



## Experimente zum Verbinden von Naturwissenschaft und Alltag

Designprinzipien zur Erstellung von STExperiMents - Experimenten

Komentár od [1]: @april.march101@gmail.com just to showcase how "wrong" the AI translation is: this is the very confusing translation. "Experimente entwickeln, um Wissenschaft mit der Außenwelt zu verbinden" Science here means Naturwissenschaften, the MINT bundle. Science in the translation is Wissenschaft as in research-science. And it is not the outside world what we refer to, it is daily life and the german word would be "Alltag". And this is why translations take a while. It is basically rewriting.

Komentár od [1R2]: Looks exhausting...

Komentár od [1R3]: I hope I am done with it tomorrow :) it will not be high literature. but I hope it will be readable.



Diese Veröffentlichung wurde mit Unterstützung des Erasmus+-Programms der Europäischen Union im Rahmen des STExperiMents (KA220-SCH-34903829) Projekts erstellt. Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Billigung der Inhalte dar, die ausschließlich die Sicht der Autorinnen und Autoren widerspiegeln. Die Kommission kann nicht für die Verwendung der enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



### Projektteam

**Charles University, Tschechische Republik (Projektkoordination):** Martin Rusek, Dominika Koperová, Tadeáš Matěcha, Marta Kuhnová

**University of Jyväskylä, Finnland:** Maria Fisk, Kristof Fenyvesi, Josephine Lau

**Bahçeşehir University, Türkei:** Nilay Ozturk, Sezin Esfer, Ayse Gul Celenk, Mehmet Sencer Corlu

**Johannes Kepler University, Österreich:** Cecilia Russo, Abril Armenta-Franco, Eva Ulbrich, Zsolt Lavicza

Bilder: Projektteam

Lizenz: CC BY-NC-ND

Weitere Ressourcen und Information über das Projekt kann auf dieser Webseite gefunden werden: <https://STExperiMents.pedf.cuni.cz/>

Um diese Leitlinien zu zitieren, nutzen Sie bitte:

Armenta-Franco, A., Celenk, A. G., Corlu, M. S., Esfer, S., Fenyvesi, K., Fisk, M., Koperová, D., Kuhnová, M., Lau, J., Lavicza, Z., Matěcha, T., Ozturk, N., Rusek, M., Russo, C., Ulbrich, E. (2025). *Creating Experiments to connect Science and the Outside World: STExperiMents Design Guidelines*. Deliverable of the Erasmus+ project STExperiMents KA220-SCH-34903829. Prague: Faculty of Education, Charles University.



## Executive Summary

In diesem Dokument werden Designprinzipien zur Entwicklung von Lernaktivitäten mit Experimentcharakter beschrieben. Die „Experimente“ wurden im Rahmen des STEAM-Projects entwickelt und haben zum Ziel, Lehrer:innen, Lehrerausbildner:innen und Projektpartner:innen bei der Entwicklung strukturierter Experimente zu unterstützen. Die Experimente verbinden naturwissenschaftliche Konzepte mit Alltagskontext und wurden für den Einsatz im Unterricht und in Workshop-Settings getestet und entwickelt.

Die Leitlinien wurden durch die Projektpartner der jeweiligen Partneruniversitäten in einem iterativen Prozess entwickelt. Ausgangspunkt bilden gemeinsame Brainstorming-Sitzungen, Diskussionen zwischen den Partnerinstitutionen sowie Analysen bestehender STEM- und STEAM- inquiry-basierter Lernansätze. Übergreifende Lehrprinzipien der Partnerländer wurden gesammelt und daraus Prinzipien zur Erstellung von Experimenten abgeleitet.

Die Prinzipien enthalten Hinweise zur Gestaltung von Experimenten wie Kontextrelevanz, konzeptueller Fokus, Materialverfügbarkeit, Mess- und Beobachtungsstrategien sowie die Möglichkeiten für Reflexion und Diskussion und Überprüfbarkeit der Lernerfolge. Diese Dimensionen wurden gewählt, um Experimente sinnvoll für den naturwissenschaftlichen Unterricht einsetzbar zu machen, indem sie didaktisch zugänglich, motivierend und an unterschiedliche Bildungskontexte und kulturelle Gegebenheiten anpassbar sind.



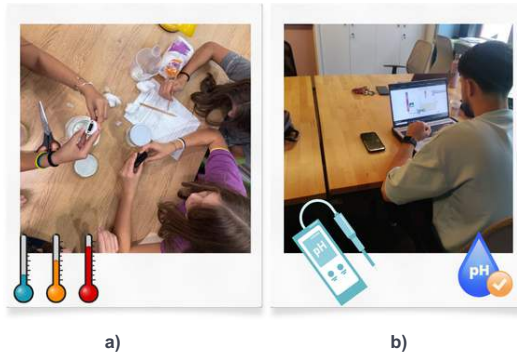
<b>EINLEITUNG: DAS STEXPERIMENTS PROJEKT</b> .....	<b>5</b>
KONTEXT DES EXPERIMENTS .....	6
PROJEKTZIELE .....	6
TARGET OUTCOME.....	7
<b>MINT UND MINKT</b> .....	<b>8</b>
<b>BILDUNGSKONTEXT DER PARTNERLÄNDER</b> .....	<b>9</b>
NATIONALE MINT-SCHWERPUNKTE .....	9
<i>Finnland</i> .....	9
<i>Tschechien</i> .....	10
<i>Türkei</i> .....	10
<i>Österreich</i> .....	11
GEMEINSAME PÄDAGOGISCHE BASIS .....	11
<b>RELEVANTE THEORIEN</b> .....	<b>13</b>
FORSCHENDES LERNEN - INQUIRY-BASED LEARNING .....	13
SETTINGS MIT FORSCHENDEM LERNEN ( INQUIRY SETTINGS) .....	14
SELF DETERMINATION THEORY (SDT) .....	15
FÄCHERÜBERGREIFENDES LERNEN IN UNTERSCHIEDLICHEN KONTEXTEN .....	15
<b>DESIGNPRINZIPIEN FÜR STEXPERIMENTS-EXPERIMENTE</b> .....	<b>16</b>
KOMBINIERTE PRINZIPIEN DER PARTNERLÄNDER .....	17
DESIGNPRINZIPIEN ZUR METHODIK.....	17
DAVON ABGELEITETE PRINZIPIEN IN IHREN DIMENSIONEN.....	18
<i>Hands-on-Experimente</i> .....	18
<i>Virtuelle Experimente</i> .....	19
<b>DIE PRINZIPIEN VERKNÜPFT MIT EXPERIMENTEN</b> .....	<b>20</b>
STRUKTUR DER EXPERIMENTE .....	20
<i>Überblick über das Experiment</i> .....	21
<i>Schritt für Schritt Anleitung</i> .....	21
ITERATIVE VERBESSERUNGEN .....	22
BEISPIEL EXPERIMENT .....	22
<b>BEITRAG ZUR BILDUNG UND EMPFEHLUNGEN</b> .....	<b>24</b>
FÜR SCHÜLER:INNEN .....	24
FÜR LEHRER:INNEN.....	24
FÜR BILDUNGSPOLITIK UND LEHRPLANENTWICKLUNG.....	24
<b>QUELLEN</b> .....	<b>25</b>



## Einleitung: Das STExperiMents Projekt

Ziel des STExperiMents-Projekts ist die Entwicklung einer Sammlung von getesteten und didaktisch sinnvoll aufgebauten STEM-Lernaktivitäten in Experimentform, die Lehrer:innen beim Lehren und Üben von naturwissenschaftlichem Denken im Bereich evidenzbasierte STEM-Bildung sinnvoll unterstützen. Darüber hinaus verfolgt das Projekt weitere, später im Detail erklärte miteinander verbundene Ziele.

Die entwickelten Experimente sollen Schulen und interessierte Forschungsgruppen durch die Integration unterschiedlicher disziplinärer Perspektiven inspirieren und durch die iterative, evidenzbasierte Weiterentwicklung der Experimente bereichern. Die Experimente fördern die Entwicklung von vielen Kompetenzen und helfen beim Erreichen tieferer Lernziele, die über reine Inhaltsvermittlung hinausgehen. Dieses Dokument stellt die daraus entstandenen Designprinzipien vor. Es beschreibt die theoretischen Grundlagen des Rahmens, formuliert Prinzipien für die Entwicklung von Aufgaben und zeigt ein Modell, mit dem experimentelle Aufgaben geplant und weiterentwickelt werden können (siehe Abbildung 1).



**Abbildung 1:** In a) messen Schüler:innen Temperatur. In b) untersuchen Schüler:innen pH-Werte verschiedener Substanzen mithilfe eines Online-Simulators.

Ziel ist die Unterstützung von Lehrer:innen und Lehrerausbildner:innen bei der Analyse, Anpassung und Entwicklung experimenteller Aufgaben für den eigenen Unterricht. Die Struktur der Leitlinien soll Forschende Prozesse sichtbar machen und helfen, die Rolle der Lernbegleitung während der Durchführung bewusster zu gestalten. Dadurch können Aufgaben entwickelt werden, die Forschungs-Kompetenz fördern und gleichzeitig die Aufmerksamkeit für unterstützendes Handeln im Unterricht stärken. Im Zentrum steht der Aufbau der Aufgaben selbst:

- wie Fragestellungen formuliert werden,
- wie Handlungsspielräume gesetzt werden,
- wie Messungen das Denken der Schüler:innen unterstützen,
- wie mit Unsicherheit umgegangen wird und wie
- Reflexion beim Verständnis der Konzepte hilft.

Experimente sind in vielen Schulsystemen ein fester Bestandteil des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Wie wirksam sie sind, hängt stark davon ab, wie sie gestaltet und begleitet werden. Manche Aufgaben regen stärker dazu an, Hypothesen zu entwickeln, Variablen zu kontrollieren, mit Messdaten zu argumentieren und Ergebnisse zu bewerten als andere. Deshalb braucht die Gestaltung solcher Aufgaben eine bewusste didaktische Planung. Die Designprinzipien greifen diese Aspekte für das Design von Experimenten für den naturwissenschaftlichen Unterricht auf. Beispielsweise sind Forschungskompetenzen, überfachliche Fähigkeiten, digitale Kompetenz und der Umgang mit komplexen gesellschaftlich-technischen Aufgaben in den Lehrplänen der Partnerländer überall wichtig und wurden daher konsequent weitergedacht und genutzt.



## Kontext des Experiments

STExperiMents ist ein Erasmus+-Projekt (KA220-SCH) im Bereich MINT Unterricht, bei dem Experimente entwickelt wurden, die im Unterricht eingesetzt werden können. Es orientiert sich an europäischen Schwerpunkten in den Bereichen MINT- und MINKT, digitale Transformation und fachübergreifender Unterricht zur Förderung von Interesse und Qualität des MINT-Unterrichts sowie der Unterstützung von digitalen Kompetenzen. Dazu zählen digitale Grundkompetenzen, digitale Handlungsfähigkeit und der Aufbau entsprechender Strukturen in Schulen.

