, ihre Meinung zu äußern.</p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler tauschen sich unter Verwendung ihrer bisher gelernten sprachlicher Mittel und neu eingeführter Lexik inhaltlich über Eigenschaften und die Darstellung linearer Funktionen aus, vorerst noch auf konkreter kontextbezogener Ebene. Sie tauschen dabei auch Meinungen über ihr Vorgehen aus.</p>
<hr/>		
sprachliche Mittel		
<p>Die Schülerinnen und Schüler können:</p> <ul style="list-style-type: none"> in vertrauten Alltagssituationen und zu bekannten Themen erfolgreich sprachlich agieren und bei der Verwendung eines größer werdenden Repertoires sprachlicher Mittel zunehmend Sicherheit erlangen. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler können in vertrauten Alltagssituationen und zu bekannten Themen erlernte sprachliche Mittel angemessen anwenden (Niveaustufe E).</p> <p>Sie können unbekannte Lexik per Wörterbuch erarbeiten und in der Sprachproduktion anwenden, sofern dies ihre grammatischen Kenntnisse nicht übersteigt.</p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler können Redemittel zu linearen Funktionen auf ausgewählte Alltagssituationen bzw. bekannte Themen erfolgreich anwenden, indem sie die allgemeinen Redemittel zu Funktionen auf den konkreten Kontext der Lernaufgabe anwenden.</p>

8 Reflexion

Das Ergebnis der vorliegenden Arbeit ist eine CLIL-Lernaufgabe zur Förderung von Grundvorstellungen zu Funktionen auf Französisch, deren Entwicklung sich auch als theoriebasiertes Modellvorgehen zur Entwicklung solcher selbstständigkeitsorientierten Lernsituationen im bilingualen CLIL-Sachfachunterricht lesen lässt. Exemplarisch wurde im praktischen Teil die Fiktion der Weltraumreise eines Milliardärs als motivierender Aufhänger einer entsprechenden Lernaufgabe gewählt.

Wie in CLIL-Kontexten üblich, steht nicht nur das Sachfach, sondern auch die Zielsprache im Fokus der didaktischen Analyse. Da die L2 bei CLIL vor allem implizit mitgelernt wird, sind insbesondere Aktivitäten besonders lernförderlich, die gleichzeitig auf fachliche Kompetenzen und Sprachkompetenzen fokussieren. Das wird in der vorgelegten Lernaufgabe durch die Partnerarbeit während der Bearbeitung und das kommunikative Endprodukt angestrebt. Der sprachliche Lernstand der Schüler*innen muss bei der Ausgestaltung der Lernaufgabe ebenfalls berücksichtigt werden – lexikalische Lücken lassen sich z.B. mit Wortschatzhilfen leichter überbrücken als grammatisches Noch-Nicht-Wissen. Es ist also gezieltes sprachliches Scaffolding vonnöten.

Hier zeigen sich erste Ansatzpunkt für eine kritische Reflexion der von mir erstellten Lernaufgabe: So habe ich mich bewusst von der in den Kapiteln 6.1 und 6.2 herausgearbeiteten Empfehlung gelöst, dass der Kontext der Lernaufgabe anfangs möglichst ein „vertrautes“ Alltagsthema sein sollte. Da sich die neu eingeführte Kontext-Lexik in Grenzen hält, halte ich das für umsetzbar. Ferner biete ich den Lernenden aus Gründen ihres Sprachstandes als Blatt 1 keinen rein authentischen Text an, sondern einen didaktisierten Text aus authentischen Quellen.

Schwieriger zu beurteilen ist der Umgang mit der *obligatorischen* Themen-Lexik, also Redemitteln zu Funktionen. Ich bin mit dem Ziel eines möglichst umfassenden Scaffoldings davon ausgegangen, dass den Lernenden zwar mathematische Operatoren und kommunikative Funktionen bereits auf Französisch bekannt sind, ihnen Redemittel zu Funktionen aber bislang komplett unbekannt sind. Das hat zum Ergebnis, dass die angebotenen Redemittel auf Blatt 2 – auch wenn die Verwendung freiwillig ist – insbesondere sprachschwächere Lernen-

de durch ihre pure Anzahl „erschlagen“ könnten. Hier lohnt es sich zu erwägen, einige Redemittel schon in früheren CLIL-Stunden einzuführen, also die Einführung zu staffeln – beispielsweise Redemittel zu Gleichungen, zu (Werte-)Tabellen und/oder zum Koordinatensystem.

Zu den mathematischen Aspekten der Arbeit:

Nach einem fachdidaktischen Überblick über Eigenschaften, Ziele und Effekte von Lernaufgaben als selbstständigkeitsorientierte Lernumgebungen (SOL) habe ich die genannten Struktureigenschaften und Qualitätsansprüche so zusammengefasst, dass sich daraus ein praktisches Instrument mit Kompatibilität zu CLIL ergibt. Dabei zeigte sich, dass diese Umsetzungsprinzipien – trotz dem Fokus auf das Sachfach – insgesamt auch sprachförderlich wirken und daher sehr gut zu CLIL passen. Es zeigte sich allerdings auch, dass auch Lernaufgaben in der Regel eine gezielte Unterstützung im Sinne von Scaffolding erfordern.

