

EMPOWER - ZUSAMMENFASSENDE BERICHT

EINSATZ VON MODELLBASIERTEM LERNEN (MBL) IN NATURWISSENSCHAFTLICHEN LEHRPLÄNEN VIERER LÄNDER

2026



Empowering Teachers for Science Learning
Through Modelling-Based Approaches

Erasmus+-Projekt EMPOWER

EMPOWERING TEACHERS FOR SCIENCE LEARNING THROUGH MODELLING-BASED APPROACHES

Projektteam des Arbeitspakets (in alphabetischer Reihenfolge)

Tom Bielik (RU), Felicitas Haupts (IPN), Wouter van Joolingen (UU), Moritz Krell (IPN), Kim Krijtenburg-Lewerissa (UU), Kim Lobner (IPN), Victor Lopez Simo (UAB), Loucas Louca (EUC), Marios Papaevripidou (UCY), Kyriaki Vakkou (UCY)

Inhalt

.....	1
1 Einleitung.....	2
2. Methodik	2
3. Hintergrund	4
4. Ergebnisse.....	5
4.1 Strategien zur Nutzung von MbL.....	5
4.2 Definitionen von Modellierkompetenz	6
4.3 Bedeutung von Modellen in den Naturwissenschaften	6
4.4 Modelltypen	Error! Bookmark not defined.
4.5 Kontexte der Modellnutzung	Error! Bookmark not defined.
4.6 Modellierpraktiken.....	7
4.7 Metamodellierwissen.....	Error! Bookmark not defined.
4.8 Adressat*in des Textes.....	Error! Bookmark not defined.
5. Schlussfolgerungen	8

1 Einleitung

In diesem Bericht werden die Ergebnisse der vergleichenden Analyse des Einsatzes modellbasierten Lernens (MbL) in naturwissenschaftlichen Lehrplänen der vier europäischen Länder Spanien (Katalonien), Deutschland, den Niederlande und Zypern zusammenfassend dargestellt. Grundlage für diesen Bericht sind die im Rahmen des EMPOWER-Projekts erstellten nationalen Berichte¹. Die Analyse zielt darauf ab, gemeinsame Muster und Trends sowie wesentliche Unterschiede in der Konzeption und didaktischen Umsetzung von MbL in den Lehrplänen der einzelnen Länder zu identifizieren. Die am EMPOWER-Projekt beteiligten Länder repräsentieren ein breites Spektrum an Bildungssystemen, von stark zentralisierten Systemen wie in Zypern über dezentrale und föderale Strukturen wie in Deutschland und Spanien bis hin zu einem teilzentralisierten System mit vergleichsweise hoher curricularer Flexibilität wie in den Niederlanden. Diese strukturellen Unterschiede prägen maßgeblich, wie MbL in den nationalen Lehrplänen formuliert, umgesetzt und gefördert wird.

In allen analysierten Bildungssystemen betonen die naturwissenschaftlichen Lehrpläne zentrale Elemente wie wissenschaftliches Forschen, konzeptionelles Verständnis und praktisches Arbeiten. Die Stellung von MbL in den Curricula dabei keineswegs einheitlich. Insbesondere variiert, inwieweit MbL als eigenständige wissenschaftliche Praxis, als Kernkompetenz oder als unterstützendes didaktisches Instrument verstanden wird. Während MbL in einigen Ländern als explizite wissenschaftliche Praxis in Verbindung mit fachspezifischem Denken und Erkenntnisgewinnung ausgewiesen wird, wird es in anderen Ländern stärker in allgemeine Forschungsprozesse eingebettet oder als methodisches Unterrichtsinstrument zur Vermittlung spezifischer Inhalte verstanden. Diese Unterschiede spiegeln nicht nur strukturelle Unterschiede innerhalb der Bildungssysteme wider, sondern zeigen auch unterschiedliche epistemologische Ausrichtungen in der naturwissenschaftlichen Bildung.

2. Methodik

Alle Länderberichte basierten auf einer qualitativen Inhaltsanalyse, die sich an einem gemeinsamen Kodierungsrahmen orientierte, der im Rahmen des EMPOWER-Konsortiums entwickelt wurde. Diese gemeinsame Analysestruktur ermöglichte einen systematischen

¹ Obwohl vier Länder an dem EMPOWER-Projekt beteiligt sind (Spanien (Katalonien), Deutschland, die Niederlande und Zypern), haben die beiden Partner aus Zypern separate Berichte erstellt. Ein Bericht konzentriert sich hierbei auf die Primarstufe (Alter 6–12), der andere Bericht bezieht sich auf den Biologieunterricht in der unteren Sekundarstufe (Alter 12–15). Somit liegen insgesamt fünf Berichte für die vergleichende Analyse vor.

