

Ohne Mathe geht es nicht

MINT-Bildung: Chancen für den Mathematikunterricht

In der naturwissenschaftlichen Bildung wird der Mathematik eine besondere Rolle zuteil. Sie ist einerseits eine eigene Wissenschaft mit besonderen Grundlagen und Methoden, und sie ist andererseits die zentrale Bezugswissenschaft aller Naturwissenschaften und der Technik.

Unter dem Akronym „MINT“ werden Mathematik, Informatik, die Naturwissenschaften Biologie, Physik und Chemie sowie Technik zusammengefasst. In diesem Fächerkanon spielt die Mathematik eine Sonderrolle, da sie sich in zwei zentralen Punkten von den anderen MINT-Fächern unterscheidet: Da sind zum einen die Objekte oder Gegenstände, mit denen sich Mathematik beschäftigt: Begriffe wie Punkt, Gerade, Strecke, Variable, Gleichung oder Funktion bezeichnen gedankliche Konstruktionen, mentale Objekte, die in der realen Welt nicht vorkommen. Zum anderen unterscheidet sich die Mathematik aber auch in ihren Methoden von den anderen Fächern, indem von axiomatisch festgelegten Begriffen und Sätzen ausgehend, sukzessive durch logische Schlussweisen

hierarchische Begriffs- und Satzstrukturen aufgebaut werden.

Dies ist jedoch nur eine Seite der Mathematik, die theoretische, welche die Grundlage der Wissenschaft betont. Auf der anderen Seite, jener der Anwendungen, ist Mathematik ein zentrales Bezugsfach für die anderen MINT-Fächer und steht somit auch in enger Beziehung zu der uns umgebenden realen Welt. Mathematische Begriffe und Verfahren werden hier als Hilfsmittel und Werkzeuge sowie zur Ergebnisdarstellung verwendet, etwa durch Terme, Funktionen, Gleichungen oder graphische Aufbereitungen mathematischer Zusammenhänge. Beide Seiten der Mathematik gilt es im MINT-Bereich des Mathematikunterrichts zu entwickeln (Winter 1995).

MINT, Bildung und Mathematikunterricht

In Vorbereitung auf ein mathematisches, naturwissenschaftliches oder technisches Berufs- oder Studienziel sind MINT-Inhalte in jeder Schule und jeder Schulstufe – inzwischen – unverzichtbar. Damit sind aber auch wichtige Bildungsziele und -prozesse im Rahmen der schulischen Allgemeinbildung verbunden, die nicht isoliert in einem Fach, sondern in der Wechselbeziehung verschiedener Fächer zueinander angestrebt werden. Im fächerorientierten Schulunterricht gilt es, von einzelnen Fächern ausgehend, deren Rolle in ihrer Beziehung zu den anderen MINT-Fächern zu erkennen und dadurch ein „Lernen im Zusammenhang“ (Holzapfel 2013, S. 2ff.) zu initiieren. Für die Mathematik heißt das somit, aus der Perspektive des Mathematikunterrichts auf die anderen MINT-Fächer zu schauen.

Auch wenn die gesamte MINT-Bildung zu komplex und umfassend ist, um sie adäquat in einer aufzählenden Liste beschreiben zu können, so lassen sich für den Mathematikunterricht dennoch Leitgedanken aufstellen, die im Hinblick auf eine MINT-Bildung anzustreben sind (**Kasten 1**).