Anders als beim sprachlichen Scaffolding habe ich mich bewusst dafür entschieden, den Lernenden dafür keine weiteren Materialien zur Verfügung zu stellen. Der Hauptgrund dafür ist das Dilemma, dass jeder neue sachfachliche Inhalt wiederum sprachliches Scaffolding erfordert – und die Aufgabe damit „aufbläht“. Auch geht der sprachliche Fokus der Unterrichtseinheit dann noch stärker in Richtung Leseverstehen, was nicht das eigentliche sprachliche Kompetenzziel der Aufgabe ist. Stattdessen findet das fachliche Scaffolding in der Lernaufgabe nach meiner Vorstellung mündlich statt. Dies kann kritisch diskutiert werden; bei sprachstarken Lerngruppen wäre beispielsweise auch ein Stationen-Lernangebot mit Lösungstipps oder -beispielen eine Option.

Diskussionsansätze gibt es nicht zuletzt auch in Sachen Strukturierung der Lernaufgabe. Ist die Phase der Übung umfassend genug (Aufgabenschritt 4)? Hätte man statt der Selbstreflexion als Abschluss der Lernaufgabe eher den Transfer fördern sollen? Und ist die Lernaufgabe in einer Doppelstunde gut zu schaffen? Hier ist m. E. stets eine Anpassung an die konkrete Lerngruppe notwendig, damit die Aufgabe zeitlich angemessen bleibt und die Lernenden nicht überfordert.

9 Ausblick

Wie diese Arbeit gezeigt hat, lassen sich CLIL und selbstständigkeitsorientierte Lernsituationen sehr gut „unter einen Hut bringen“. Zugleich kann sie als Modell für die Konzeption solcher Lernaufgaben dienen.

Gleichwohl werden diesbezügliche Überlegungen auch in Zukunft weiter erforderlich sein: Da die Konsolidierung der konzeptionellen Grundlagen von CLIL noch nicht abgeschlossen ist, sollten neue Impulse und empirische Erkenntnisse zum Thema entsprechend integriert werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde zudem an mehreren Stellen auf noch ungeklärte Fragen verwiesen, die weitergehende Forschungsbemühungen erfordern: Welche Anpassungen – wenn überhaupt – sind erforderlich, um CLIL – und SOL im Rahmen von CLIL – auch für Sprecher*innen mit L1-Problemen erfolgreich umzusetzen? Wie lassen sich die vielversprechenden Modellversuche zu CLIL an Haupt- und Realschulen in die Entwicklung allgemeiner Curricula überführen? Welche Ergebnisse werden die wegen methodischer Schwächen geforderten weiteren Studien für diverse europäische Kontexte mit sich bringen?

Auf Ebene der Umsetzung von CLIL-Lernaufgaben gibt es ebenfalls noch Erkenntnisbedarf: Wie lassen sich CLIL-Lernaufgaben anpassen, um weitere Prinzipien und aktuelle Herausforderungen der modernen Mathematikdidaktik aufzugreifen – beispielsweise Lernen im Distanzunterricht und/oder forschendes Lernen? Die Entwicklung einer Lernaufgabe für CLIL ist zudem sehr zeitaufwändig. Könnte ein sprachübergreifender, sachfachdidaktisch fundierter Aufgabenpool zur Lösung dieses Problems beitragen? Die Kompetenzorientierung im Fremdsprachenunterricht geht von derselben Progression in verschiedenen Schulsprachen für dasselbe Sprachlernjahr aus, sodass der jeweilige Kompetenzstand im selben Sprachlernjahr vergleichbar wäre. Wie lässt sich aber die Gefahr von „Übertragungsfehlern“ aufgrund von sprachinhärenten Eigenheiten entschärfen? Wie erfolgreich lassen sich Lernaufgaben für noch sehr schwachsprachige Lerngruppen im ersten Fremdsprachenlernjahr nutzen? Und sind vielleicht gerade SOL ein Königsweg, um den eingangs kritisierten Mangel an didaktischem Material zu beheben, das den Bedürfnissen von CLIL entspricht?

10 Anhang: Lernaufgabe auf Französisch

Fort dans l'espace



Félicitations ! Jeff Bezos, le chef d'Amazon et un des hommes les plus riches du monde, vole dans l'espace. Et il t'embauche comme conseiller !

Son problème: les muscles se dégradent dans l'espace. Mais il ne veut pas être moins joli 😊 après la retour. Donc il doit s'entraîner avant le vol.

Aidez-le.

Copyright: brgfx - de.freepik.com

Votre tâche: Écrivez un programme d'entraînement pour Jeff Bezos. Il ne veut pas avoir moins de muscles après un mois dans l'espace qu'avant l'entraînement. Combien de temps doit-il s'entraîner avant le vol?

Vous avez déjà: Vos connaissances des fonctions linéaires et du calcul des intérêts

Il vous faut: Un stylo, une règle, une calculatrice, du papier quadrillé, de bonnes idées

Vous travaillez ainsi: Vous travaillez en binôme et de manière autonome. Vous pouvez me contacter s'il y a des problèmes.

