

## Ein dynamisches Konzept für mathematisch-naturwissenschaftliche Grundbildung

(Handreichung für die Praxis)

In einer Zeit rasch anwachsenden Wissens stellt sich die Frage nach einem Bildungskonzept, das den Anlagen und Bedürfnissen des Individuums und der Notwendigkeit seines flexiblen Umgangs mit wechselnden gesellschaftlichen Anforderungen gleichermaßen Rechnung trägt.

Das vorgelegte Konzept, das unter Berücksichtigung internationaler Ansätze (z. B. PISA) entstanden und im Dialog mit Lehrer/innen modifiziert worden ist, soll als ein dynamisches verstanden werden – dynamisch in dem Sinn, dass es sowohl die schulische Praxis verändern kann, als auch durch praktische Erfahrungen selbst veränderbar ist. Die folgenden inhaltlichen und methodischen Leitlinien sollen Lehrer/innen bei der Planung und Durchführung eines Unterrichts anregen und unterstützen, in dem der Erwerb einer mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundbildung ein zentrales Anliegen ist.

### Mathematisch-naturwissenschaftliche Grundbildung

Seit jeher haben sich Pädagogen Gedanken darüber gemacht, was Bildung ist<sup>1</sup>. Eine wichtige Frage ist dabei: Was an mathematisch-naturwissenschaftlicher Bildung wird als unverzichtbar angesehen? Dabei geht es nicht nur um Inhalte, sondern auch um Fähigkeiten und Fertigkeiten. Was zur Bildung gehört und was nicht, kann nicht ein für allemal festgelegt, sondern muss in einer ständigen und breiten Diskussion unter allen Beteiligten ausgehandelt werden.

Grundbildung beinhaltet die Bereitschaft und Fähigkeit zu lebensbegleitendem Lernen und die sachlich fundierte Übernahme von Verantwortung für sich und die Gesellschaft. Mathematisch-naturwissenschaftliche Grundbildung bedeutet, dass Menschen mit den grundlegenden Konzepten der Naturwissenschaften und der Mathematik vertraut sind. Sie ermöglicht die Kommunikation mit Expert/inn/en und die Bewertung und Berücksichtigung von deren Aussagen bei persönlichen und gesellschaftlichen Entscheidungen. Der Gebildete sieht den Wert mathematisch-naturwissenschaftlicher Grundbildung nicht nur in der Anwendbarkeit des damit erworbenen Wissens, sondern auch als inneren Wohlstand. Unterricht schafft Situationen, in denen Schüler/innen ihrem Entwicklungsstand gemäß lernen und sich bilden können. Mit zunehmendem Reifegrad der Lernenden löst deren Verantwortung für die eigene Bildung die Erziehungsverantwortung der Lehrpersonen immer mehr ab. Am Ende der Schulzeit wird von Maturant/inn/en - über die Lebensbewältigung hinaus - die eigenverantwortliche Problemerkennung und -bearbeitung sowie die Bewertung verschiedener Lösungsansätze erwartet. Sie müssen in der Lage sein, ihren weiteren Bildungsgang selbst in die Hand zu nehmen.

### Ein Weg zur Grundbildung

Ein Schritt in Richtung konkreter Unterrichtsgestaltung, die die Erreichung der oben genannten **Ziele** unterstützt, ist die Auseinandersetzung mit folgenden Fragen:

**WAS** sollen Schüler/innen können? Welches Wissen und welche Fähigkeiten sollen sie während ihrer Schullaufbahn erworben haben, und wie sollen sie damit umgehen können?

**WIE** sollen Schüler/innen lernen, damit ihnen über die Schulzeit hinaus solides mathematisches und naturwissenschaftliches Grundwissen verfügbar bleibt und sie

---

<sup>1</sup> Ein Überblick findet sich z. B. bei Heymann, H.W. (1996): Allgemeinbildung und Mathematik. Beltz, Weinheim.

Kompetenzen erwerben, sich eigenständig weiterzubilden? Wie kann Unterricht gestaltet werden, um Schüler/innen dabei optimal zu unterstützen?

**WARUM** werden *gerade diese Inhalte* und *Kompetenzen* als unverzichtbar für die Grundbildung angesehen?

**WARUM** verspricht man sich *gerade von diesen Methoden* den gewünschten Erfolg?

## Leitlinien für die Auswahl von Inhalten

Welche Inhalte sollen ausgewählt werden („WAS“)? Welche Aspekte sind unverzichtbar und bedeutsam für die Grundbildung? Was ermöglicht den Aufbau von Basiskonzepten und Grundvorstellungen? Was entspricht den fachlichen, persönlichen, gesellschaftlichen und schulischen Anforderungen und Rahmenbedingungen?