Die europäische Bildungspolitik versteht Schulentwicklung mit digitalen und gesellschaftlichen Veränderungen verknüpft. Digitale Kompetenzen gelten dabei als wichtige Voraussetzung für die Teilnahme am Arbeitsleben und an gesellschaftlichen Entwicklungen. Durch die fortschreitende Digitalisierung verändern sich viele Arbeitsbereiche. Digitale Werkzeuge, der Umgang mit Daten und technische Systeme spielen inzwischen in fast allen Berufsfeldern eine Rolle. Schulen stehen daher vor der Aufgabe, Schüler:innen auf diese Anforderungen vorzubereiten.

Prognosen zeigen, dass besonders in den Bereichen IT und MINT künftig viele Fachkräfte gebraucht werden. Digitale Kompetenzen werden deshalb als wichtige Grundlage für die Teilnahme am Arbeitsmarkt und für die wirtschaftliche Entwicklung in Europa gesehen. MINT-Bildung wird dabei als ein zusammenhängender Bereich verstanden. Sie verbindet naturwissenschaftliches Denken, technisches Verständnis und anwendungsorientiertes Problemlösen. Ein Mangel an Fachkräften in den Bereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik wirkt sich auf Forschung, technologische Entwicklung und nachhaltiges Wachstum aus. Die Förderung von Interesse und Leistungen in diesen Bereichen soll dazu beitragen, Innovationsfähigkeit zu stärken und auf technologische sowie ökologische Herausforderungen besser reagieren zu können.

Die Einbindung künstlerischer und von Kulturperspektiven im Sinne von MINKT ist verknüpft mit einem Schwerpunkt auf interdisziplinärem Lernen. In europäischen Frameworks werden dabei häufig fächerübergreifende Kompetenzen wie Problemlösen, Zusammenarbeit, Kreativität und die Fähigkeit, Wissen in unterschiedlichen Zusammenhängen anzuwenden genannt. Diese Kompetenzen stehen im Zusammenhang mit flexiblen Lernwegen und mit der Fähigkeit, sich in komplexen Situationen aus der Lebenswelt zurechtzufinden. Bildungsinitiativen sind daher zunehmend darauf ausgerichtet, nicht nur Inhalte zu vermitteln, sondern Lernumgebungen zu gestalten, in denen Verständnis mit Anwendungen in realen Kontexten verbunden wird.

Nachhaltigkeit wird in bildungspolitischen Diskussionen häufig im Zusammenhang mit der ökologischen und digitalen Transformation europäischer Gesellschaften betrachtet. Bildungssysteme sollen dazu beitragen, nachhaltige Entwicklung zu unterstützen und Schüler:innen darauf vorzubereiten, sich in sich verändernden technologischen und ökologischen Lebens- und Arbeitswelten zurechtzufinden. Damit wird MINT-Kompetenz auch mit gesellschaftlicher Verantwortung, technischer Innovation und langfristiger wirtschaftlicher Stabilität verbunden. Digitale Kompetenzen, MINT-Bildung, interdisziplinäre Fähigkeiten und Nachhaltigkeit hängen eng zusammen. Bildung wird als zentraler Bereich verstanden, um Innovationsfähigkeit zu stärken, auf Veränderungen am Arbeitsmarkt zu reagieren und ökologische sowie technologische Entwicklungen aktiv mitzugestalten.

## Projektziele

Experimente können analytisches Denken, strukturierte Dokumentation, Zusammenarbeit und das Sammeln und Analysieren von Daten fördern. Ob fächerübergreifende Kompetenzen dabei gezielt entwickelt und sichtbar gemacht werden, hängt davon ab, wie Experimente im Unterricht umgesetzt werden. Das Projekt STExperiMents konzentriert sich auf die Entwicklung strukturierter Experimente für den MINT-Unterricht. Diese Aufgaben werden als bewusst gestaltete Lernumgebungen verstanden, in denen der Aufbau von Experimenten nachvollziehbar gemacht wird. Dabei geht es zum Beispiel darum, wie Fragestellungen formuliert sind, wie Variablen ausgewählt werden, wie Messungen in den Untersuchungsprozess eingebunden sind und wie



Reflexionsphasen gestaltet werden. Ziel des Projekts ist es, eine gemeinsame Sammlung von Experimenten zu entwickeln, die in unterschiedlichem Unterrichtskontext eingesetzt, analysiert und weiterentwickelt werden können. Die Aufgaben richten sich vor allem an Lehrer:innen und Lehramtsstudierende. Sie dienen sowohl als konkrete Unterrichtsmaterialien als auch als Grundlage für die gemeinsame Reflexion über experimentelles Arbeiten im Unterricht. Die Experimente wurden in erster Linie für Lehrer:innen und Lehramtsstudierende entwickelt. Sie dienen sowohl als Materialien für den Unterricht als auch als Grundlage für die professionelle Reflexion über experimentelles Arbeiten in der Lehrer:innenbildung.

### Target Outcome

Ziel des Projekts ist die Entwicklung von übertragbaren und evidenzbasierten Experimenten für den Unterricht, die an unterschiedliche Rahmenbedingungen in den Schulen der Partnerländer angepasst werden können. Gleichzeitig sollen sie den Aufbau von Kompetenzen im forschenden Lernen unterstützen und Anforderungen an die Unterrichtsbegeleitung sichtbar machen. Dieses Dokument beschreibt den Rahmen für die Entwicklung der Experimente im Projekt STEperiMents. Es dient allen Projektpartner:innen als gemeinsame Grundlage für die Planung, Erprobung und Weiterentwicklung von Hands-on- und virtuellen MINT-Experimenten. Gleichzeitig unterstützt es Lehrer:innen, Experimente besser zu verstehen, ihren Aufbau nachzuvollziehen und sie an den eigenen Unterricht anzupassen oder selbst ähnliche Experimente zu entwickeln. Ziele des Projekts werden in konkrete Kriterien für die Gestaltung von Aufgaben übersetzt, die Experimente über verschiedene kulturelle Aspekte der Partnerländer hinweg nutzbar machen.

- Im Projekt werden acht Experimente entwickelt und getestet, vier Hands-on-Experimente und vier virtuelle Experimente. Diese werden in einem Toolkit zusammengefasst. Die Experimente sind als strukturierte Aufgabenformate angelegt, die in unterschiedlichem Unterrichtskontext eingesetzt, analysiert und weiterentwickelt werden können. Jedes Experiment soll so gestaltet sein, dass es an nationale Lehrpläne angepasst werden kann, ohne dass seine zentrale fachliche und methodische Struktur verloren geht.
- Ein weiteres Projektergebnis ist die Entwicklung einer Methode zur Untersuchung der Lernleistungen von Schüler:innen bei der Arbeit mit den Experimenten. Deshalb enthalten alle Aufgaben Aktivitäten zur Messung und Auswertung. Die Experimente sollen nachvollziehbare Hinweise auf Denkprozesse der Schüler:innen liefern, zum Beispiel im Umgang mit Variablen, bei der Auswertung von Daten und beim Formulieren von Schlussfolgerungen. Die eingesetzten Auswertungsinstrumente sind auf diese Strukturen abgestimmt und unterstützen eine systematische Analyse während der Test- und Überarbeitungsphasen im Unterricht.

Die Experimente werden iterativ entwickelt, überprüft, im Unterricht getestet und anschließend auf Grundlage von Rückmeldungen von Lehramtsstudierenden, Lehrer:innen und Schüler:innen überarbeitet. Ein wichtiger Teil des Prozesses ist das Testen in mehreren Partnerländern. Die Beschreibungen sollten so präzise sein, dass sie nachvollziehbar umgesetzt werden können, und gleichzeitig genügend Spielraum lassen, um sie an unterschiedliche Materialien, Zeitrahmen und Lehrpläne anzupassen. Die Leitlinien sehen außerdem vor, dass der Aufbau jedes Experiments klar erkennbar ist. Dazu gehören eine verständliche Problemstellung, eine transparente Parameterauswahl und Rahmenbedingungen, klar beschriebene Messverfahren sowie strukturierte Reflexionsphasen. So wird forschendes Lernen unterstützt und Lehrer:innen können Abläufe und Anforderungen im Unterricht besser einschätzen.

Dieses Dokument beschreibt die Vorhaben des Projekts:

- die Entwicklung eines geprüften Experimenten-Toolkits
- eine begleitende Methode zur Auswertung der Lernprozesse
- strukturierte Materialien für die Weitergabe der Projektergebnisse

Es beschreibt gemeinsame Kriterien für die Gestaltung der Experimente. Experimente werden darauf basierend entwickelt, getestet, angepasst und für den Einsatz in Schulen vorbereitet.



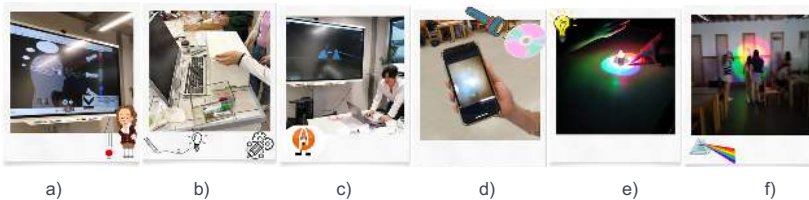
## MINT und MINKT

MINT und MINKT lassen sich in der Praxis oft nicht klar voneinander trennen, denn beide Ansätze haben vieles gemeinsam:

- Lernen durch Untersuchen und Experimentieren
- Lernen an Problemen und Projekten
- Herstellen von Verbindungen zwischen verschiedenen Unterrichtsfächern
- Förderung von Kompetenzen wie kritischem Denken, Kollaboration, Kommunikation und Kreativität
- Das Verbinden von Wissen aus dem Unterricht dem Alltag

Bei MINT steht normalerweise naturwissenschaftliches Denken, Technikverständnis und problemorientierte Arbeiten im Vordergrund. Dabei arbeiten Schüler:innen mit Messungen, Daten und einfachen Modellen. Diese Arbeitsweisen sind wichtig für technologische Entwicklungen und spielen auch in vielen Berufsfeldern eine Rolle (National Research Council, 2012; Bybee, 2013). Derartige Lernumgebungen lassen sich durch kreative Zugänge wie zum Beispiel Visualisierung, Simulation, Basteln oder Arbeiten mit Prototypen erweitern (siehe Abbildung 2 a–c). Dadurch entstehen für Schüler:innen mehr Möglichkeiten, naturwissenschaftliche Ideen zu verstehen, indem sie beispielsweise eigene Darstellungen, Modelle oder technische Entwürfe erstellen (Henriksen, 2017).