MINT-Bildung im Mathematikunterricht ist in diesem Sinn ein langfristiger Entwicklungsprozess, der das Verständnis ausgewählter Situationen aus einer gesellschaftlich-technischen Lebenswelt sowie Problemstellungen aus anderen MINT-Fächern

1 | Wissenswert: Leitgedanken für MINT-Bildung im Mathematikunterricht

1. In allen Jahrgangsstufen werden altersadäquat Probleme aus anderen MINT-Fächern einbezogen, die sich mit mathematischen Verfahren und Methoden behandeln und evtl. lösen lassen.
2. Lernende erfahren, wie die mathematische Perspektive bei Inhalten und Problemen in anderen MINT-Fächern neue Einblicke und Einsichten eröffnet (und umgekehrt).
3. Lernende erfahren, wie Folgen und Konsequenzen technischer und gesellschaftlicher Entwicklungen sich durch Mathematik quantifizieren lassen. So werden quantitative Prognosen möglich.
4. Lernende nutzen Mathematik, um die gegenwärtigen globalen Probleme (angemessen didaktisch reduziert) zu beschreiben und Lösungsansätze besser einzuschätzen.
5. Die gegenüber der Mathematik spezifischen Methoden und Prinzipien anderer MINT-Fächer werden als Anlass genommen, die Besonderheit der mathematischen Denk- und Arbeitsweisen herauszustellen.



Methoden entwickelt, der dadurch aber auch die Vorstellungen der verwendeten mathematischen Begriffe erweitert. Dabei gilt es, sukzessive Beispiele aus MINT-Fächern so auszuwählen, dass diese sowohl altersgemäße Voraussetzungen als auch jahrgangsstufenabhängige mathematische Kenntnisse berücksichtigen.

MINT und Kompetenzen im 21. Jahrhundert

Komplexe Probleme unserer heutigen Welt – wie die Entwicklung alternativer Energien, nachhaltige Produktion, globale Kommunikation oder Digitalisierung vieler Bereiche unseres Lebens, aber auch vermeintlich kleine, übersichtliche Probleme wie die Funktionsweise einer Wärmepumpe, einer Parabolantenne oder eines eBike-Motors, die Konstruktion von Gleitsichtbrillen oder der Bau einer Skateranlage – erfordern Kenntnisse und Wissen aus unterschiedlichen (MINT-)Bereichen. „Um eine Lösungsvielfalt für komplexe Probleme zu erhalten, muss man fächerübergreifend denken bzw. Zusammenhänge darstellen können“ (OECD 2020, S. 64).

MINT-Kenntnisse und -Fähigkeiten sind unverzichtbar für die Lösung der anstehenden globalen Probleme. Diese werden auch immer wieder im Zusammenhang mit einer Teilnahme am gegenwärtigen und zukünftigen privaten und gesellschaftlichen Leben benannt (vgl. etwa UNESCO 2018). Sie sind damit auch ein zentraler Bestandteil der Allgemeinbildung. Als Reaktion auf die sozialen und wirtschaftlichen Veränderungen, die insbesondere als Ergebnis der technologischen Innovation wahrgenommen werden, wurden in den letzten Jahren verschiedene Kataloge von Kompetenzen, Kenntnissen und Fähigkeiten entwickelt, die als notwendig angesehen werden, um den persönlichen, gesellschaftlichen und beruflichen Anforderungen des 21. Jahrhunderts gerecht zu werden.

Als übergeordnete Leitlinie können dabei die so-

genannten „21st Century Competencies“ oder „21st Century Skills“ dienen (s. **Kasten 2**; OECD Lernkompass 2030). Diese lassen sich einerseits in Wechselbeziehung zu den allgemeinen Kompetenzen des Mathematikunterrichts sehen, sie geben andererseits aber auch Anregungen, über deren Erweiterung und Veränderung nachzudenken:

- Welche Kompetenzen sind zukünftig relevant und sollen verstärkt entwickelt werden?
- Welches Wissen ist dafür notwendig?
- Welche Bedeutung kommt dem mathematischen Wissen im Rahmen von MINT-Wissen zu? Und schließlich:
- Wie ist die Beziehung des Mathematikunterrichts zu anderen Fächern im Hinblick auf die Entwicklung von MINT-Kompetenzen?