Le produit final: Après deux heures de travail en classe, vous enregistrez une vidéo à la maison (durée: environ 2-3 minutes). Dans la vidéo, vous présentez ensemble votre méthode de résolution. Expliquez aussi quel mode de représentation vous avez choisi et pourquoi.

Étapes de la tâche:

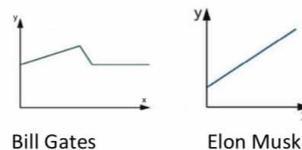
1. Lisez la description de la tâche (= cette fiche). Vous avez des questions ? Peut-être il y a des mots que vous ne connaissez pas. Cherchez-les dans un dictionnaire en ligne.

[7 à 8 minutes]

2. Lisez le texte sur la formation musculaire et sur la dégradation musculaire dans l'espace (fiche 1).

[7-8 minutes]

3. Bill Gates et Elon Musk ont déjà été dans l'espace. Voyez les graphiques de leur entraînement.



a. Trouvez une inscription pour l'axe des x et pour l'axe des y.
Quelle est la variable dépendante, quelle est la variable indépendante ?

b. Quel graphique montre une relation linéaire des deux variables ?
Pourquoi ? Racontez une histoire sur les graphiques:
Comment s'entraîne Bill Gates? Comment s'entraîne Elon Musk ?

Vous pouvez utiliser votre manuel scolaire de maths en allemand.

[10 minutes]

4. Voilà l'équation de la fonction de la dégradation musculaire par mois:

$$y = \text{poids du corps} - \frac{\text{poids du corps} \cdot 0,8}{100} \cdot x$$

La variable x représente le nombre de mois dans l'espace.

La variable y représente le poids du corps après ce temps

a. Normalement, le poids du corps de Jeff Bezos est 65 kilos.
Est-ce que vous pouvez simplifier l'équation après cette information ? Essayez-le.

b. Pensons que le poids du corps de Jeff Bezos est 70 kilos au départ dans
l'espace. Combien de masse musculaire perd-il au cours de trois mois, dix mois
ou 15 jours ? Quel est son poids après trois mois, dix mois ou 15 jours ? Il n'est
pas nécessaire de changer l'équation pour calculer la variable y pour les 15 jours.

c. Comparez l'équation au texte sur la fiche 1.
Elaborez aussi une équation de la fonction pour la formation musculaire.

d. Avant l'entraînement, le poids du corps de Jeff Bezos est 65 kilos.
Combien de masse musculaire gagne-t-il au cours de trois mois, dix mois ou
15 jours ? Quel est son poids du corps après trois mois, dix mois ou 15 jours ?

[20 minutes]

5. Pour Jeff Bezos, c'est trop de calcul. Est-ce qu'il y a une possibilité de savoir d'un seul
coup combien de poids il a après chaque mois d'entraînement ? Trouvez un mode
de représentation qui lui donne cette possibilité pour n'importe quel nombre de mois.

[10 minutes]

6. Résolvez la tâche et écrivez le programme d'entraînement.
Vous pouvez utiliser chaque mode de représentation qui vous aide.

[30 minutes]

7. Qu'est-ce qu'il faut faire exactement pour la présentation ? Nous en parlons.

[5 minutes]

Fiche 1:

Pourquoi doit-on entraîner ses muscles dans l'espace?



Copyright: brgfx - de.freepik.com

Dans l'espace, les muscles dégradent. La raison, c'est l'impesanteur – à cause d'elle on utilise moins de muscles.

Des chercheurs disent: Dans l'espace, on perd chaque mois des muscles correspondant à 0,8 pourcent de son poids du corps. Même si on fait du sport.

Si on a un poids de 50 kilos, la masse musculaire baisse de 400 grammes par mois.

C'est pourquoi les astronautes entraînent les muscles avant des longs vols spatiaux.

Selon la "National Academy of Sports Medicine" des États-Unis, un homme peut gagner des muscles correspondant à 1,5 pour cent de son poids du corps par mois au maximum. Pour les femmes, c'est la moitié.

Si on a un poids de 50 kilos, ça fait donc jusqu'à 750 grammes de masse musculaire par mois pour un homme et jusqu'à 375 grammes plus de masse musculaire pour une femme.

Des mots à savoir:

l'espace (m)	–	der Weltraum	on perd	–	man verliert
dégrader	–	sich abbauen	correspondant à	–	entsprechend
l'impesanteur (m)	–	die Schwerelosigkeit	la masse musculaire	–	die Muskelmasse
le chercheur,	–	der Forscher,	gagner des muscles	–	Muskeln aufbauen
la chercheuse	–	die Forscherin	la formation musculaire	–	der Muskelaufbau

On le dit ainsi:

x pourcent de qc.	p.e.	15 pourcent de la classe
x kilos / grammes de qc.	p.e.	50 kilos de muscles (<i>indéfini</i>) 100 grammes du pain (<i>défini</i>) / de la farine (<i>définie</i>)

Fiche 2:

Parlons des fonctions !