MINKT erweitert MINT um derartige kreative Perspektiven, indem auch künstlerische und gestalterische Zugänge einbezogen werden. Beispiele dafür sind in Abbildung 2 d–f dargestellt. Dieser Ansatz wird in Forschung und Bildungspolitik zunehmend diskutiert, da viele aktuelle gesellschaftliche und technische Fragen sowohl analytisches Denken als auch kreative Lösungen erfordern (European Commission, 2018).



**Abbildung 2:** Die Bilder a–c zeigen STEM-Aktivitäten. Die Bilder d–f zeigen STEAM-Aktivitäten. Hier beschäftigen sich Schüler:innen mit Lichtbrechung sowie mit der Addition und Subtraktion von RGB-Farben aus einer künstlerischen Perspektive.

Im Unterricht kann MINKT helfen,

- verschiedene Wege zum Darstellen und Erklären wie Gestalten und Visualisieren mit naturwissenschaftlichen Inhalte mit zu verbinden
- Schüler:innen zu motivieren, komplexe gesellschaftliche und technische Fragen aus mehreren Blickwinkeln zu betrachten

MINKT kann Schüler:innen mehr Zugänge für die Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Inhalten eröffnen. Das gilt besonders in Lernumgebungen, in denen experimentiert, modelliert, mit Prototypen gearbeitet oder gestaltet wird (Henriksen, 2017; Yakman & Lee, 2012).

Für das STExperiMents-Projekt bleibt aber MINT der Ausgangspunkt, weil die Experimente auf naturwissenschaftlichen und mathematischen Untersuchungen aufbauen. Gleichzeitig berücksichtigt das Projekt, dass gestalterische Elemente, Visualisierung und fachübergreifende Perspektiven aus dem STEAM-Bereich die Entwicklung experimenteller Aufgaben bereichern können und den Zugang zu STEM-bezogenen Themen erweitern.



## Bildungskontext der Partnerländer

Die Entwicklung von MINT-Aktivitäten und experimentellen Leitlinien in einem transnationalen Projekt mit Finnland, Tschechien, der Türkei und Österreich erfordert die Berücksichtigung unterschiedlicher Bildungsstrukturen und Unterrichtsbedingungen. In allen vier Ländern sind naturwissenschaftlicher Unterricht und experimentelles Arbeiten Teil der Lehrpläne, die konkrete Umsetzung im Unterricht unterscheidet sich jedoch.

In manchen Lehrplänen sind Laborphasen fest im Stundenplan vorgesehen. In anderen Fällen sind Experimente in den regulären Fachunterricht integriert. Auch Unterschiede in Lehrplanvorgaben, Leistungsbeurteilung und Sicherheitsbestimmungen beeinflussen, wie Experimente aufgebaut und durchgeführt werden. Diese Rahmenbedingungen wirken sich darauf aus, ob Experimente eher Lehrer:innenbegleitet, angeleitet oder offener gestaltet sind.

### Nationale MINT-Schwerpunkte

In Finnland, Tschechien, der Türkei und Österreich sind Naturwissenschaften und Mathematik verpflichtende Bestandteile der Grundbildung. In allen vier Ländern sind Experimente oder Elemente forschenden Lernens ausdrücklich in den Lehrplänen verankert.

- In Finnland sieht der nationale Kernlehrplan fächerübergreifende Lernmodule vor und betont die Bedeutung von Untersuchungen und Experimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht (Finnish National Agency for Education, 2016).
- In Tschechien werden naturwissenschaftliche Fächer im Rahmen von „Mensch und Natur“ unterrichtet. Praktische Tätigkeiten und Beobachtungen sind dabei fester Bestandteil des Unterrichts (Ministry of Education, Youth and Sports Czech Republic, 2021).
- In der Türkei sind forschendes Lernen, Experimentieren und technische Anwendungen ausdrücklich im nationalen Science Curriculum verankert (Ministry of National Education Türkiye, 2024).
- In Österreich verweisen die Lehrpläne der Primar- und Sekundarstufe auf Experimentieren und naturwissenschaftliches Untersuchen als Teil eines kompetenzorientierten Unterrichts (BMBWF, 2004, 2012).

Die vier Länder unterscheiden sich jedoch in ihren Steuerungsstrukturen und im Ausmaß der schulischen Gestaltungsspielräume. Diese Unterschiede beeinflussen, wie MINT-Unterricht und experimentelles Arbeiten auf Schulebene umgesetzt werden (Eurydice, 2023a, 2023b, 2023c, 2023d; OECD, 2020).

### Finnland

Das Konzept LUMA (Naturwissenschaften, Mathematik und Technologie) verbindet finnischen Unterricht mit internationalen MINT- und MINKT-Ansätzen. Es unterstützt fachübergreifendes Lernen und die Entwicklung technologischer Kompetenzen für zukünftige Arbeitsbereiche und gesellschaftliche Herausforderungen (Ministry of Education and Culture, 2023). In phänomenbasierten Lernmodulen werden Inhalte aus Naturwissenschaften, Mathematik, Technik und künstlerischen Fächern miteinander verbunden, ähnlich wie in MINKT-Unterricht (Opetushallitus, 2014).

- Lernen baut auf fachlichem Verständnis auf. Fundiertes fachliches Wissen bildet die Grundlage für naturwissenschaftliches Untersuchen.
- Lernen ist handlungsorientiert und problembezogen. Schüler:innen untersuchen Fragestellungen, führen Experimente durch und lösen Probleme einzeln oder in Gruppen in lebensnahen Kontexten.
- Überfachliche und fachliche Kompetenzen werden gemeinsam entwickelt. Kritisches Denken und Kollaboration entstehen während des Lernens und unterstützen vertieftes Verstehen sowie Anwendungen in realen Situationen.
- Fächerübergreifende Module verbinden unterschiedliche Perspektiven. Gemeinsame Phänomene werden projektorientiert aus mehreren Fächern heraus untersucht.



- Lernumgebungen reichen über Schulen hinaus. Kooperationen mit Museen, Science Centern, Expert:innen und Organisationen erweitern Unterrichtsmöglichkeiten und schaffen Bezüge zu Anwendungsfeldern.
- MINT-Kompetenz ist mit gesellschaftlicher Entwicklung verbunden. Naturwissenschaftlich technisches Lernen trägt zum Verständnis von Nachhaltigkeit und gesellschaftlichem Wohlbefinden bei.
- MINT-Unterricht ist ein ständiger Teil des Bildungswegs. Die Entwicklung entsprechender Kompetenzen wird über mehrere Bildungsstufen hinweg aufgebaut.

### **Tschechien**

Das tschechische Bildungssystem verbindet nationale Lehrplanvorgaben mit pädagogischem Gestaltungsspielraum auf Schulebene. Schulen entwickeln eigene Schulprogramme und passen Unterrichtsmethoden sowie Lernaktivitäten an lokale Bedingungen an. So können Experimente, praktische Untersuchungen und forschendes Lernen entsprechend der vorhandenen Ausstattung und schulischen Schwerpunkte umgesetzt werden (Eurydice, 2023b).

- Lernen verbindet Theorie mit Beobachtung. Schüler:innen untersuchen Naturphänomene durch strukturierte Beobachtungen und Experimente.
- Naturwissenschaftliches Denken wird durch Experimentieren aufgebaut. Schüler:innen führen Messungen durch, beobachten und werten Daten aus, um Phänomene zu erklären.
- Forschendes Arbeiten ist Bestandteil der Aufgaben. Experimente regen an, Fragen zu formulieren, Zusammenhänge zwischen Variablen zu untersuchen und Ergebnisse zu interpretieren.
- Gestaltungsspielraum auf Schulebene ermöglicht Anpassungen. Schulen passen Experimente an vorhandene Materialien, Laborausstattung und verfügbare Unterrichtszeit an.
- Zusammenarbeit und Diskussion unterstützen das Verständnis. Schüler:innen vergleichen Beobachtungen und Interpretationen, entwickeln gemeinsam Erklärungen und verbinden ihre Ergebnisse mit Konzepten.

### **Türkei**

In der Türkei sind MINT-Unterricht, Technik, kompetenzorientiertes Lernen und Arbeiten an realen Problemen miteinander verbunden (Ministry of National Education Türkiye, 2024). Der MINT Unterricht orientiert sich am Curriculum für naturwissenschaftliche Fächer, in dem Experimente, forschendes Lernen, analytisches Denken und Anwendungen des Alltags wichtige Bestandteile. Im Vergleich zu stärker dezentral organisierten Bildungssystemen ist die Umsetzung durch Lehrmaterialien wie Schulbücher und nationale Vorgaben vereinheitlicht (Eurydice, 2023c).

- Lernen ist strukturiert und begleitet. Forschendes Lernen wird durch Aufgaben angeleitet. Schüler:innen lernen experimentell, werden dabei aber durch Struktur und Begleitung unterstützt.
- Experimentieren ist mit Technik verbunden. Schüler:innen untersuchen Phänomene und entwickeln eigene Lösungen. MINT-Wissen wird dabei mit Praxis verknüpft.
- Ein Alltagsbezug ist fest verankert. Probleme aus dem Alltag und gesellschaftlich relevante Fragestellungen werden bearbeitet, um die Anwendung von Wissen über den Unterricht hinaus zu unterstützen.
- Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen werden gezielt gefördert. Beobachten, Hypothesen formulieren, Daten auswerten und Ergebnisse beurteilen sind Bestandteile der Aufgaben.
- Fächerübergreifende Bezüge sind im naturwissenschaftlichen Unterricht verankert. Mathematik und Technologie werden über Anwendungen im MINT Kontext eingebunden.
- Materialien und Umsetzung sind klar strukturiert. Schulbücher und Unterrichtsmaterialien enthalten Experimente und unterstützen die Durchführung von forschendem Lernen.



## Österreich

In Österreich sind Experimente, fächerübergreifende Kompetenzen, forschendes Lernen, digitale Kompetenz und Nachhaltigkeit miteinander im Lehrplan verbunden. Das Bildungssystem kombiniert Lehrpläne mit Gestaltungsspielraum auf Schulebene (Eurydice, 2023d). MINT-Bildung wird häufig über schulische Schwerpunktsetzungen innerhalb bestehender Schulformen umgesetzt. Allgemeinbildende höhere Schulen sowie berufsbildende mittlere und höhere Schulen bieten im Rahmen technischer Ausbildungszweige strukturierte Laborarbeit an (BMBWF, 2011). Schulen können einen MINT-Schwerpunkt setzen und dafür das MINT-Gütesiegel bekommen, indem die sich langfristig und systematisch in den Bereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik engagieren. Auf Basis des Netzwerks der MINT-Schulen (MINT Best Practices, 2021) lassen sich Prinzipien für gute MINT-Bildung in der Sekundarstufe in Österreich beschreiben:

- Lernen ist anwendungsorientiert. Schüler:innen arbeiten praktisch und forschend. Experimente, problemlösende Aufgaben und alltagsnahe Fragestellungen sind zentrale Bestandteile des Unterrichts.
- Forschendes Lernen ist klar strukturiert und aktiv gestaltet. Schüler:innen formulieren Vermutungen, planen Untersuchungen, erheben und interpretieren Daten und reflektieren ihre Ergebnisse.
- Fächerübergreifendes Arbeiten ist Anker. MINT-Fächer werden miteinander verbunden, um komplexe Fragestellungen aus unterschiedlichen Perspektiven zu betrachten.
- Kooperationen erweitern Lernumgebungen. Zusammenarbeit mit Universitäten, Forschungseinrichtungen, Unternehmen und MINT-Initiativen ermöglicht zusätzliche Einblicke in wissenschaftliches Arbeiten.
- Professionalisierung von Lehrkräften erfolgt kontinuierlich. Schulen mit MINT-Schwerpunkt investieren in laufende fachliche und didaktische Weiterentwicklung ihrer Lehrkräfte, um forschendes Lernen im Unterricht zu unterstützen.
- MINT ist in der Schulentwicklung verankert. Forschendes Lernen in MINT-Fächern ist Teil der Schulentwicklung und wird durch entsprechende Zielsetzungen unterstützt.
- Digitale Werkzeuge werden gezielt eingesetzt. Sie unterstützen z.B. Datenerhebung, Modellierung, Simulation und Dokumentation sind Teil von forschendem Lernen.