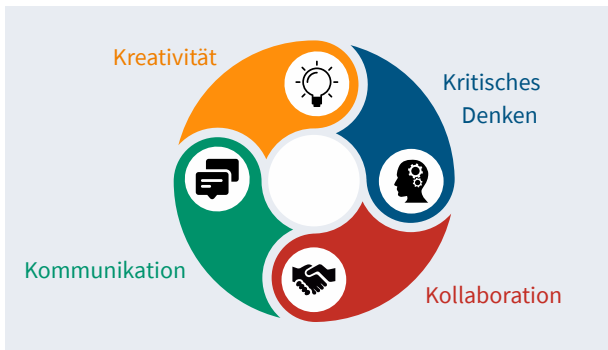
MINT und die Sonderrolle der Mathematik

Im Hinblick auf die 21st Century Skills wird auch die Bedeutung der Mathematik betont, die Modellen der gegenwärtigen und zukünftigen Welt zugrunde liegt. Hierzu gehört das Wissen darüber, wann der Einsatz von Mathematik – und welcher mathematischer Inhalte – zur Lösung eines Problems angemessen und sinnvoll ist. In solchen Fällen sollte oder kann ein Problem in eine mathematische Frage übersetzt und innerhalb der mathematischen Domäne gelöst werden. Die Ergebnisse können dann in den Möglichkeiten und Beschränkungen der ursprünglichen Situation interpretiert und bewertet werden (z. B. Geiger u. a. 2018) – ähnlich wie das bei der Berücksichtigung von Realitätsbezügen im Mathematikunterricht der Fall ist (Siller 2015).

Obwohl Mathematik als Grundlage für alle MINT-Disziplinen gesehen wird, ist die Rolle der Mathematik in den MINT-Unterrichtsfächern oftmals unterrepräsentiert. Dies wird u. a. durch eine Literaturstudie von Just und Siller (2022) bestätigt. Die Rolle der Mathematik wird dabei oft auf ein ausschließlich kalkül-orientiertes Hilfsmittel und somit ausschließlich als Werkzeug wahrgenommen. Zentraler mathematischer

Mathematik, Naturwissenschaften und Informatik sind miteinander verzahnt

2 | Wissenswert: Die 21. Century Skills: Kompetenzen für das 21. Jahrhundert



Die „4K“ genannten Kompetenzen können bei der Gestaltung von Mathematikunterricht eine neue Orientierung geben

Seit den letzten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts wurden, angeregt durch wirtschaftliche, gesellschaftliche und bildungspolitische Institutionen in den USA, spezifische Kenntnisse und Fähigkeiten herausgestellt, die künftig eine besondere Bedeutung erlangen werden. Diese umfassen zum einen sehr allgemein formulierte Kompetenzen wie die *Entwicklung kritischen Denkens*, von *Kreativität* oder der Fähigkeit einer *Zusammenarbeit* und *Kommunikation* mit anderen. Weiterhin gehören Kompetenzen wie der sinnvolle adäquate Einsatz digitaler Technologien oder die kritische Informationsbeschaffung und -bewertung, also *Informations-, Medien- und Techno-*

logiekompetenz dazu. Und sie betreffen Kompetenzen eines verantwortlichen Agierens im sozialen, politischen und beruflichen Umfeld, wie die *Entwicklung von Führungsqualitäten, Eigeninitiative und Produktivität*.

Mit Beginn des 21. Jahrhunderts hat sich auch die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung OECD verstärkt der Frage zugewandt, wie diese allgemeinen Kompetenzen in unserem Bildungssystem entwickelt werden können: „Was sollen Schülerinnen und Schüler sowie Studierende zukünftig wissen und können?“ und „Wie sind Lernumgebungen zu gestalten, um diese Kompetenzen zu erreichen?“ (OECD 2019). Als Antworten auf diese Fragen kann eine Reihe fachübergreifender Kompetenzen angegeben werden, unter denen die „vier K-Kompetenzen“ Kommunikation, Kollaboration, Kreativität und kritisches Denken, vor allem auch in Verbindung mit dem Einsatz digitaler Technologien, als besonders bedeutsam hervorgehoben werden (EU 2017). Für den Mathematikunterricht ist Kommunikation in den KMK-Standards als eine prozessbezogene Kompetenz fest verankert. Kreativität und kritisches Denken finden sich insbesondere beim Problemlösen wieder. Kollaboration bezieht sich zum einen auf die Zusammenarbeit von Lernenden bei allen Arten von Lernprozessen, zum anderen spricht sie aber auch die überfachliche Zusammenarbeit an.