Comment parle-t-on en français de fonctions mathématiques ? Tu l'apprends à l'aide de cette fiche. En plus, il y a un petit << dictionnaire >> et des phrases modèle pour toi.

Copyright: upklyak - de.freepik.com

Des mots qu'il faut savoir pour la tâche

la fonction	– die Funktion	la relation	– der Zusammenhang
linéaire	– linear	le mode de représentation	– die Darstellungsform
la variable	– die Variable	le graphique	– der Graph
dépendant(e)	– abhängig	l'axe (m) des x	– die x-Achse
indépendant(e)	– unabhängig	l'axe (m) des y	– die y-Achse
l'équation	– die Gleichung	la valeur	– der Wert

Des mots qui peuvent aider

affecter qc. à qc.	– zuordnen	être égal(e) à	– entsprechen
l'affectation (f)	– die Zuordnung	influencer qc.	– beeinflussen
un(e) et un(e) seul(e)	– nur ein(e)	se transformer	– sich verändern
univalent(e)	– eindeutig	plus... plus...	– je... desto...
la droite / droit(e)	– die Gerade / gerade	passer par	– gehen durch
le repère cartésien	– das Koordinatensystem	couper	– schneiden
l'origine (f) du repère	– der Nullpunkt	avoir pour abscisse	– als x-Wert haben
le coefficient directeur	– die Steigung	avoir pour ordonnée	– als y-Wert haben
le point d'intersection	– der Schnittpunkt		
l'ordonnée (f) à l'origine	– der Schnittpunkt mit der y-Achse		
le tableau de valeurs	– die Wertetabelle	la ligne	– die Linie, Zeile
la paire de valeurs	– das Wertepaar	la colonne	– die Spalte

Ainsi tu peux construire des phrases

La variable x/y désigne...

Le coefficient directeur de la droite est positif/négatif/nul.

Les fonctions ont le même coefficient directeur / un coefficient directeur différent.

La colonne gauche/droite du tableau de variation indique...

Dans la colonne gauche/droite du tableau de variation on voit...

L'axe des x/y indique...

Sur l'axe des x/y on voit...

Plus les x augmentent/baissent plus les y augmentent/baissent.

Literatur

- [1] Adamina, Marco; Hild, Pitt (2019): Mit Lernaufgaben Kompetenzen fördern. In: Hild, Pitt (Hrsg.), Fachdidaktik Naturwissenschaft. 1.-9. Schuljahr (3. Aufl.). Bern: Haupt Verlag, S. 119-134.
- [2] Arens, Tilo u.a. (2018): Mathematik. Heidelberg: Springer Spektrum.
- [3] Ball, Phil; Kelly, Keith; Clegg, John (2015): Putting CLIL into practice. Oxford: Oxford University Press.
- [4] Baten, Kristof; Van Hiel, Silke; De Cuypere, Ludovic (2020): Vocabulary development in a CLIL context: A comparison between French and English L2. In: Studies in Second Language Learning and Teaching, Nr. 10 (2), S. 307-336.
- [5] Beacco, Jean-Claude (2019): Un "choc en retour" des enseignements en français (EMILE/CLIL) sur les enseignements de français langue étrangère (FLE)? In: Revue TDFLE, Nr. 74. URL: https://doi.org/10.34745/numerev_1365
- [6] Bender, Peter (2009): Ausbildung von Grundvorstellungen und Grundverständnissen: ein tragendes didaktisches Konzept für den Mathematikunterricht, erläutert an Beispielen aus den Sekundarstufen. In: Mathematik lehren und lernen. Festschrift für Heinz Griesel, Schroedel-Verlag, S. 48-60.
- [7] Bentley, Kay (2013): The TKT Course CLIL Module. Content and Language Integrated Learning. Cambridge: Cambridge University Press.
- [8] Blömeke, Sigrid; Risse, Jana; Müller, Christine; Eichler, Dana; Schulz, Wolfgang (2006): Analyse der Qualität von Aufgaben aus didaktischer und fachlicher Sicht. Ein allgemeines Modell und seine exemplarische Umsetzung im Unterrichtsfach Mathematik. In: Unterrichtswissenschaft Jg. 34 Nr. 4, S. 330-357.
- [9] Blum, Werner (2010): Einführung. In: Blum, Werner; Drüke-Noe, Christina; Hartung, Ralph; Köller, Olaf (Hrsg.): Bildungsstandards Mathematik konkret. Sekundarstufe I: Aufgabenbeispiele