### Gemeinsame pädagogische Basis

Kompetenzen wie kritisches Denken, Kollaboration, Kommunikation, Kreativität und digitale Grundbildung werden in vielen Unterrichtsfächern angesprochen. Besonders im MINT-Unterricht sind Experimente ein wichtiges Format zur Förderung dieser Kompetenzen und unterstützen Konzeptverständnis. Theoretisches Wissen mit Beobachtungen und Messungen verknüpft.

Wie oft und in welcher Form Experimente durchgeführt werden, hängt von Schulform, Fach und lokalen Bedingungen ab. In Physik werden Experimente oft eingesetzt, um Phänomene sichtbar zu machen und ein besseres Verständnis von Konzepten zu entwickeln. In der Chemie folgen Experimente oft Versuchsanleitungen. Dabei üben Schüler:innen den Umgang mit Materialien, beobachten Veränderungen, messen Werte und dokumentieren Ergebnisse. In der Biologie stehen häufig Beobachtungen, Messungen oder einfache Untersuchungen im Mittelpunkt.

Nachhaltigkeitsthemen sind in vielen Lehrplänen als fachübergreifende Schwerpunkte verankert und spielen auch in einzelnen Fächern wie Biologie oder Chemie eine wichtige Rolle. Dazu gehören Klimawandel, Energieversorgung, Ressourcennutzung und Umweltschutz. Experimente können an Themen wie erneuerbare Energien, Materialeigenschaften, ökologische Systeme oder Messungen von Umweltverschmutzung anknüpfen. Nachhaltigkeit bietet damit einen thematischen Rahmen, der naturwissenschaftliche Inhalte mit gesellschaftlichen und ökologischen Fragestellungen verbindet.

Die Gestaltungsprinzipien für die Experimente ergeben sich aus einem Vergleich der Lehrpläne aller Partnerländer sowie aus theoretischen Grundlagen. Auf dieser Basis wird ein gemeinsames



Set von Prinzipien entwickelt, nach denen die Experimente aufgebaut sind. Diese Prinzipien werden mit Beispielen erläutert, um zu zeigen, wie sie in der Praxis umgesetzt werden können.



## Relevante Theorien

Die Planung von Experimenten stützt sich auf verschiedene theoretische von uns ausgewählte Ansätze, die helfen zu verstehen, wie Schüler:innen beim Experimentieren zu Erkenntnissen kommen und wie Lernumgebungen diesen Prozess unterstützen können. Forschendes Lernen kann Schüler:innen helfen, Vermutungen zu formulieren, Variablen und Parameter zu verändern und Ergebnisse auszuwerten. Sie stellen Fragen, deuten Beobachtungen und passen ihre Erklärungen an neue Ergebnisse an. Forschung zeigt, dass Experimente besonders dann lernwirksam sind, wenn Schüler:innen mit Unsicherheit umgehen, mehrere Einflussfaktoren berücksichtigen und Entscheidungen im Verlauf der Untersuchung immer wieder anpassen müssen (Minner et al., 2009; Pedaste et al., 2015).

Experimente können als strukturierte Lernumgebungen verstanden werden, in denen Schüler:innen eigene Erkenntnisse entwickeln. Wie ein Experiment aufgebaut ist entscheidet mit darüber, ob Schüler:innen einzelne Arbeitsschritte durchführen oder selbst nach Erklärungen suchen. In der Forschung wird oft zwischen zwei Formen von Experimenten unterschieden:

1. Bei Aufgaben mit vorgegebenem Ablauf und Ergebnissen führen Schüler:innen vor allem einzelne Schritte aus.
2. Bei Aufgaben im Forschenden Lernen übernehmen sie mehr Verantwortung für den Untersuchungsprozess selbst (Domin, 1999; Hofstein & Lunetta, 2004).

In solchen Aufgaben arbeiten Schüler:innen mit mehreren Einflussfaktoren gleichzeitig und müssen auch mit unsicheren Ergebnissen umgehen. Sie vergleichen Beobachtungen, werten Messdaten aus und entwickeln daraus Erklärungen. Forschung zeigt außerdem, dass zum Beispiel der Umgang mit mehreren veränderbaren Variablen für Schüler:innen nicht selbstverständlich ist. Deshalb brauchen sie Aufgaben, die gezielt Möglichkeiten zum Reflektieren und Nachdenken darüber bieten (Kuhn, 2002).

In Lernumgebungen für Forschendes Lernen begleiten Lehrer:innen beim Zusammenarbeiten, helfen beim Einordnen von Beobachtungen und verbinden Ergebnisse mit Konzepten. Die Cognitive Load Theory zeigt, dass Aufgaben schnell überfordern können, wenn sie zu offen oder unklar aufgebaut sind. Klare Rahmenbedingungen helfen, die Aufmerksamkeit auf wichtige Zusammenhänge zu lenken (Kirschner et al., 2006; Sweller, 2019). Wie gut solche Lernprozesse gelingen, hängt deshalb stark vom Aufbau der Aufgabe ab. Er beeinflusst, wie Schüler:innen mit Variablen arbeiten, wie sie Messdaten nutzen und wie sie gemeinsam zu Erklärungen kommen.

### Forschendes Lernen - Inquiry-Based Learning

Im forschenden Lernen oder Inquiry-based Learning werden Schüler:innen aktiv am Untersuchungsprozess beteiligt. Dazu gehört zum Beispiel, [Hypothesen zu formulieren](#), [Parameter zu verändern](#) und [Ergebnisse zu interpretieren](#) (siehe Abbildung 3). Schüler:innen treffen dabei eigene Entscheidungen zum Versuchsaufbau, deuten Ergebnisse, die möglicherweise nicht eindeutig sind, und passen ihr Vorgehen an. So verbinden sich Experimentieren und die Entwicklung von Konzeptverständnis. Sie arbeiten mit Beobachtungen, Variablen und Messdaten und entwickeln daraus Erklärungen. Solche Lernprozesse können davon abhängen, wie Aufgaben aufgebaut sind und ob es Gelegenheiten zum Nachdenken, Reflektieren und Besprechen der Ergebnisse gibt. Praktisches Arbeiten allein reicht dafür oft nicht aus (Minner et al., 2009; Pedaste et al., 2015). Experimentelles und forschendes Lernen kann deshalb als bewusst gestaltete Lernumgebung verstanden werden.

Experimente unterscheiden sich, ob bekannte Ergebnisse überprüft werden oder ob offene Fragestellungen untersucht werden. Bei vielen Aufgaben mit konkretem Ergebnis folgen Schüler:innen meist einer festen Anleitung mit fixen Schritten ohne eigene Entscheidungen zu treffen. Inquiry-orientierte Experimente funktionieren anders. Hier entwickeln Schüler:innen eigene Vermutungen, wählen Parameter und Variablen aus, verändern Bedingungen und beurteilen ihre Ergebnisse auch dann, wenn sie nicht eindeutig sind. Dabei wird sichtbar, wie viele Faktoren relevant sind und dass Entscheidungen oft mehrfach angepasst werden müssen. Wie ein



Experiment aufgebaut ist, beeinflusst stark, ob Schüler:innen nur eine Anleitung abarbeiten oder selbst Erkenntnisse entwickeln. Auch Materialien, Messmöglichkeiten und Vergleichskriterien spielen beeinflussen, wie Schüler:innen Ergebnisse verstehen und ihre Erklärungen weiterentwickeln (Domin, 1999; Kuhn, 2002; Lazonder & Harmsen, 2016).

### Settings mit forschendem Lernen ( Inquiry Settings)

Der Aufbau von Experimenten beeinflusst auch, welche Anforderungen im Unterricht an Lehrer:innen entstehen. In inquiry-orientierten Lernumgebungen laufen mehrere Prozesse gleichzeitig. Lehrkräfte unterstützen dabei,

- dass offene Fragestellungen erhalten bleiben
- Schüler:innen sinnvoll mit Variablen arbeiten
- Zusammenarbeit und Kollaboration gelingt
- Beobachtungen mit Lerninhalten verbunden werden

Wenn Aufgaben unklar strukturiert sind, kann das Schüler:innen überfordern und das Lernen erschweren. Klare Rahmenbedingungen helfen, wichtige Variablen sichtbar zu machen und Ergebnisse besser zu vergleichen (Kirschner et al., 2006; Sweller, 2019). Deshalb ist es hilfreich, wenn Lehrer:innen Sensibilität entwickeln, wie der Aufbau einer Aufgabe das Arbeiten der Schüler:innen zum Beispiel in Bezug auf Verständlichkeit, Zusammenarbeit und fachliches Lernen beeinflusst. In der Lehrer:innenbildung können inquiry-orientierte Experimente helfen, diese Anforderungen sichtbar zu machen. Wenn Lehramtsstudierende selbst experimentieren, erleben sie typische Herausforderungen direkt aus der Perspektive der Lernenden.

Der Wechsel zwischen der Rolle als Lernende und der Rolle als Lehrperson unterstützt, Unterricht bewusster wahrzunehmen und besser zu verstehen, welche Aufgabenstellungen Zusammenarbeit fördern, Denkprozesse anregen und fachliches Verständnis unterstützen (Sherin, 2007; Kolb, 1984; Schön, 1983).

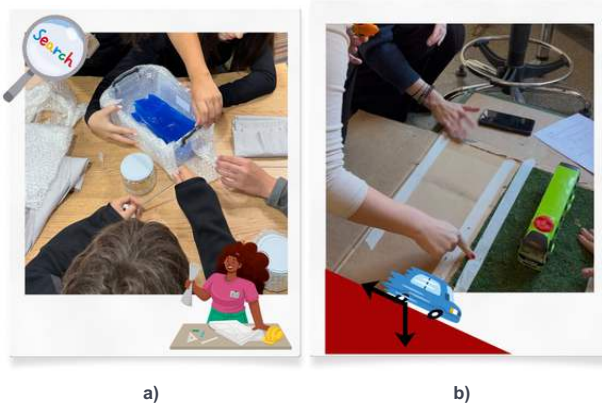


Abbildung 3: a) und b) zeigen Experimente, bei denen Schüler:innen zu offenen Aufgabenstellung eigene Hypothesen testen.