Konzepte und Verfahren bleiben dabei im Verborgenen, die Notwendigkeit, Mathematik für reflektierte Entscheidungen heranzuziehen, wird oftmals nicht erkannt (s. Sträßer 2007). Vor dem Hintergrund dieses Befunds ist es nicht verwunderlich, wenn Mathematik gesellschaftlich oft als nicht so wichtig angesehen wird (Maaß/Engeln 2019). Dabei sollte es auch ein Ziel der MINT-Bildung sein, mathematische Fähigkeiten im interdisziplinären Kontext zu erweitern und einen – konstruktiven – Zugang zu außermathematischen Kontexten zu finden (vgl. zum Beispiel **Kasten 3**).

MINT – Der Mathematikunterricht und die anderen (INT-)Fächer

Kenntnisse und Fähigkeiten im Bereich Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technologie – also MINT – zu vermitteln, ist ein Ziel schulischer Bildung. Diese wird über alle Jahrgangsstufen hinweg in verschiedenen Schulfächern sowohl für eine umfassende Allgemeinbildung als auch im Hinblick auf Beruf und Studium entwickelt, um sie in kritischer und kreativer Weise anwenden und in realen Situationen adaptiv einsetzen zu können. Der Mathematikunterricht stellt dabei einerseits

grundlegende Kenntnisse für den Physik-, Biologie-, Chemie- und Informatikunterricht bereit, andererseits bieten diese Fächer aber auch Anwendungsmöglichkeiten mathematischer Konzepte und können so Kenntnisse und Vorstellungen über mathematische Begriffe und Verfahren erweitern. Einige Beispiele:

Physikunterricht

In der Optik lässt sich die Linsengleichung mit Hilfe der Strahlensätze herleiten (**Abb. 2a**). Mit der Gegenstandsweite g , der Bildweite b und der Brennweite f der Sammellinse erhält man die Linsengleichung

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$$

Der Strahlengang einer Sammellinse liefert aber auch ein anschauliches Beispiel für das Zusammenspiel von Definitions- und Wertebereich gebrochener rationaler Funktionen, so gilt z. B. für die Bildweite b :

$$b = \frac{f \cdot g}{g - f}$$

Auch die Lautstärke in Abstand von der Entfernung zur Schallquelle führt zu einer gebrochen rationalen Funktion, wie im Beitrag **Den Lärm auf Abstand halten** experimentell erkundet wird:

$$f(x) = \frac{k}{x^2}$$

Will man abgrenzend dazu lineare und exponentielle Funktionen einführen, so kann man die

Der Flut begegnen

MINT-Bildung in vietnamesischen Schulen – eine Inspiration



LERNGRUPPE: ab 8. Schuljahr

MINT-BEREICHE: Physik/Technik & Mathematik

IDEE: Ein schwimmendes Haus entwerfen, einen Prototypen bauen

ARBEITSBLATT: Einstiegsproblem

ZEITBEDARF: 2 bis 3 Doppelstunden

Ein recht gängiges Modell für die Struktur und Gestaltung von MINT-Unterricht in Vietnam unterteilt den Unterrichtsprozess in fünf Hauptaktivitäten (s. **Kasten 1**). Diese Schritte müssen nicht nacheinander ausgeführt werden, sondern können auch parallel oder in unterschiedlicher Reihenfolge strukturiert sein. Jede Aktivität ist durch ihren Zweck, den Inhalt, das erwartete (Lern-)Produkt und die Organisation der Aktivität gekennzeichnet.