- le, Unterrichts Anregungen, Fortbildungsideen. Berlin: Cornelsen Scriptor, S. 14-32.
- [10] Blume, Otto-Michael et al. (2012): *À plus!* Band 1+2, Schülerbuch, Nouvelle édition. Berlin: Cornelsen.
- [11] Böttger, Heiner (2017): Das Lernen in zwei Sprachen im Kontext der Forschung. In: Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung ISB Bayern (Hrsg.): *Lernen in zwei Sprachen – Bilinguale Grundschule Englisch. Leitfaden für die Jahrgangsstufen 1 und 2*, S. 1-11.
- [12] Bournot-Trites, Monique; Reeder, Kenneth (2001): Interdependence Revisited: Mathematics Achievement in an Intensified French Immersion Program. In: *Canadian Modern Language Review / Revue canadienne des langues vivantes*, Nr. 58 (1), S. 27-43.
- [13] Bruckmayer, Birgit et al. (2012): *Découvertes. Série jaune. Band 1+2, Schülerbuch*. Berlin: Klett.
- [14] Bruton, Anthony (2011): Is CLIL so beneficial, or just selective? Re-evaluating some of the research. In: *System*, Nr. 39 (4), S. 523-532.
- [15] Caspari, Daniela (2019): Lernaufgaben im Fremdsprachenunterricht – unterschiedliche Konzepte im Vergleich. In: Ruisz, Dorottya; Rauschert, Petra; Thaler, Engelbert (Hrsg.): *Living Language Teaching. Lehrwerke und Unterrichtsmaterialien im Fremdsprachenunterricht*. Tübingen: Narr Francke Attempto, S. 213-231.
- [16] Cenoz, Jasone; Genesee, Fred; Gorter, Durk (2013): Critical analysis of CLIL: Taking stock and looking forward. In: *Applied Linguistics*, Nr. 35 (3), S. 243-262.
- [17] Coyle, Do (2007a): Content and Language Integrated Learning: Towards a Connected Research Agenda for CLIL Pedagogies. In: *International Journal of Bilingual Education and Bilingualism*, Nr. 10 (5), S. 543-562.

- [18] Coyle, Do (2007b): The CLIL quality challenge. In Marsh, David; Wolff, Dieter (Hrsg.): *Diverse contexts – Converging goals: CLIL in Europe*. Frankfurt: Peter Lang Pub., S. 4758.
- [19] Dalton-Puffer, Christiane (2008): Outcomes and Processes in Content and Language Integrated Learning (CLIL): Current Research from Europe. In: Delanoy, Werner; Volkman, Laurenz (Hrsg.): *Future Perspectives for English Language Teaching*. Heidelberg: Universitätsverlag Winter, S. 139-157.
- [20] De Smet, Audrey; Mettwie, Laurence; Galand, Benoit; Hilgsmann, Philippe; Van Mensel, Luk (2018): Classroom anxiety and enjoyment in CLIL and non-CLIL: Does the target language matter? In: *Studies in Second Language Learning and Teaching*, Nr. 8 (1), S. 47-71.
- [21] Deutsche Mathematiker-Vereinigung: Mathematik in anderen Sprachen – Französisch. URL: <https://www.mathematik.de/franzoesisch> (Abruf am 11.05.2021)
- [22] Dockhorn, Christian (2000): Schulbuchaufgaben öffnen. In: *Mathematik lehren 100*. Friedrich Verlag, S. 58-59.
- [23] Duden Schülerlexikon Französisch: Faux amis / falsche Freunde. URL: <https://learnattack.de/schuelerlexikon/franzoesisch/faux-amis-falsche-freunde> (Abruf am 11.05.2021)
- [24] Ebenberger, Astrid (2017): Developing Individual Language Competences via Task-Based-Learning (TBL) and Content and Language Integrated Learning (CLIL). In: *Lublin Studies in modern Languages and Literature*, Nr. 41 (1), S. 174-189.
- [25] Europäische Kommission (1995): *Weißbuch zur allgemeinen und beruflichen Bildung – Lehren und Lernen – Auf dem Weg zur kognitiven Gesellschaft*. Brüssel.
- [26] Europäische Kommission (2003): *Förderung des Sprachenlernens und der Sprachenvielfalt. Aktionsplan 2004 – 2006*. Brüssel.
- [27] EURYDICE (2006): *Content and Language Integrated Learning (CLIL) at School in Europe*. Brüssel: EURYDICE.

- [28] Fauth, Benjamin; Leuders, Timo (2018): Kognitive Aktivierung im Unterricht. Stuttgart: Landesinstitut für Schulentwicklung Baden-Württemberg.
- [29] Fernández-Sanjurjo, Javier; Fernández-Costales, Alberto; Blanco, José (2019): Analysing students content-learning in science in CLIL vs. non-CLIL programmes: empirical evidence from Spain. In: *International Journal of Bilingual Education and Bilingualism*, Nr. 22 (6), S. 661-674.
- [30] Fey, Heiko (2008): Autogas oder nicht? Lernen, mit komplexen Anforderungen umzugehen. In: *Mathematik lehren*, Nr. 147, S. 5465.
- [31] Fischer, Astrid; Sjuts, Johann (2014): Lernaufgaben zur Metakognition in Mathematik. In: Ralle, Bernd; Prediger, Susanne; Hammann, Marcus; Rothgangel, Martin (Hrsg.): *Lernaufgaben entwickeln, bearbeiten und überprüfen*. Münster: Waxmann Verlag, S. 230-232.
- [32] Gajo, Laurent; Berthoud, Anne-Claude et al. (2008): *Construction intégrée des savoirs linguistiques et disciplinaires dans l'enseignement bilingue au secondaire et au tertiaire. Rapport final*. Fonds national suisse de la recherche scientifique. Genf.
- [33] Genesee, Fred (2007): French Immersion and At-Risk Students: A Review of Research Evidence. In: *Canadian Modern Language Review / Revue canadienne des langues vivantes*, Nr. 63 (5), S. 654-687.
- [34] Gibbons, Pauline (2002): *Scaffolding Language, Scaffolding Learning. Teaching Second Language Learners in the Mainstream Classroom*. Portsmouth: Heinemann.
- [35] Goris, José; Denessen, Eddie; Verhoeven, Ludo (2019): Effects of content and language integrated learning in Europe. A systematic review of longitudinal experimental studies. In: *European Educational Research Journal*, Nr. 18 (6), S. 675698.
- [36] Greefrath, Gilbert et al. (2016): *Didaktik der Analysis. Aspekte und Grundvorstellungen zentraler Begriffe*. Heidelberg: Springer Spektrum.