Dieser theoretischen Überlegungen bilden die Basis für das Gestalten der im Projekt entwickelten Experimente als strukturierte Lernumgebungen für Forschendes Lernen. Aufgaben sollen offen genug bleiben, damit Schüler:innen eigene Lösungen entwickeln und gleichzeitig klar genug aufgebaut sein, damit sie gut bearbeitet werden können. Die Designprinzipien ergeben sich aus den Überschneidungen der beteiligten Länder sowie aus den beschriebenen theoretischen Grundlagen und sollen als Orientierung für die Entwicklung der Experimente dienen. Jedes Prinzip stellt einen bestimmten Aspekt von Forschendem Lernen dar, wie die Verteilung von



Verantwortung im Untersuchungsprozess, Wichtigkeit und Sichtbarkeit von Variablen oder die Rolle systematischer Messungen beim Auswerten von Ergebnissen.

### **Self Determination Theory (SDT)**

Das Design von Experimenten kann die Motivation der Schüler:innen während der Arbeit stark beeinflussen. Die Self-Determination Theory beschreibt, wie sich Schüler:innen motivierter und stärker in den Unterricht einbringen. Dazu gehören

- Autonomie
- Kompetenz
- und soziale Eingebundenheit

Inquiry-orientierte Experimente können solche Bedingungen unterstützen. Das gelingt zum Beispiel dann, wenn Schüler:innen innerhalb einer klaren Aufgabenstellung eigene Entscheidungen treffen können und Ergebnisse gemeinsam besprechen und auswerten (Ryan & Deci, 2000).

Im Rahmen dieses Projekts wurde die Motivation der Schüler:innen während der Experimente mit dem Intrinsic Motivation Inventory (IMI) erhoben. Dieses Instrument macht verschiedene Motivationsaspekte messbar, die auf der Self-Determination Theory beruhen (McAuley, Duncan & Tammen, 1989).

### **Fächerübergreifendes Lernen in unterschiedlichen Kontexten**

Experimentelles Lernen im Unterricht funktioniert oft besonders gut, wenn Aufgaben an Situationen des täglichen Lebens anknüpfen. So können Schüler:innen abstrakte Konzepte besser verstehen, weil sie diese mit beobachtbaren oder bekannten Situationen verbinden. Wichtig ist dabei, dass die naturwissenschaftliche Fragestellung klar erkennbar bleibt (Hmelo-Silver, 2004; Gilbert, 2006). Der Kontext hilft zu klären, worum es in der Aufgabe geht, welche Variablen wichtig sind und wie Ergebnisse verstanden werden können.

Fachübergreifende Ansätze, wie sie unter den Begriffen MINT oder MINKT diskutiert werden, beschreiben, wie Wissen aus verschiedenen Bereichen miteinander verbunden werden kann, besonders wenn es um komplexe Fragestellungen geht (Liao, 2016). In der Planung von Experimenten sind solche Verbindungen dann sinnvoll, wenn sie die Fragestellung beeinflussen, wichtige Variablen sichtbar machen oder bei der Auswertung der Ergebnisse helfen. Zum Beispiel können Entscheidungen beim Planen eines Versuchs, beim Modellieren oder beim Interpretieren von Daten Wissen aus mehreren Fächern einbeziehen, ohne dass immer alle Fächer ausdrücklich verbunden werden müssen.

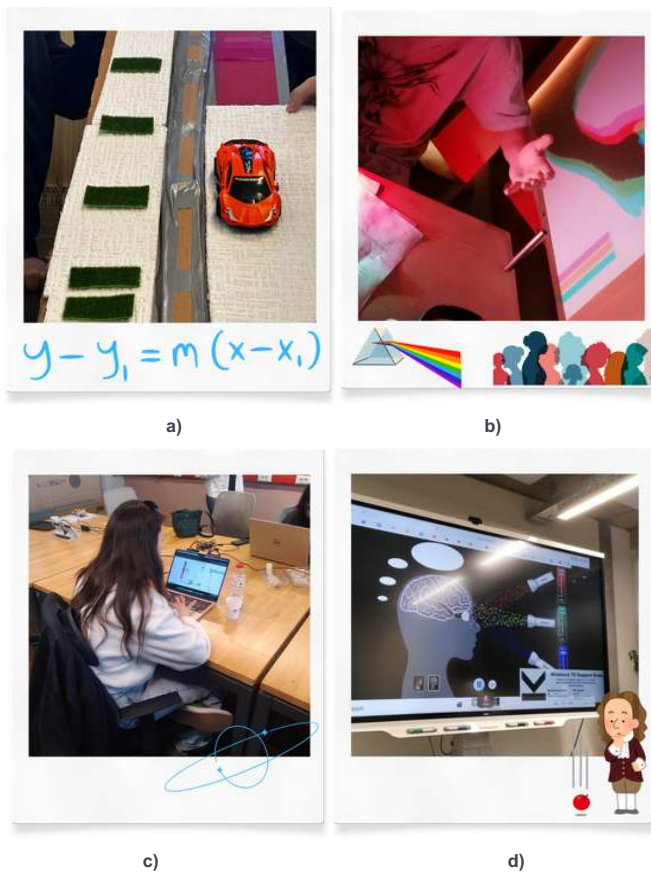
Auch künstlerische oder geisteswissenschaftliche Zugänge, wie sie in MINKT eine Rolle spielen, können hilfreich sein. Sie unterstützen zum Beispiel beim Visualisieren, beim Arbeiten mit Modellen, beim Bezug zur Lebenswelt der Schüler:innen oder bei der Darstellung von Ergebnissen (Henriksen, 2017). Wichtig ist, dass solche Elemente mit der Untersuchung zusammenhängen und nicht nur als zusätzliche kreative Aufgabe nebenbei stehen.

Ob fachübergreifende Perspektiven sinnvoll sind, hängt davon ab, welche Rolle sie in der Aufgabe spielen. Sie können helfen, Denkprozesse zu strukturieren, Darstellungen zu entwickeln und Ergebnisse besser einzuordnen. So unterstützen sie Schüler:innen dabei, komplexe Fragestellungen aus der realen Welt besser zu verstehen.



## Designprinzipien für STExperiMents-Experimente

Die entwickelten Experimente orientieren sich an gemeinsamen Lehrplanschwerpunkten der beteiligten Länder. In all deren Bildungssystemen finden sich ähnliche Zielsetzungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht, besonders im Bereich forschendes Lernen, überfachliche Kompetenzen, Einsatz digitaler Werkzeuge und Arbeiten an alltagsnahen Problemstellungen. Diese gemeinsamen Schwerpunkte bilden die Basis der Designprinzipien, nach denen die experimentellen Aufgaben im Projekt entwickelt wurden.



**Abbildung 4:** In a) und b) arbeiten Schüler:innen an Hands-on-Aufgaben und verändern Parameter wie Materialien oder Setup. In c) untersuchen Lehramtsstudierende pH-Werte. In d) erkunden sie RGB-Farben mithilfe von Simulationen.

Die folgenden Prinzipien übersetzen gemeinsame Lehrplanziele in konkrete Kriterien für das Design von Experimenten. Sie fördern, dass alle im Projekt entwickelten Experimente nach vergleichbaren strukturellen Grundlagen aufgebaut sind. Jede Partnerinstitution entwickelt dabei ein Hands-on-Experiment, das bei Bedarf digitale Werkzeuge einbezieht, sowie ein virtuelles Experiment, das sich an diesen Anforderungen orientiert (siehe Abbildung 4).



### Kombinierte Prinzipien der Partnerländer

1. Jedes Experiment hat einen klaren Bezug zu nachvollziehbaren Situationen des Alltags oder realen Herausforderungen. Phänomene werden in praktische Zusammenhänge eingebettet, die zeigen, warum das Thema relevant ist.
2. Die Experimente verbinden Verständnis und Lerninhalte mit klar aufgebauten Untersuchungsschritten. Schüler:innen formulieren Hypothesen, überprüfen diese, werten Ergebnisse aus und vergleichen ihre Beobachtungen mit anderen Gruppen.
3. Der Aufbau jeder Aufgabe unterstützt den Transfer von Wissen. Dafür enthalten Experimente eine klare Struktur für Messungen und Auswertung.

Alle Experimente sollten entlang dieser Dimensionen entwickelt werden:

1. **Konzept-Fokus:** Jedes Experiment macht deutlich, welche MINT-relevanten Konzepte im Mittelpunkt stehen. Sie geben die Richtung für den Aufbau der Aufgabe zum Beispiel bei der Auswahl der Variablen, der Materialien und der Messungen vor.
2. **Kompetenz-Fokus:** Im Experiment werden Kompetenzen gezielt angesprochen. Dazu gehören zum Beispiel kritisches Denken, Problemlösen, Zusammenarbeit, Kreativität oder der Umgang mit digitalen Werkzeugen. Diese Kompetenzen sollen im Aufbau der Aufgabe sichtbar, bewusst und aktiv unterstützt werden.
3. **Kontextbezug:** Die Experimente sind mit Situationen aus dem Alltag oder realen Herausforderungen verbunden. Dieser Kontext hilft, Fachwissen mit Anwendungen aus dem Alltag zu verknüpfen und erleichtert den Transfer auf neue Fragestellungen.

**Formate:** Hands-on-Experimente ermöglichen das Arbeiten mit Materialien und Werkzeugen. Diese Materialien sollen einen erkennbaren Mehrwert für das Experiment bieten und direkt mit dem Aufbau, der Datensammlung oder der Interpretation der Ergebnisse verbunden sein. Virtuelle Experimente ermöglichen gezielte Manipulation von Parametern. Digitale Umgebungen unterstützen das Beobachten von Zusammenhängen, Durchführen von Messungen und das systematische Vergleichen von Ergebnissen.

**Digitale Werkzeuge:** Digitale Werkzeuge sind Teil des Untersuchungsprozesses. Dazu gehören z.B. Simulationen, Datenerfassungsprogramme oder digitale Experimentumgebungen, um Zusammenhänge sichtbar zu machen und Ergebnisse auszuwerten.

**Anpassbarkeit:** Die Experimente sind so aufgebaut, dass sie an unterschiedliche Unterrichtssituationen angepasst werden können. Materialien können ersetzt oder vereinfacht werden, Aufgaben lassen sich an verschiedene Lernvoraussetzungen anpassen, und die Einbindung in den Lehrplan kann flexibel erfolgen.