Vergleich über unterschiedliche Lehrplan-Kontexte hinweg, trotz erheblicher Unterschiede hinsichtlich der Lehrplanformate, des Umfangs und der Bildungsstrukturen. Der Fokus der Analyse lag auf der Identifikation von Verweisen auf Modelle, Modellierpraktiken, Modellierkompetenz sowie verwandter Konzepte in den offiziellen Lehrplänen.

Der Korpus der analysierten Lehrpläne variierte erheblich zwischen den einzelnen Ländern. In Deutschland umfasste die Analyse 67 Lehrpläne aus 16 Bundesländern, was den dezentralen Charakter des Bildungssystems widerspiegelt. Bei der Analyse der 67 Lehrpläne wurden insgesamt 1.322 Verweise auf MbL identifiziert. In Zypern wurden sowohl die Lehrpläne für Naturwissenschaften in der Primarstufe als auch für Biologie in der Sekundarstufe I untersucht, wobei insgesamt 114 Verweise im naturwissenschaftlichen Unterricht der Primarstufe und insgesamt 215 Verweise im Biologieunterricht der Sekundarstufe I gefunden wurden. Der niederländische Bericht konzentrierte sich auf die neu entwickelten nationalen Kernziele und identifizierte 30 Verweise auf MbL, während der katalanische Lehrplan in Spanien nur zwei Verweise auf MbL finden konnte. Tabelle 1 fasst die analysierten Lehrpläne zusammen.

Tabelle 1. Übersicht über die analysierten Lehrpläne der einzelnen Länder

Land	Analysierte Lehrpläne	Identifizierte Verweise
Deutschland	67 Biologie-Lehrpläne aus 16 Bundesländern, Alter der Schüler*innen von 5–11 Jahren	1322, durchschnittlich 19 Referenzen pro Bundesland (Minimum: 0, Maximum: 97)
Zypern	9 Handbücher für Lehrkräfte, 6 für Schüler*innen im Alter von 6–12 Jahren im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht und 3 für Schüler*innen im Alter von 12–15 Jahren im Biologieunterricht.	114 (Naturwissenschaften in der Grundschule) 215 (Biologie in der Sekundarstufe I)
Spanien	1 Lehrplan für die Grundschule (1.–6. Klasse)	2 (Grundschulbildung)
Niederlande	1 Lehrplan für die Grundschule (Klasse 1–6) und 1 Lehrplan für die Sekundarstufe I (Klasse 7–9). Die Analyse konzentrierte sich auf den Lehrplanbereich „Mensch und Natur“ ⁽²⁾ .	5 (Grundschulbildung) 25 (untere Sekundarstufe)

Das Kodierungsschema für die Analyse der Lehrpläne umfasste mehrere Kategorien, beispielsweise, *Definitionen der Modellierkompetenz*, die *Bedeutung von Modellen*,

² Dieser Bereich befasst sich mit den Naturwissenschaften und der Technik, ihrer Natur sowie den Wechselwirkungen zwischen Mensch und Natur.

Modelltypen, Anwendungskontexte, Modellierungspraktiken, Metamodellierungswissen und Unterrichtsstrategien. Jeder Texteinheit konnten mehrere Codes zugewiesen werden, und Fälle, denen es an ausreichenden Details mangelte, wurden als „nicht spezifiziert“ kategorisiert. In allen Ländern war ein auffälliges Merkmal der Analyse das häufige Vorkommen nicht spezifizierter Kategorien, was auf einen Mangel an expliziten Leitlinien in den Lehrplantexten hindeutet. Tabelle 2 unten stellt das verwendete Analyseschema dar.

Tabelle 2. Kodierungsschema für die Analyse von MBL-Referenzen

Kategorie	Unterkategorie
1. Definitionen von Modellierkompetenz	1.1. explizit vorhanden
	1.2. nicht explizit vorhanden
2. Bedeutung von Modellen	2.1. In den Naturwissenschaften
	2.2. Nicht angegeben
3. Modelltypen	3.1. Digitale Modelle
	3.2. Funktionsmodelle
	3.3. Regelkreismodelle
	3.4. Schlüssel-Schloss-Modelle
	3.5. Strukturmodelle
	3.6. Sonstige
	3.7. Nicht angegeben
4. Kontexte der Modellverwendung	
5. Modellierpraktiken	5.1. Modellerstellung
	5.2. Modellanwendung/Modellauswahl
	5.3. Modellbewertung
	5.4. Modellrevision
	5.5. Nicht angegeben
6. Metamodellierungswissen	6.1. Wissen über die Eigenschaften und Funktionen von Modellen
	6.2. Wissen über den Modellierungsprozess
	Nicht angegeben
7. Adressat*in des Textes	7.1. Lehrkräfte
	7.2. Schüler*innen
8. Möglichkeiten/Strategien zur Nutzung von MBL	8.1. Vorgefertigte Modelle
	8.2. Vorgefertigte Modelle anderer Schüler*innen
	8.3. selbst entwickelte Modelle v
	8.4. Nicht angegeben