- [37] Hattie, John (2013): Lernen sichtbar machen. Überarbeitete deutschsprachige Ausgabe von Visible Learning, besorgt von Wolfgang Beywl und Klaus Zierer. Baltmannsweiler: Schneider Verlag.
- [38] Höfer, Thilo (2006): Funktionales Denken ganzheitlich fördern. In: Beiträge zum Mathematikunterricht 2006. Hildesheim: Franzbecker.
- [39] Hollm, Jan; Hüttermann, Armin; Keßler, Jörg-U.; Schlemminger, Gérald; Ade-Thurow, Benjamin (2013): Bilinguales Lehren und Lernen in der Schule: Gegenwart und Zukunft. In: dieselben (Hrsg.): Bilinguales Lehren und Lernen in der Sekundarstufe I: Sprache, Sachfach und Schulorganisation. Landau: Verlag Empirische Pädagogik, S. 7-12.
- [40] Holstermann, Nina; Bögeholz, Susanne (2007): Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 13, S. 71-86. Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I
- [41] Hußmann, Stephan; Richter, Vanessa (2012): Wieso kann ein Navi so genau rechnen? Mit linearen Funktionen modellieren. In: Praxis der Mathematik in der Schule, Nr. 44, S. 15-19.
- [42] Klimova, Blanka Frydrychova (2012): CLIL and the teaching of foreign languages. In: Procedia – Social and Behavioral Sciences, Nr. 47, S. 572 576.
- [43] KMK (2004): Bildungsstandards für die erste Fremdsprache (Englisch/Französisch) für den Mittleren Schulabschluss. München: Wolters Kluwer.
- [44] Laakmann, Heinz (2012): Darstellungen und Darstellungswechsel als Mittel zur Begriffsbildung. Eine Untersuchung in rechnerunterstützten Lernumgebungen. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- [45] Leisen, Josef (2010): Lernprozesse mithilfe von Lernaufgaben strukturieren. Informationen und Beispiele zu Lernaufgaben im

kompetenzorientierten Unterricht. In: Naturwissenschaften im Unterricht, Physik, Nr. 117/118, S. 9-13.

- [46] Leisen, Josef (2013): Handbuch Sprachförderung im Fach Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis. Band 2. Stuttgart: Klett-Sprachen, S. 7-99.
- [47] Leiss, Dominik; Tropper, Natalie (2014): Umgang mit Heterogenität im Mathematikunterricht. Adaptives Lehrerhandeln beim Modellieren. Heidelberg: Springer Spektrum.
- [48] Leuders, Timo; Prediger, Susanne (2005): Funktioniert's? – Denken in Funktionen. In: Praxis der Mathematik in der Schule 47 (2), S. 1-7.
- [49] Leuders, Timo (2014): Aufgaben in Forschung und Praxis. Aufgabenklassifikationen und Aufgabenforschung aus fachdidaktischer Perspektive. In: Ralle, Bernd; Prediger, Susanne; Hammann, Marcus; Rothgangel, Martin (Hrsg.): Lernaufgaben entwickeln, bearbeiten und überprüfen. Ergebnisse und Perspektiven fachdidaktischer Forschung. Münster: Waxmann Verlag, S. 33-50.
- [50] Leuders, Timo; Philipp, Kathleen (2014): Entdeckungskompetenzen verstehen, erfassen und fördern – mit Mathematikaufgaben für entdeckendes Lernen. In: Ralle, Bernd; Prediger, Susanne; Hammann, Marcus; Rothgangel, Martin (Hrsg.): Lernaufgaben entwickeln, bearbeiten und überprüfen. Ergebnisse und Perspektiven fachdidaktischer Forschung. Münster: Waxmann Verlag, S. 149-158.
- [51] Leupold, Eynar (2010): Französisch lehren und lernen. Seelze: Kallmeyer i.V.m. Klett.
- [52] Lorenzo, Francisco; Casal, Sonia; Moore, Pat (2009): The Effects of Content and Language Integrated Learning in European Education: Key Findings from the Andalusian Bilingual Sections Evaluation Project. In: Applied Linguistics, Nr. 31 (3), S. 418-442.
- [53] Mehisto, Peeter (2012): Criteria for producing CLIL learning material. In: Encuentro, Nr. 21, S. 1533.