**Nachhaltigkeit:** Nachhaltigkeit wirkt, wo es sinnvoll ist. Das betrifft zum Beispiel die Verwendung einfacher oder wiederverwendbarer Materialien oder Aufgabenstellungen, bei denen bewusst mit begrenzten Ressourcen gearbeitet wird.

### Designprinzipien zur Methodik

Alle im Projekt entwickelten Experimente folgen gemeinsamen methodischen Grundsätzen:

- **Aktivierung und Eigenständigkeit:** Schüler:innen verändern Parameter, treffen selbst Entscheidungen, entwickeln Lösungen und erleben, dass sie damit das Ergebnis beeinflussen.
- **Forschendes Lernen:** Aufgaben regen dazu an, Hypothesen zu formulieren, zu überprüfen, Beobachtungen zu machen und Ergebnisse zu interpretieren. So wird naturwissenschaftliches Denken gezielt geübt.
- **Kollaboration:** Experimente haben Gruppenarbeitsphasen, in denen Ergebnisse besprochen, Lösungswege entwickelt und gemeinsam nach Erklärungen gesucht werden.



- **Reflexion:** Jedes Experiment enthält eine Phase zur Auswertung und danach Reflexion. In dieser Phase analysieren Schüler:innen Ergebnisse, diskutieren mögliche Erklärungen und überlegen, wie sich ihre Lösungen weiter verbessern lassen.
- **Umsetzbarkeit im Unterricht:** Materialien, Zeitaufwand und technische Anforderungen sind so gewählt, dass die Experimente im regulären Unterricht gut durchführbar sind.

#### Davon Abgeleitete Prinzipien in ihren Dimensionen

Diese Dimensionen setzen die beschriebenen Prinzipien im Aufbau einzelner Experimente um. Jedes Experiment wird auf Basis der Dimensionen beschrieben. So bleiben Aufbau und Zielsetzung der Aufgaben über Länder und Formate hinweg vergleichbar.

#### Hands-on-Experimente

1. *Experimente beginnen immer mit einer konkreten Situation aus dem Alltag oder lebensnahen Herausforderungen.*
  - a. Theorie: Alltagsnahe Problemstellungen unterstützen forschendes Lernen. Schüler:innen können Lerninhalte leichter mit Phänomenen verbinden, wenn MINT Konzepte über praktische Fragestellungen eingeführt werden (Minner et al., 2009; Pedaste et al., 2015).
  - b. Design: Ein STExperiMents-Experiment knüpft an Alltagssituationen an oder stellt am Ende einen Bezug zu Situationen außerhalb der Schule her (siehe Abbildung 4a).
  - c. Indikator: Die Aufgabe ist als Auftrag, Herausforderung oder kurze Handlungssituation formuliert, in der ein praktisches Problem gelöst werden soll.
2. *Schüler:innen bauen oder verändern ein physisches Objekt, bei dem Anpassungen messbare Auswirkungen haben.*
  - a. Theorie: In Experimenten sind Schüler:innen aktiv am Erkenntnisprozess beteiligt. Wenn sie physische Objekte erstellen, verändern und Auswirkungen beobachten, können sie Hypothesen überprüfen und den Einfluss einzelner Variablen besser verstehen (Domin, 1999; Kuhn, 2002).
  - b. Design: Hands-on-Experimente enthalten ein physisches Objekt. Dieses wird gebaut, verändert oder gezielt eingesetzt und beeinflusst das untersuchte Phänomen.
  - c. Indikator: Im Experiment beobachten Schüler:innen Veränderungen, die durch das Bauen, Anpassen oder Konfigurieren eines Objekts entstehen.
3. *Gruppen vergleichen Ergebnisse untereinander*
  - a. Theorie: Naturwissenschaftliches Denken entwickelt sich auch, indem Ergebnisse verglichen und gemeinsam interpretiert werden (Pedaste et al., 2015; Kuhn, 2002).
  - b. Design: Experimente sollten so aufgebaut sein, dass unterschiedliche Gruppen vergleichbare Ergebnisse erzeugen. Diese werden in den Gruppen ausgewertet und danach gemeinsam diskutiert.
  - c. Indikator: Der Vergleich von Daten zwischen Gruppen ist ein fester Bestandteil der Aufgabe.
4. *Das Experiment enthält mindestens einen offenen Gestaltungsparameter*
  - a. Theorie: Forschendes Lernen lebt davon, dass Schüler:innen Zusammenhänge zwischen Variablen untersuchen und deren Auswirkungen einschätzen. Deshalb sollten Experimente veränderbare Einflussfaktoren enthalten, die gezielt untersucht werden können (Domin, 1999; Lazonder & Harmsen, 2016).
  - b. Design: Schüler:innen treffen eigene Entscheidungen bei Materialien, Aufbau oder Versuchsbedingungen und beeinflussen damit das Ergebnis sichtbar.
  - c. Indikator: Schüler:innen verändern Materialien, Einstellungen oder Versuchsbedingungen, die das untersuchte Phänomen direkt beeinflussen (siehe Abbildung 4b).



#### 5. *Schüler:innen präsentiere ihre Ergebnisse*

- a. Theorie: Wenn Ergebnisse sichtbar gemacht und gemeinsam besprochen werden, unterstützt das die Interpretation der Bedeutung von Beobachtungen und das fachliche Verständnis (Minner et al., 2009; Pedaste et al., 2015).
- b. Design: Schüler:innen vergleichen ihre Ergebnisse mit anderen Gruppen oder im Plenum. Für diese Auswertung wird bewusst Zeit eingeplant.
- c. Indikator: Ergebnisse werden zum Beispiel in Form von Postern, Modellen, Ausstellungen oder kurzen Präsentationen dargestellt und nicht nur schriftlich festgehalten.

#### **Virtuelle Experimente**

1. *Ein Phänomen wird in einer interaktiven Simulation untersucht und nicht als fixes und nicht manipulierbares Beispiel entwickelt.*
  - a. Theoretischer Hintergrund: Digitale Lernumgebungen unterstützen experimentelles Arbeiten, wenn Schüler:innen Variablen verändern und Auswirkungen direkt beobachten können (Lazonder & Harmsen, 2016).
  - b. Design: Virtuelle Experimente bieten Möglichkeiten, Einstellungen zu verändern und dadurch unterschiedliche Ergebnisse zu erzeugen. Schüler:innen greifen aktiv in das Experiment ein.
  - c. Indikator: Schüler:innen verändern Variablen und beobachten, wie sich das System verändert (siehe Abbildung 4c).
2. *Simulationen ermöglichen Experimente, die im Unterricht schwer oder nicht sicher durchführbar sind.*
  - a. Theorie: Virtuelle Umgebungen erweitern die Möglichkeiten des Experimentierens. Sie helfen bei Experimenten, die im Klassenraum schwer möglich, zeitaufwendig oder sicherheitskritisch sind, und unterstützen die Hypothesenprüfung und die Ergebnisauswertung (Pedaste et al., 2015).
  - b. Design: Virtuelle Experimente machen z.B. unsichtbare Prozesse sichtbar, reduzieren Sicherheitsrisiken oder simulieren schwer organisierbare Materialien (siehe Abbildung 4d, in der Prozesse im Gehirn sichtbar gemacht werden).
  - c. Indikator: Die Simulation ermöglicht Experimente mit Parametern, die im Klassenraum sonst nicht untersucht werden können.
3. *Digitale Werkzeuge sind Teil des Experiments und unterstützen das Arbeiten mit Daten.*
  - a. Theorie: Digitale Lernumgebungen enthalten Werkzeuge zur Beobachtung, Modellierung und Datensammlung. Sie helfen dabei, Zusammenhänge zwischen Variablen systematisch zu untersuchen (Kuhn, 2002; Pedaste et al., 2015).
  - b. Design: Digitale Werkzeuge sind direkt in das Experiment eingebunden. Sie ermöglichen Messungen oder unterstützen den Umgang mit digitalen Kompetenzen im Rahmen der Aufgabe.
  - c. Indikator: Schüler:innen arbeiten mit Software wie Simulationen oder einfachen Entwicklungsumgebungen als Teil des Experiments.



## Die Prinzipien verknüpft mit Experimenten

Die Prinzipien zur Experimentgestaltung zeigen sich an verschiedenen Stellen in der Beschreibung und im Aufbau des Experiments. Sie werden jeweils durch konkrete Elemente der Aufgabe umgesetzt, zum Beispiel durch die Fragestellung am Beginn, durch Arbeitsaufträge während der Durchführung, durch Messaufgaben oder durch Leitfragen zur Reflexion am Ende.

**Offene Problemstellung:** Die offene Fragestellung mit Bezug zum Alltag wird in allgemeinen Zielen oder in den Leitfragen zu Beginn erklärt. Zum Beispiel entwickeln Schüler:innen ein eigenes Bauteil oder eine Lösung, die das Experiment beeinflusst. Dafür testen sie verschiedene Materialien und vergleichen ihre Ergebnisse mit anderen Gruppen.

**Begrenzte Komplexität:** Die Anpassung der Schwierigkeit erfolgt über eine gewisse Auswahl an Parametern, die Schüler:innen beeinflussen können. So bleibt die Aufgabe überschaubar. Zum Beispiel kann sich ein Experiment auf bestimmte Materialien oder auf die Veränderung der Lichtintensität in einer Simulation beschränken.

**Arbeiten mit Messdaten:** Das Sammeln von Daten wird durch strukturierte Messaufgaben unterstützt. Schüler:innen erfassen zum Beispiel pH-Werte, Farbveränderungen oder Simulationsergebnisse. Diese Daten helfen ihnen, Lösungen zu vergleichen und Hypothesen zu überprüfen. Tabellen zur Datensammlung befinden sich in den Arbeitsblättern. Sie können direkt verwendet oder angepasst werden.

**Reflexion und fachliches Verständnis:** Nach dem Experiment folgt eine strukturierte Reflexionsphase. Dabei beantworten Schüler:innen Leitfragen, diskutieren ihre Ergebnisse in der Gruppe oder präsentieren ihre Lösungen. So verbinden sie ihre Beobachtungen mit den zugrunde liegenden naturwissenschaftlichen Konzepten und Lerninhalten.

**Umsetzbarkeit und Anpassung an den Unterricht:** Angaben zu Schulstufe, Dauer, Materialien und möglichen Anpassungen helfen, die Aktivität an unterschiedliche Klassen, Altersstufen und Unterrichtssituationen anzupassen. So lässt sich das Experiment flexibel im Unterricht einsetzen.

### Struktur der Experimente

Alle Experimente folgen derselben Struktur. So finden Lehrer:innen schnell die wichtigsten Informationen und können Experimente leichter an den eigenen Unterricht anpassen. Manuelle Hands-on sowie virtuelle Experimente sind gleich aufgebaut. Dadurch finden Lehrer:innen relevante Information immer an derselben Stelle.