1. Das Problem identifizieren

Zum Einstieg wird über die Hochwassergefahr (**Arbeitsblatt 1**) informiert. Als mögliche Anforderungen und damit Bauprinzipien für ein hochwassersicheres Haus sammeln die Lernenden folgende Aspekte: Wenn das Hochwasser steigt, wird das Haus zu einem Floß, das auf der Wasseroberfläche schwimmt. Außerdem kann es, wenn es einen Motor gibt, fortbewegt werden. Wird das Haus an einen anderen (sicheren) Ort gebracht, können dazu dessen Teile demontiert und transportiert werden. Es sollte eine Notausgangstür vorhanden sein, durch die man bei Bedarf Hilfe erhalten oder das Rettungsboot verlassen kann.

Die Voraussetzungen für den Bau des Modells sind:

- Das Modellhaus muss auf dem Wasser schwimmen. Wie viel weiteres Gewicht können die Modelle maximal tragen?

- Das Modell wird aus einfachen, kostengünstigen Materialien gebaut: Eisstiele aus Holz, farbiges Papier, Pappe, Plastikwasserflaschen, Getränkedosen, Styropor usw.

2. Recherchieren und Lösungen vorschlagen

Die physikalische Wissensbasis des Problems ist das *archimedische Gesetz des Auftriebs*.

Die Auftriebskraft F_A für einen Gegenstand, der in eine Flüssigkeit eingetaucht ist, ist gleich der Gewichtskraft der vom Gegenstand verdrängten Flüssigkeit. $F_A = \rho \cdot V \cdot g$, wobei ρ die Dichte der Flüssigkeit, g die Gravitationskonstante und V das Volumen der vom Objekt verdrängten Flüssigkeit ist.

1 | Wissenswert: Modell zur Gestaltung des MINT-Unterrichts

1. Das Problem identifizieren

Eine Problemsituation ist vorgegeben. Zu dieser entwickeln die Schülerinnen und Schüler Lösungsstrategien und formulieren Kriterien für die Qualität einer Lösung.

Was könnte das Problem lösen?

Welchen Anforderungen muss die Lösung genügen?

Dabei wird vorhandenes Wissen verwendet oder neues Wissen erarbeitet.

2: Hintergrundwissen recherchieren und Lösungen vorschlagen

Die Schülerinnen und Schüler sollen die Lernaktivitäten eigenständig entwickeln. Die Lehrkräfte ermutigen sie, selbst zu recherchieren und sich eigenständig das Wissen anzueignen, das sie bei der Problemlösung nutzen können.

3: Einen Lösungsweg wählen

Die Schülerinnen und Schüler präsentieren ihren Lösungsvorschlag und begründen dessen Eignung. Die Lehrkräfte unterstützen und bewerten die Vorschläge und Entwicklungen. Sie geben Hilfen bei der Fortführung des Projekts.

4: Prototypen herstellen, testen und bewerten

Das Herstellen von ersten Entwürfen oder Lösungsplänen geht mit Überlegungen und Tests einher. Die fortwährende Bewertung des Lösungsweges bzgl. der gestellten Problemsituation ist ein zentrales Element des Unterrichtsprozesses.

5: Teilen, diskutieren, anpassen

Sowohl Teil- als auch Endprodukte sind vorzustellen, zu diskutieren und zu bewerten. Das Optimieren des Endprodukts ist ein fortwährender Prozess.

Die mathematische Wissensbasis des Problems liegt im Umgang mit physikalischen Formeln und ggf. in der Kenntnis von Termumformungsregeln.