3. Hintergrund

Die Struktur der nationalen Bildungssysteme spielt eine entscheidende Rolle dabei, wie MBL in den Lehrplänen verankert ist. Das föderale System Deutschlands führt zu einer

vielfältigen Lehrplanlandschaft in den 16 Bundesländern, wobei die Umsetzung der relevanten Inhalte durch gemeinsame bundeslandübergreifende Bildungsstandards gewährleistet wird. Das föderale System führt zu unterschiedlichen Schulformen in den einzelnen Bundesländern und zu unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Fächern, in denen bspw. mehrere Naturwissenschaften zusammengefasst oder die Naturwissenschaften wie Biologie, Physik oder Chemie separat unterrichtet werden. Auch Spanien verfügt über ein dezentrales Bildungssystem, wobei der katalanische Lehrplan auch an nationalen Richtlinien gebunden ist, insbesondere im naturwissenschaftlichen Unterricht. Im Gegensatz dazu verbinden die Niederlande nationale Kernziele mit einer hohen Autonomie der Schulen, was den Lehrkräften Flexibilität bei der Unterrichtsplanung ermöglicht. Zypern hingegen folgt einem stark zentralisierten Modell, in dem detaillierte Handbücher für Lehrkräfte die Unterrichtspraxis maßgeblich beeinflussen. Das Bildungsministerium in Zypern hat die Handbücher für jede naturwissenschaftliche Einheit in der Grundschule und für Biologie in der Mittelstufe entwickelt. Diese als Lehrplan gehandhabte Handbücher unterstützen Lehrer dabei, die curricularen Vorgaben in die Unterrichtspraxis umzusetzen, indem sie vorgeschlagene Unterrichtsstrukturen, Lernziele, Inhaltsbereiche, Unterrichtsaktivitäten, Materialien, Arbeitsblätter und Bewertungsmöglichkeiten skizzieren.

4. Ergebnisse

4.1 Strategien zur Nutzung von MbL

In allen Ländern zeigt die Analyse allgemein einen Mangel an expliziten Formulierungen von Unterrichtsstrategien zur Nutzung von MbL. In Deutschland fallen 80 % der Verweise in die Kategorie „nicht angegeben“, und somit enthalten die entsprechenden analysierten Lehrpläne keine detaillierten Anleitungen dazu, wie MbL konkret in die Unterrichtspraxis integriert werden soll. In Zypern geben 27 % der Verweise keine Auskunft über die eingesetzten MbL-Strategien. In den spanischen Lehrplänen wurden keine expliziten Strategien identifiziert. In den Niederlanden ist das Fehlen vorgeschriebener Strategien als eine bewusste curriculare Entscheidung zu verstehen, da der Lehrplan den Schulen und Lehrkräften hohe Autonomie einräumt.

Wenn Strategien angegeben werden, werden am häufigsten vorgefertigte Modelle genutzt, sowohl in der Primar- als auch in der Sekundarstufe, insbesondere in Zypern (46,5 %) und Deutschland. Auch die Entwicklung von eigenen Modellen kommt häufiger vor, vor allem in Zypern (39 %). Die Nutzung von Modellen, die von Mitschülern erstellt wurden, fehlt jedoch fast vollständig. Insgesamt deuten die Ergebnisse darauf hin, dass Lehrpläne eher die Nutzung von Modellen betonen, während spezifische didaktische Ansätze und Strategien zur Nutzung von MbL selten explizit ausformuliert sind.

4.2 Definitionen von Modellierkompetenz

In allen Ländern fehlen explizite Definitionen von Modellierkompetenz oder sind nur in geringem Umfang vorhanden. In Deutschland und Spanien wurden keine solchen Definitionen identifiziert. In Zypern enthalten nur etwa 3 % der Verweise Definitionen. In den Niederlanden umfasst der Lehrplan zwar Definitionen von Modellen und dem Modellieren, bündelt diese jedoch nicht in eine klar definierte Kompetenzstruktur ein. Dieser allgemeine Mangel an Definitionen deutet darauf hin, dass MbL in den Lehrplänen nicht als eigenständige naturwissenschaftliche Kompetenz konzeptualisiert wird.