Die Experimente enthalten folgende Bereiche:

- Basisinformationen: Schulstufe, Dauer
- didaktische Einordnung: Ziele, Kompetenzen, Konzepte, Lernergebnisse
- Voraussetzungen: notwendiges Vorwissen, Materialien
- Beschreibung der Aktivität: Ablauf des Experiments
- Unterstützung für den Unterricht: Anpassungsmöglichkeiten, Leistungsbeurteilung
- Materialien für Schüler:innen: Arbeitsblätter
- optionale Ergänzungen: Vorbereitung für Lehrkräfte, Medien

Im Überblick sehen Lehrkräfte zuerst, für welche Schulstufe das Experiment gedacht ist und welche Fächer und Kompetenzen angesprochen werden. So lässt sich schnell einschätzen, wo die Aufgabe gut in den Unterricht passt.

Danach folgt eine genaue Schritt-für-Schritt-Anleitung. Sie zeigt, wie das Experiment abläuft, an welchen Stellen Anpassungen möglich oder sinnvoll sind, welche Materialien verwendet werden und welche Lernmaterialien wie Arbeitsblätter zur Datensammlung genutzt werden können.

Die Anleitung gibt außerdem einen Eindruck darüber, was Schüler:innen während der Aktivität tun und welche Lernprozesse dabei angeregt werden.



## Überblick über das Experiment

1. Jedes Experiment beginnt mit Angaben zu Schulstufe und Dauer. So sehen Lehrkräfte, für welches Alter das Experiment gedacht ist und wie viel Zeit eingeplant werden sollte.
2. Danach werden die Kompetenzen beschrieben, die im Experiment genutzt werden. Dazu gehören Fähigkeiten wie kritisches Denken, Kreativität, Kommunikation und Kollaboration, sowie Lerninhalte wie naturwissenschaftliches Experimentieren und Arbeiten mit Daten.
3. Die allgemeinen Ziele beschreiben die Art der Herausforderung.
4. Im Abschnitt zum Vorwissen wird erklärt, welche Inhalte Schüler:innen bereits kennen sollten, um gut mitarbeiten zu können. Das hilft Lehrer:innen, das Experiment an den eigenen Lehrplan und die Klasse anzupassen.
5. Eine Materialliste zeigt, welche Materialien Schüler:innen mitbringen sollten und was im Vorfeld vorbereitet werden muss.
6. Die Übersicht zu Konzepten in den MINKT-Fächern und zu Lernergebnissen hilft, einen schnellen Überblick über die Lerninhalte und die zu übenden Kompetenzen zu bekommen. Die Angaben sind nach Unterrichtsfach gegliedert.

## Schritt für Schritt Anleitung

Das Experiment wird danach in einer detaillierten Schritt-für-Schritt-Anleitung mit Arbeitsaufträgen, Leitfragen, Zeitangaben und kurzen fachlichen Hinweisen beschrieben. Hier wird dargestellt, wie die Designprinzipien im Unterricht umgesetzt werden können.

- Am Anfang steht immer eine offene Fragestellung mit Bezug zum realen Leben. Zum Beispiel: Warum hört eine Kerze auf zu brennen? Oder: Wie beeinflussen verschiedene Straßenbeläge die Geschwindigkeit eines Autos? Schüler:innen bekommen damit einen Anknüpfungspunkt, um ihre Untersuchung zu starten, ohne dass ein gewisses Ergebnis bereits vorgegeben ist.
- Danach haben Schüler:innen die Möglichkeit, das Experiment mit einer gewissen Auswahl an Parametern zu beeinflussen. Sie testen bestimmte Materialien, verändern einzelne Einstellungen in einer Simulation oder untersuchen Situationen. So bleibt die Aufgabe überschaubar und trotzdem offen genug für eigene Lösungen.
- Ein wichtiger Teil des Experiments ist das Arbeiten mit Messdaten. Schüler:innen beobachten, messen und tragen ihre Ergebnisse in Tabellen ein, mit denen ihre Hypothesen überprüft werden. So lassen sich Ergebnisse vergleichen und gemeinsam besprechen.
- Am Ende folgt eine Reflexionsphase. Schüler:innen vergleichen ihre Ergebnisse, diskutieren Unterschiede zwischen Gruppen und verbinden ihre Beobachtungen mit Lerninhalten des Unterrichtsfachs über Leitfragen, Gruppengespräche oder kurze Präsentationen.
- Bei der Planung wurde darauf geachtet, dass die Experimente mit einfachen und kostengünstigen Materialien durchführbar sind. Viele Aufgaben lassen sich leicht an den eigenen Unterricht anpassen. Lokale Beispiele können ersetzt werden. Im Rampenexperiment kann etwa statt der Großglocknerstraße ein passendes Beispiel aus der eigenen Umgebung gewählt werden.

Danach folgen Hinweise zur Leistungsbeurteilung und Vorschläge zur Anpassung für unterschiedliche Lernniveaus. Zusätzlich gibt es Materialien zur Vorbereitung für Lehrer:innen, zum Beispiel kurze Hintergrundinformationen, Videos oder weiterführende Hinweise. Arbeitsblätter für Schüler:innen unterstützen beim Formulieren von Hypothesen, beim Sammeln von Daten und bei der Auswertung der Ergebnisse. Gleichzeitig helfen sie dabei, Ergebnisse zwischen Gruppen vergleichbar zu machen.



### Iterative Verbesserungen

Die ersten Versionen der Experimente werden basierend auf den beschriebenen Designprinzipien entwickelt. Dabei orientieren sich die Aufgaben sowohl an den Zielen des Projekts als auch an den jeweiligen nationalen Lehrplänen und kulturellen und lokalen Gegebenheiten. Danach lesen Projektpartner:innen die Entwürfe und verbessern diese. So entstehen Rückmeldungen aus unterschiedlichen fachlichen und didaktischen Blickwinkeln. Anschließend wurden die Aufgaben überarbeitet, damit sie verständlicher werden und sich im Unterricht gut durchführen lassen, bevor sie im Unterricht getestet wurden.

In einem nächsten Schritt wurden die Experimente mit Lehramtsstudierenden getestet (siehe Abbildung 6). Ihre Rückmeldungen helfen bei der Verbesserung der Qualität aus Lehrer:innenperspektive. Danach wurden die Experimente mit Schüler:innen im Unterricht getestet. So zeigte sich, ob die Aufgaben verständlich sind und in der Praxis funktionieren.

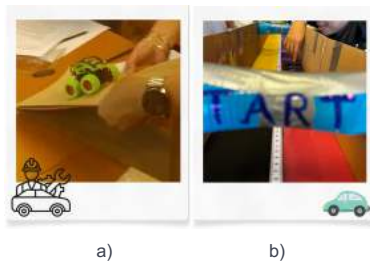


Abbildung 6. In a) und b) testen Lehramtsstudierende ein Hands-on-Experiment und verbessern den Aufbau einer Rampe.

Wenn Lehrer:innen eigene Experimente entwickeln möchten, sollte die erste Version ebenfalls die Designprinzipien im Hinterkopf behalten. Die Experimente lassen sich durch Ausprobieren und Rückmeldungen weiter verbessern, zum Beispiel gemeinsam mit Kolleg:innen oder mit Lehrer:innen aus anderen beteiligten Fächern.

Nach der Planungsphase sollten folgende Fragen beantwortet werden:

- Gibt es eine klare Fragestellung im Experiment?
- Können Schüler:innen selbst Variablen verändern oder ist alles fix?
- Können viele Beobachtungen und Messungen durchgeführt werden?
- Gibt es Zeit zum Nachdenken über die Ergebnisse und eine Reflexion?

Danach sollte die Aufgabe gegebenenfalls zum Beispiel durch klarere Arbeitsaufträge, passendes Material, realistische Zeitplanung oder besser formulierte Leitfragen angepasst werden. Das stellt sicher, dass das Experiment gut durchführbar ist und unterstützt, dass naturwissenschaftliche Inhalte von den Schüler:innen gut und richtig verstanden werden.

### Beispielexperiment

Das Experiment „Impfstoffe kühl halten“ greift eine Problemstellung auf, die in ähnlicher Form tatsächlich vorkommt. Schüler:innen entwickeln und testen Lösungen, wie Impfstoffe bei warmen Temperaturen und begrenzter Stromversorgung gekühlt werden können (siehe Abbildung 7).

- **Offene Fragestellung:** Das Experiment beginnt mit einer offenen Frage aus einem realen Problem: Wie können Impfstoffe in warmen Regionen ohne verlässliche Stromversorgung gekühlt werden? Schüler:innen entwickeln eigene Ideen und testen unterschiedliche Lösungen. Dadurch lässt die Aufgabe mehrere Lösungswege zu.
- **Begrenzte Komplexität:** Die veränderbaren Parameter sind bewusst eingeschränkt. Schüler:innen arbeiten zum Beispiel mit vorgegebenen Isoliermaterialien, Behältern oder



Kühlelementen. So bleibt die Aufgabe überschaubar. Gleichzeitig entstehen durch Entscheidungen der Schüler:innen messbare Unterschiede zwischen Lösungen.

- **Arbeiten mit Messdaten:** Schüler:innen sammeln systematisch Daten zu Temperaturentwicklung, Kühldauer oder Unterschiede zwischen Versuchsaufbauten. Diese Daten werden in Tabellen festgehalten und zwischen Gruppen verglichen. So wird sichtbar, wie sich unterschiedliche Entscheidungen auf Ergebnisse auswirken.
- **Reflexion und Konzeptverständnis:** Ein Teil des Experiments ist die gemeinsame Auswertung. Schüler:innen vergleichen Ergebnisse und verbinden ihre Beobachtungen mit Konzepten wie Wärmeübertragung, Isolierung oder Energieeffizienz. So werden aus einzelnen Beobachtungen nachvollziehbare Erklärungen.
- **Nachhaltigkeit, Umsetzbarkeit und Anpassung:** Für das Experiment werden einfache und kostengünstige Materialien verwendet, Messungen lassen sich mit wenig Aufwand durchführen und das Experiment kann in verschiedensten Unterrichtssituationen eingesetzt werden. Lehrer:innen können sie leicht an Alter, vorhandene Materialien oder regionale Bezüge anpassen, ohne dass die Grundidee des Experiments verloren geht.



**Abbildung 7:** In a) prüfen Schüler:innen und Lehramtsstudierende in einer Hands-on-Aktivität ihre Vermutungen zu verschiedenen Isoliermaterialien. In b) macht eine andere Gruppe Temperaturmessungen.