- [54] Mertens, Jürgen (2010): Aufgabenorientiertes Lernen. In: Surkamp, Carola (Hrsg.): Metzler Lexikon Fremdsprachendidaktik. Stuttgart: J.B. Metzler, S. 7-9
- [55] Messner, Rudolf; Blum, Werner (2006): Selbstständiges Lernen im Fachunterricht. Kassel: Kassel University Press.
- [56] Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2020): Bilingualer Unterricht in Nordrhein-Westfalen. URL: <https://www.schulministerium.nrw.de/themen/schulsystem/unterricht/lernbereiche-und-unterrichtsfaecher/bilingualer-unterricht-nordrhein> (Abruf am 11.05.2021)
- [57] Morgado, Margarida (2018): CLIL4CHILDREN: Teaching Materials for CLIL Lessons in Maths, Geography and Science for Primary School. In: e-TEALS: An e-journal of Teacher Education and Applied Language Studies, 9 Special Edition, S. 132-152.
- [58] Müller, Marcel; Leiss, Dominik; Schukajlow, Stanislaw; Blum, Werner; Messner, Rudolf (2010): Auswendig gelernt – Abgefragt – Abgehakt? In: Beiträge zum Mathematikunterricht. Hildesheim: Franzbecker, S. 723-726.
- [59] Novotná, Jarmila; Hofmannová, Marie (2000): CLIL and mathematics education. Charles University. URL: https://www.researchgate.net/publication/228491266_CLIL_and_mathematics_education (Abruf am 11.05.2021)
- [60] Ohlberger, Stephanie; Wegner, Claas (2018): Bilingualer Sachfachunterricht in Deutschland und Europa. Darstellung des Forschungsstands. In: Herausforderung Lehrer_innenbildung, Bd. 1, Nr. 1, S. 45-89. URL: <https://www.herausforderung-lehrerinnenbildung.de/index.php/hlz/article/view/2390/2386>
- [61] Oliver, Rhonda; Sato, Masatoshi; Ballinger, Susan; Pan, Lalan (2019): Content and Language Integrated Learning Classes for Child Mandarin L2 Learners: A Longitudinal Observational Study. In: Sato, Masatoshi; Loewen, Shawn (Hrsg.): Evidence-based second language pedagogy: A collection of Instructed Second Language Acquisition studies. New York: Routledge, S. 81-102.

- [62] Pérez, América; Lorenzo, Francisco; Pavón, Víctor (2015): European bilingual models beyond lingua franca: key findings from CLIL French programs. In: *Language Policy*, Nr. 15, S. 485-504.
- [63] Pérez Cañado, María (2019): CLIL and elitism: myth or reality? In: *The Language Learning Journal*, Nr. 48 (1), S. 4-17.
- [64] Pérez Cañado, María (2018): CLIL and Educational Level: A Longitudinal Study on the Impact of CLIL on Language Outcomes. In: *Porta Linguarum*, Nr. 29, S. 51-70.
- [65] Prediger, Susanne; Wessel, Lena (2012): Darstellungen vernetzen. Ansatz zur integrierten Entwicklung von Konzepten und Sprachmitteln. In: *Praxis der Mathematik in der Schule*, Nr. 54 (45), S. 29-34.
- [66] Prochazkova, Lenka Tejkalova (2013): Mathematics for Language, Language for Mathematics. In: *European Journal of Science and Mathematics Education*, Nr. 1 (1), S. 23-28.
- [67] Ralle, Bernd; Prediger, Susanne; Hammann, Marcus; Rothgangel, Martin (2014): Einleitung. In: dieselben (Hrsg.): *Lernaufgaben entwickeln, bearbeiten und überprüfen. Ergebnisse und Perspektiven fachdidaktischer Forschung*. Münster: Waxmann Verlag, S. 9-11.
- [68] Reusser, Kurt (2014): Aufgaben – Träger der Lerngelegenheiten und Lernprozesse im kompetenzorientierten Unterricht. In: *Seminar 4/2014*, S. 77-101.
- [69] Rösch, Heidi (2013): Integrative Sprachbildung im Bereich Deutsch als Zweitsprache (DaZ). In: Röhner, Charlotte; Hövelbrinks, Britta (Hrsg.): *Fachbezogene Sprachförderung in Deutsch als Zweitsprache. Theoretische Konzepte und empirische Befunde zum Erwerb bildungssprachlicher Kompetenzen*. Weinheim, Basel: Juventa, S. 18-36.
- [70] Roth, Jürgen; Siller, Hans-Stephan (2016): Bestand und Änderung Grundvorstellungen entwickeln und nutzen. In: *Mathematik lehren 199*, S. 2-8.
- [71] Schwab, Götz; Keßler, Jörg-U., Hollm, Jan (2014): CLIL goes Hauptschule – Opportunities and challenges of bilingual lessons

at a lower secondary school. Main results of a longitudinal study.
In: Zeitschrift für Fremdsprachenforschung, Nr. 25, S. 3-37.