4.3 Bedeutung von Modellen in den Naturwissenschaften

Die Bedeutung von Modellen wird in den analysierten Lehrplänen nur teilweise artikuliert und bleibt in vielen Fällen implizit. In Deutschland machen Verweise auf die Bedeutung von Modellen 8 % der gesamten codierten Verweise aus. In Zypern spezifizieren etwa 21 % der Verweise explizit die Rolle von Modellen innerhalb der Naturwissenschaften. Der spanische Lehrplan enthält keine expliziten Aussagen zur epistemischen Funktion von Modellen, während in den Niederlanden Modelle funktional als Werkzeuge zum Verstehen und Erklären von Phänomenen beschrieben werden, ohne dass ihre wissenschaftliche Bedeutung ausführlich erörtert wird. Insgesamt werden Modelle in erster Linie als Werkzeuge zur Darstellung und Erklärung und weniger als zentrale epistemische Konstrukte zur Erkenntnisgewinnung dargestellt. Dies zeigt, dass die epistemische Funktion von Modellen im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess in den meisten Lehrplänen nicht explizit und systematisch ausgearbeitet ist.

4.4 Modelltypen

Die Analyse zeigt eine große Bandbreite an Modelltypen in den verschiedenen Ländern, wobei deren explizite Benennung und Systematisierung erheblich variiert. In Zypern dominieren physikalische Modelle, insbesondere in der Primarstufe (44 %), wo sie häufig zur Darstellung sichtbarer wissenschaftlicher Phänomene verwendet werden. In der Sekundarstufe I spielen sowohl mentale (48 %) als auch physikalische Modelle (32 %) eine zentrale Rolle. Auch die deutschen Lehrpläne verweisen auf fünf Gruppen von Modelltypen, wobei funktionale Modelle mit 25 % am häufigsten vertreten sind. Der niederländische Lehrplan enthält ebenfalls eine umfangreiche Liste, darunter digitale, analoge, konzeptionelle und fachspezifische Modelle wie Teilchen- und Klimamodelle. Im Gegensatz dazu werden im spanischen Lehrplan Modelltypen nicht explizit benannt.

Trotz dieser Vielfalt bleibt ein großer Teil der Verweise in allen Ländern ungenau, wodurch unklar bleibt, mit welchen Modelltypen sich Schüler*innen im Laufe ihrer Schulkarriere beschäftigen sollten. Dadurch werden sowohl der Umfang als auch die systematische Entwicklung von Modelltypen in den Lehrplänen nur begrenzt nachvollziehbar dargestellt.

4.5 Kontexte der Modellverwendung

Modelle werden in einer Vielzahl wissenschaftlicher Kontexte eingesetzt, was sich auch in den unterschiedlichen Themenbereichen, in denen MbL in den Lehrplänen genannt wird, widerspiegelt. In Lehrplänen des Faches Biologie, wie bspw. in den analysierten Lehrplänen von Zypern und Deutschland, ist MbL eng mit Themen wie Zellen, menschlicher Physiologie und ökologischen Systemen verbunden. Im Grundschulbereich in Zypern wird MbL häufig mit Themen wie Erde und Himmel, Elektrizität und dem menschlichen Körper in Verbindung gebracht. In den Niederlanden tritt MbL in vielfältigen naturwissenschaftlichen Bereichen auf, darunter physikalische Systeme, Chemie und Geowissenschaften. In Spanien wird MbL zwar nicht explizit hervorgehoben, lässt sich jedoch implizit in Bezug auf zentrale wissenschaftliche Konzepte wie Ökosysteme und Energiesysteme ableiten.