Auch im Experiment spiegelt sich der bereits beschriebene Aufbau:

- Im **Überblicksbereich** stehen Informationen wie Schulstufe und Dauer der Aktivität, damit Lehrer:innen einschätzen können, wie lange die Aktivität dauern wird und welches Format geeignet ist. Kompetenzen werden beschrieben und sowohl Fähigkeiten wie Kollaboration und kritisches Denken als auch inhaltliche Kompetenzen wie das Sammeln und Dokumentieren von Daten genannt. Vorwissen gibt an, welche Wissensgrundlagen vorher hilfreich sind. Eine Materialliste gibt einen Überblick über nötige Vorbereitungen.
- Eine **Schritt-für-Schritt-Beschreibung**, beginnend mit der offenen Fragestellung, führt durch die einzelnen Schritte des Experiments und endet mit der Auswertung der Ergebnisse. In jeder Phase ist beschrieben, was Schüler:innen tun sollen und was sie beobachten können. Es gibt auch Hinweise zur Leistungsbeurteilung und Möglichkeiten zur Anpassung. So kann die Schwierigkeit variiert werden, ohne die Grundidee der Aufgabe zu verändern.
- Zusätzliche Materialien wie **Arbeitsblätter** für Schüler:innen sind enthalten, um beim Formulieren von Hypothesen, beim Sammeln von Daten und bei der Auswertung der Ergebnisse zu unterstützen. Dadurch bleibt das experimentelle Arbeiten klar strukturiert..



## Beitrag zur Bildung und Empfehlungen

### Für Schüler:innen

Die Experimente unterstützen Schüler:innen dabei zu lernen, komplexe Probleme wie naturwissenschaftliche Fragen systematisch zu untersuchen. Sie formulieren Vermutungen, verändern Variablen, sammeln Messdaten und deuten ihre Ergebnisse im Zusammenhang mit wissenschaftlichen Konzepten. So entwickeln sie schrittweise ihre Inquiry-Kompetenz weiter.

Die Aufgaben sind so aufgebaut, dass strukturiertes Denken unterstützt wird. Schüler:innen vergleichen ihre Ergebnisse mit anderen Gruppen, besprechen Unterschiede in den Messungen und verbinden ihre Beobachtungen mit physikalischen, mathematischen oder chemischen Zusammenhängen. Dadurch wird ihr Denkprozess sichtbar, damit verifizier- und verbesserbar und Diskussionen auf Basis von Beobachtungen und Daten werden gefördert.

Zusätzlich sind Reflexionsphasen eingeplant. In diesen Phasen können Schüler:innen ihre Ergebnisse einordnen, Erklärungen formulieren und Vermutungen überprüfen oder verändern. Weil die Experimente in alltagsnahe Situationen und fachübergreifende Themen eingebettet sind, begegnen Schüler:innen naturwissenschaftlichen Konzepten im Zusammenhang mit konkreten Fragestellungen. So wird es leichter, Fachwissen auf neue Situationen oder den Alltag zu übertragen und reale Phänomene besser zu verstehen.

### Für Lehrer:innen

Die Leitlinien können Lehrer:innen helfen, zu erkennen, wie der Aufbau eines Experiments Lernprozesse im Unterricht beeinflusst. Sie zeigen zum Beispiel, welche Rolle die Fragestellung, die Auswahl der Variablen, Messungen und Reflexionsphasen spielen. Diese Perspektive sichtbar machen, wie Aufgaben das Denken der Schüler:innen und die Zusammenarbeit in der Gruppe beeinflussen.

Gleichzeitig unterstützen die Leitlinien dabei, die eigene Rolle als Lehrer:in in Inquiry-orientierter Lernphasen bewusster wahrzunehmen und klaren Unterricht zu planen. Bei Experimenten laufen oft mehrere Prozesse gleichzeitig: Schüler:innen arbeiten zusammen, deuten Ergebnisse und entwickeln Erklärungen. Wenn der Aufbau der Aufgabe klar ist, lässt sich Unterricht leichter begleiten und einfacher flexibel anpassen. Außerdem unterstützen die Leitlinien Lehrkräfte dabei, Experimente selbst weiterzuentwickeln. Die beschriebenen Dimensionen können genutzt werden, um bestehende Experimente zu analysieren, an die eigene Klasse anzupassen oder neue Aufgaben zu entwickeln. Experimente werden so nicht nur durchgeführt, sondern auch bewusster geplant und reflektiert.

### Für Bildungspolitik und Lehrplanentwicklung

Die beschriebenen Prinzipien bieten eine gemeinsame Grundlage für die Entwicklung von Experimenten für den MINT Unterricht in unterschiedlichen Bildungssystemen. Gleichzeitig lassen sie genug Spielraum, um Aufgaben an verschiedene Lehrpläne, Ausstattungen und Unterrichtsbedingungen anzupassen.

Die Leitlinien zur Experimentgestaltung erleichtern und fördern auch den Austausch zwischen Lehrer:innen oder Projektpartner:innen. Experimente lassen sich vergleichen und gemeinsam weiterentwickeln, weil sie nach ähnlichen Prinzipien aufgebaut sind, zum Beispiel in Bezug auf konzeptuellen Fokus, Messungen oder Reflexionsphasen. So wird Zusammenarbeit in internationalen STEM-Projekten unterstützt.

Darüber hinaus tragen die Prinzipien dazu bei zu zeigen, wie Forschendes Lernen im Unterricht konkret umgesetzt werden kann. Die Leitlinien bieten eine praktische Orientierung für Projekte, die Experimente stärker im Unterricht verankern möchten. Dabei werden allgemeine Ziele wie Inquiry-Kompetenz, überfachliche Kompetenzen und kontextbezogenes Problemlösen in konkrete Aufgaben übersetzt.



## Quellen

- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141–178. [https://doi.org/10.1207/s15327809jls0202\\_2](https://doi.org/10.1207/s15327809jls0202_2)
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. (2012). Lehrpläne. <https://www.bmb.gv.at/Themen/schule/schulpraxis/lp.html>
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. (2014). Unterrichtsprinzip Umweltbildung für nachhaltige Entwicklung. Wien. <https://www.bmb.gv.at/Themen/schule/schulpraxis/prinz/umweltbildung.html>
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. (2018). Masterplan Digitalisierung im Bildungswesen. Wien. <https://www.bmb.gv.at/Themen/schule/zrp/dibi/mp.html>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.
- Domin, D. S. (1999). A review of laboratory instruction styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 543–547. <https://doi.org/10.1021/ed076p543>
- European Commission. (2018). Council Recommendation of 22 May 2018 on key competences for lifelong learning. Official Journal of the European Union, C189/1–C189/13. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32018H0604\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32018H0604(01))
- Eurydice. (2023a). Finland – National Education System Overview. <https://eurydice.eacea.ec.europa.eu/national-education-systems/finland>
- Eurydice. (2023b). Czechia – National Education System Overview. <https://eurydice.eacea.ec.europa.eu/national-education-systems/czechia>
- Eurydice. (2023c). Türkiye – National Education System Overview. <https://eurydice.eacea.ec.europa.eu/national-education-systems/turkiye>
- Eurydice. (2023d). Austria – National Education System Overview. <https://eurydice.eacea.ec.europa.eu/national-education-systems/austria>
- Finnish National Agency for Education. (2016). National core curriculum for basic education 2014. <https://www.oph.fi/en/education-system/national-core-curriculum-basic-education>
- Fisk, M. (2024). The World at Play: Exploring the impact of an out-of-school learning environment on classroom teachers' thinking and teaching practices. University of Lapland. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2025031718173>
- Gilbert, J. K. (2008). Visualization: An emergent field of practice and enquiry in science education. In J. K. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 3–24). Springer. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-5267-5\\_1](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-5267-5_1)
- Henriksen, D. (2017). Creating STEAM with design thinking: Beyond STEM and arts integration. *The STEAM Journal*, 3(1). <https://doi.org/10.5642/steam.20170301.11>
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86. [https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102\\_1](https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1)
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.
- Kuhn, D. (2002). What is scientific thinking and how does it develop? In U. Goswami (Ed.), *Blackwell handbook of childhood cognitive development* (pp. 371–393). Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9780470996652.ch17>
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Liao, C. (2016). From interdisciplinary to transdisciplinary: An arts-integrated approach to STEAM education. *Art Education*, 69(6), 44–49. <https://doi.org/10.1080/00043125.2016.1224873>
- McAuley, E., Duncan, T., & Tammen, V. V. (1989). Psychometric properties of the Intrinsic Motivation Inventory in a competitive sport setting: A confirmatory factor analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60(1), 48–58. <https://doi.org/10.1080/02701367.1989.10607413>



- Millî Eğitim Bakanlığı (MoNE). (2018). Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (Primary and Lower Secondary Science Curriculum). Ankara: MoNE.
- Ministry of Education and Culture. (2023). Finnish national STEM strategy and action plan: Experts in natural sciences, technology and mathematics in support of society's welfare and growth. Publications of the Ministry of Education and Culture 2023:22.
- Ministry of Education, Youth and Sports Czech Republic. (2021). Framework Educational Programme for Basic Education. <https://www.msmt.cz>
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2009). Inquiry-based science instruction—What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984–2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474–496. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>
- Ministry of National Education Türkiye. (2018). Science Curriculum. Ankara: MoNE. <https://mufredat.meb.gov.tr>
- MINT Gütesiegel. (2025) <https://www.mintschule.at/>
- MINT Best Practices (2021). [www.mintschule.at. https://www.mintschule.at/wp-content/uploads/mintschule.at\\_praxisleitfaden\\_21-07.pdf](https://www.mintschule.at/wp-content/uploads/mintschule.at_praxisleitfaden_21-07.pdf)
- National Research Council. (2012). A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- OECD. (2023). PISA 2022 results. Paris: OECD Publishing. <https://www.oecd.org/en/about/programmes/pisa/pisa-publications.html>
- OECD. (2020). Education Policy Outlook – Country Profiles. <https://www.oecd.org/education/policy-outlook/>
- Opetushallitus. (2014). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. Opetushallitus. [https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/perusopetuksen\\_opetussuunnitelman\\_perusteet\\_2\\_014.pdf](https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2_014.pdf)
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 54–67. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Basic Books.
- Sherin, M. G. (2007). The development of teachers' professional vision in video clubs. In R. Goldman, R. Pea, B. Barron, & S. J. Derry (Eds.), *Video research in the learning sciences* (pp. 383–395). Lawrence Erlbaum.
- Sweller, J. (2019). Cognitive load theory and educational technology. In J. Sweller, S. Ayres, & S. Kalyuga (Eds.), *Advances in cognitive load theory* (pp. 1–12). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429283895>
- UNESCO. (2017). Education for sustainable development goals: Learning objectives. Paris: UNESCO. [https://www.unesco.at/fileadmin/Redaktion/Publikationen/Publikations-Dokumente/2017\\_Education\\_for\\_SDG.pdf](https://www.unesco.at/fileadmin/Redaktion/Publikationen/Publikations-Dokumente/2017_Education_for_SDG.pdf)
- Yakman, G., & Lee, H. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the U.S. as a practical educational framework for Korea. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(6), 1072–1086.

Das STExperiMents Projekt KA220-SCH-34903829 wurde von der Europäischen Union gefördert. Unser spezieller Dank gilt allen teilnehmenden Schulen und Festivals, die uns das Testen ermöglicht und uns Feedback gegeben haben.