- [72] Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin (2017):
Rahmenlehrplan kompakt für die Jahrgangsstufen 1 bis 10
(2017), Teil C , Fach Mathematik.
- [73] Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin (2017):
Rahmenlehrplan kompakt für die Jahrgangsstufen 1 bis 10
(2017), Teil C , Fach Französisch.
- [74] Sjuts, Johann (2010): Unterrichtliche Gestaltung und Nutzung
kompetenzorientierter Aufgaben in diagnostischer Hinsicht. In:
Blum, Werner; Drüke-Noe, Christina; Hartung, Ralph; Köller,
Olaf (Hrsg.): Bildungsstandards Mathematik konkret. Sekun-
darstufe I: Aufgabenbeispiele, Unterrichts Anregungen, Fortbil-
dungsideen. Berlin: Cornelsen Scriptor, S. 96-112.
- [75] Šulistová, Jindřiška (2013): The Content and Language Integra-
ted Learning Approach in Use. In: Acta Educationis Generalis,
Nr. 3 (2), S. 47-54.
- [76] Surmont, Jil; Struys, Esli; Van Den Noort, Maurits; Van De Cra-
en, Piet (2016): The effects of CLIL on mathematical content
learning: A longitudinal study. In: Studies in Second Language
Learning and Teaching, Nr. 6 (2), S. 319-337.
- [77] Van de Craen, Piet; Joret, Marie-Ève; Surmont, Jill (2015): Émile
dans tous ses états. Pourquoi l'enseignement multilingue est un
enseignement meilleur. Le rôle de l'apprentissage implicite. In:
Gradoux, Xavier et al. (Hrsg.)(2015): Agir dans la diversité des
langues. Brüssel: De Boeck Supérieur, S. 237-250.
- [78] Verein für frühe Mehrsprachigkeit an Kinderta-
geseinrichtungen und Schulen FMKS e.V. (2014):
Bilinguale Grundschulen in Deutschland. URL:
[https://www.goethe.de/resources/files/pdf92/fmks_bilinguale-
grundschulen_kurzfassung.pdf](https://www.goethe.de/resources/files/pdf92/fmks_bilinguale-grundschulen_kurzfassung.pdf) (Abruf am 11.05.2021)
- [79] Viebrock, Britta (2009): From Teaching Numeracy to Developing
Mathematical Literacy: Materials and Methods for a CLIL Ap-

- proach to Mathematics. In: Forum Sprache, Nr. 1 (2), S. 122-130.
- [80] Vollrath, Hans-Joachim (1989): Funktionales Denken. In: Journal für Mathematikdidaktik 10, S. 3-37.
- [81] Vollrath, Hans-Joachim (2001): Mathematische Begriffe lehren und lernen. URL: https://www.mathematik.uni-wuerzburg.de/fileadmin/10040500/dokumente/Texte_zu_Grundfragen/vollrath_begriffe.pdf (Abruf am 11.05.2021)
- [82] Vollrath, Hans-Joachim; Weigand, Hans-Georg (2007): Algebra in der Sekundarstufe. 3. Auflage. Heidelberg: Springer Spektrum.
- [83] Volmer, Esther; Grabner, Roland; Saalbach, Henrik (2018): Language switching costs in bilingual mathematics learning: Transfer effects and individual differences. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Nr. 21 (1), S. 71-96.
- [84] Vorhölter, Katrin; Stender, Peter; Kaiser, Gabriele (2016): Modellieren im Mathematikunterricht – Entwicklung von Interventionsformen und deren Implementierung in die Lehrerbildung. In: Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.): Bildungsforschung 2020. Zwischen wissenschaftlicher Exzellenz und gesellschaftlicher Verantwortung. Berlin: BMBF, S. 269-285.
- [85] Wesche, Marjorie (2002): Early French Immersion: How has the original Canadian model stood the test of time. In: Burmeister, Petra; Piske, Thorsten; Rohde, Andreas (Hrsg.): An Integrated View of Language Development. Papers in Honor of Henning Wode. Trier: Wissenschaftlicher Verlag Trier, S. 357-379.
- [86] Wespi, Claudia; Luthiger, Herbert; Wilhelm, Markus (2015): Mit Aufgaben Kompetenzaufbau und Kompetenzentwicklung ermöglichen. In: Haushalt in Bildung und Forschung, Nr. 4 (4), S. 31-46.
- [87] Wilhelm, Markus; Luthiger, Herbert (2015): Aufgabenorientierung: Aufgabenorientierte Planung eines kompetenzfördernden Unterrichts. Begleitskript. Luzern: Pädagogische Hochschule Luzern.

- [88] Witzigmann, Stéfanie (2013): Bilinguales Lehren und Lernen im Fokus der Realschule. In: Französisch heute, Nr. 4, S. 159-166.
- [89] Zindel, Carina; Brauner, Uli; Jungel, Cathrin; Hoffmann, Matthias (2018): Um welche Größen gehts? Die Sprache funktionaler Zusammenhänge verstehen und nutzen. In: mathematik lehren 206, S. 23-28.