3. Eine Lösung entwickeln

Die Klasse wird in zwei Gruppen aufgeteilt. Diese gehen die Aufgabe schrittweise an:

- Ideen diskutieren,
- den Entwurf vervollständigen,
- Spezifikationen berechnen, damit das Modell den Anforderungen entspricht,
- Bauen und Testen des Modells,
- ggf. das Modell anpassen.

Im letzten Schritt geht es an die Umsetzung: Ein Rahmen, der das Haus stützt, wird angefertigt, ebenso ein schwimmender Boden und ein Dach.

Entwurf 1

Die Lernenden gestalten ein schwimmendes Haus mit Wänden und Dach

aus $1\text{ cm} \times 13,5\text{ cm}$ großen Eisstielen, die mit Kerzenleim befestigt werden, einem Boden aus Sperrholz und schwimmenden Getränkedosen. Das Haus hat die Maße: Höhe 14 cm, Länge 28,5 cm, Breite 20 cm. Das Dach hat die Form eines Prismas mit einer Höhe von 32,5 cm, die Grundfläche ist ein gleichschenkliges rechtwinkliges Dreieck mit der Schenkellänge von 14,5 cm. Es gibt ein quadratisches Fenster mit einer Seitenlänge von 5 cm und eine Tür, die 10,5 cm hoch und 6,5 cm breit ist. Der Boden besteht aus einer Sperrholzplatte, die mit Eisstielen belegt ist.

Der Schwimmkörper besteht aus sieben Getränkedosen (zwei Dosen mit einem Volumen von 330 ml, fünf Dosen mit einem Volumen von 320 ml). Die Gruppe will das Modell so konstruieren, dass der Schwimmkörper bei maximaler Belastung vollständig im Wasser liegt und der Boden gerade noch über dem Wasser ist. Berechnet werden die Fläche des Bodens, des

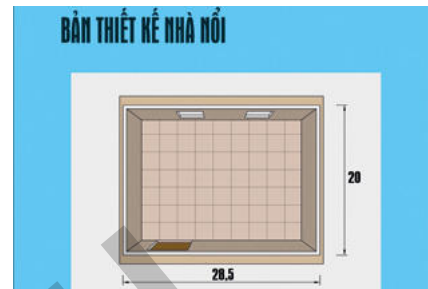
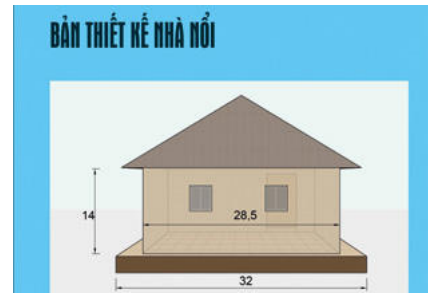


Abb. 1: Entwurf eines hochwassersicheren Hausmodells am Computer

Daches und der umgebenden Wand ($2777,25\text{ cm}^2$) sowie der Materialbedarf bei 206 Eisstielen mit der Größe $1 \times 13,5\text{ cm}$.



1

Name: _____

Datum: _____

EINSTIEGSIMPULS

Ein hochwassersicheres Haus

Jedes Jahr verursachen Stürme und Überschwemmungen in Zentralvietnam enorme Schäden. Im Jahr 2020 wird der Schaden auf 680 Millionen Euro geschätzt, Hunderte von Menschen wurden getötet oder sind vermisst, mehr als 200 000 Häuser sind beschädigt. Daher sind hochwassersichere Häuser sehr wichtig und tragen dazu bei, die Sorgen der Menschen vor Überschwemmungen und dem Meeresspiegelanstieg zu verringern. Entwerft ein hochwassersicheres Haus mit einer Fläche, die für vier Personen ausreicht, in dem Lebensmittelreserven und wichtige Gegenstände untergebracht werden können, um die Menschen vor Überschwemmungen zu schützen und ein weitgehend normales Leben zu führen.



Bild 1: Hochwassersicheres Haus in Vietnam und sein Modell

zur Vollversion