4.6 Modellierpraktiken

Ein länderübergreifendes Muster ist die eindeutige Dominanz der Modellnutzung gegenüber anderen Modellierpraktiken wie dem Erstellen, Bewerten oder Überarbeiten von Modellen. Von den Schülern wird am häufigsten erwartet, dass sie Modelle nutzen, während Möglichkeiten zur Modellerstellung zwar vorhanden, aber seltener sind. Praktiken wie die Modellbewertung und -überarbeitung sind deutlich unterrepräsentiert. In Deutschland macht die Modellnutzung 66 % der Modellierpraktiken aus, während die Überarbeitung fast vollständig fehlt (2 %). Die Modellerstellung umfasst 19 %, die Modellbewertung 13 %. In Zypern zeigt sich ein ähnliches Muster. Auch hier dominieren die Modellnutzung (ca. 42 %) und die Modellerstellung (23 %), während die Bewertung (10 %) und die Überarbeitung (10 %) nur vereinzelt berücksichtigt werden. In Spanien wird nur die Modellerstellung ausdrücklich erwähnt, während in den Niederlanden alle Aspekte des Modellierungszyklus zumindest in höheren Bildungsstufen vorhanden sind. Insgesamt deuten diese Ergebnisse darauf hin, dass einige Lehrpläne den Modellierzyklus nicht vollumfänglich abdecken. Das kann dazu führen, dass weniger Lerngelegenheiten für Schüler*innen entwickelt werden, die ihnen ermöglichen, sich mit dem Modellieren als iterativen und reflektierenden wissenschaftlichen Prozess auseinanderzusetzen.

4.7 Metamodellierwissen

Metamodellierwissen stellt in allen analysierten Lehrplänen die am wenigsten ausgeprägte Kategorie dar. In Zypern befasst sich die Mehrheit der Verweise nicht explizit mit Meta-Modellierwissen (87 %). Auch in Deutschland wird den Eigenschaften und Funktionen von Modellen nur begrenzte Aufmerksamkeit geschenkt (7 %), während in Spanien solche Verweise gänzlich fehlen. Die analysierten Lehrpläne aus den Niederlanden enthalten explizite Verweise sowohl auf die Eigenschaften als auch auf die Grenzen von Modellen, insbesondere in fortgeschritteneren Bildungsgängen. Wenn Metamodellierwissen thematisiert wird, wird hauptsächlich das Wissen über Modelle und weniger das Wissen über den Modellierprozess

adressiert. Dies deutet darauf hin, dass die analysierten Lehrpläne die Entwicklung eines reflektierten Verständnisses vom Modellieren als wissenschaftliche Praxis nur eingeschränkt und nicht systematisch fördern.

4.8 Adressat*in des Textes

In allen Ländern formulieren die meisten Verweise auf MbL die Lernaktivitäten oder die Lernziele der Schüler*innen. In Zypern sind etwa 63 % der Verweise schülerorientiert, während 37 % der Verweise sich direkt die Lehrkräfte richten. Ähnlich verhält es sich in Deutschland, wo 61% der Verweise sich auf Schüler*innen-Aktivitäten beziehen und 39 % der Verweise sich an die Lehrkräfte richten. In den Niederlanden und Spanien sind die Verweise fast ausschließlich auf die Lernergebnisse der Schüler*innen bezogen. Dies deutet darauf hin, dass MbL in den analysierten Lehrplänen in erster Linie primär als Lernaktivität für Schüler*innen formuliert wird, und der Umfang der didaktischen Anleitung für Lehrkräfte innerhalb der Länder deutlich variiert.

5. Schlussfolgerungen

Die länderübergreifende Analyse zeigt, dass MbL in allen untersuchten Lehrplänen zwar grundsätzlich vorhanden ist, jedoch nicht durchgängig als kohärenter oder expliziter Bestandteil des naturwissenschaftlichen Unterrichts konzipiert wird. In den meisten Fällen erscheint MbL eher als implizites Element innerhalb des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozesses denn als klar definierte wissenschaftliche Praxis. Das Fehlen expliziter Definitionen von Modellierkompetenz trägt zusätzlich zu dieser mangelnden konzeptionellen Klarheit bei.

In allen Ländern liegt ein klarer Schwerpunkt auf der Verwendung von Modellen, während andere zentrale Aspekte des Modellierens wie Bewertung und Überarbeitung, deutlich seltener berücksichtigt werden. Dieses Ungleichgewicht deutet darauf hin, dass Schüler möglicherweise nur begrenzte Möglichkeiten erhalten, sich mit dem gesamten MbL-Zyklus auseinanderzusetzen und ein tieferes Verständnis für die epistemische Rolle von Modellen in den Naturwissenschaften zu entwickeln. Darüber hinaus zeigt die geringe Thematisierung des Metamodellierwissens und hier insbesondere des Wissens über den Modellierprozess, dass die Lehrpläne ein reflektiertes Verständnis der Eigenschaften und Funktionen von Modellen nur unzureichend systematisch fördern.



Empowering Teachers for Science Learning
Through Modelling-Based Approaches



European University Cyprus



Radboud Universiteit



UAB
Universitat Autònoma
de Barcelona



Erasmus+
Enriching lives, opening minds.