Für die Auswahl von Lehr- und Lerninhalten werden die folgenden Leitlinien angeboten:

### **Weltverständnis**

Die Auseinandersetzung mit Mathematik und Naturwissenschaften soll zur besseren Orientierung in unserer von Technik und Naturwissenschaft geprägten Welt beitragen – durch Bearbeitung relevanter Inhalte, Verständnis für Dimensionen und Größenverhältnisse, globale Zusammenhänge sowie durch die Darstellung ökologischer und wirtschaftlich-technischer Entwicklungen. Auch gilt es Antworten auf weltanschauliche Fragen zu finden, etwa nach der Stellung des Menschen als Teil und Gegenüber der Natur.

#### **Fragen:**

Inwiefern sind die jeweiligen Inhalte geeignet, fundamentale Ideen, Basiskonzepte und Grundvorstellungen der Naturwissenschaften und der Mathematik zu vermitteln, um ein solides Verständnis globaler Zusammenhänge und Abhängigkeiten (wirtschaftlich, technisch, ökologisch, gesellschaftlich, politisch) zu ermöglichen? Werden für die Schüler/innen Grundelemente naturwissenschaftlicher Weltbilder sichtbar?

Was heißt für Sie persönlich „Verstehen“ der Welt?

### **Kulturelles Erbe**

Es gilt Mathematik und Naturwissenschaften als wichtiges Bildungs- und Kulturerbe mit deren Auswirkungen in einem größeren geschichtlichen Zusammenhang zu sehen. So können fachliche Inhalte vor dem jeweiligen gesellschaftlichen und politischen Hintergrund eingeordnet und in ihren Auswirkungen auf kulturelle Entwicklungen verstanden werden. Forscherbiographien und die Geschichte der Naturwissenschaften und Mathematik tragen zum kritischen Verständnis der Bedeutung von Fachinhalten bei.

#### **Fragen:**

Wodurch werden den Schüler/innen/zivilisatorische und kulturelle Errungenschaften in ihrer Bedeutsamkeit vermittelt?

Werden Schüler/innen angeregt, Denkmodelle und wissenschaftlich-kulturelle Entwicklungen und Ereignisse historisch einzuordnen und nachzuvollziehen?

Welche Möglichkeiten und Grenzen mathematisch-naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozesse werden verdeutlicht?

### **Alltagsbewältigung**

Schüler/innen sollen befähigt werden, mathematisch-naturwissenschaftliche Inhalte in ihrem gegenwärtigen und zukünftigen Alltag anzuwenden. Es geht um die Vermittlung und Bearbeitung von Inhalten, die geeignet sind, Entscheidungen hinsichtlich des persönlichen Lebensstils und des konstruktiven Umgangs mit Natur und Technik zu unterstützen. Das erworbene Wissen soll als gewinnbringend für die Bewältigung alltäglicher Probleme erlebt werden.

**Fragen:**

Inwiefern geht es beim jeweiligen Thema um Wissen, das in Alltagssituationen relevant ist und verfügbar sein soll?

Welche konkreten Anwendungen im Alltag ergeben sich?

Welche Bedeutung hat der ausgewählte Inhalt für den Umgang mit dem eigenen Körper?

Worin zeigt sich, dass Ihr Unterricht Grundlagen für verantwortungsvolle Entscheidungen im Alltag liefert?

**Gesellschaftsrelevanz**

Die Schüler/innen sollen motiviert und befähigt werden, sich an Entscheidungen in der Gesellschaft zu beteiligen. Einsicht in und Verständnis für die gesellschaftliche Relevanz der Mathematik und der Naturwissenschaften müssen ein wesentliches Ziel des Unterrichts sein. Zentrale Kompetenzen für die Mitgestaltung einer modernen Gesellschaft – wie die kritische Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Positionen und Expertenmeinungen – müssen erlernt werden. Sie befähigen zu rational begründeten Entscheidungen und Handlungen.

**Fragen:**

Für welche öffentlichen Diskussionen werden die Jugendlichen bei der Auseinandersetzung mit dem jeweiligen Thema sensibilisiert und vorbereitet? Warum ist es wichtig, gerade bei dieser gesellschaftlichen Frage und Problemstellung ihre Meinungsbildung und Entscheidungsfähigkeit zu schulen?

Inwiefern lernen die Schüler/innen bei der Bearbeitung des Themas kontroversielle Meinungen und Standpunkte kennen und gegen einander abzuwägen? Inwiefern werden sie dazu angeleitet, ihre Vorstellungen gleichermaßen selbstkritisch wie überzeugend zu verteidigen?

Welche handlungsrelevanten Lösungsmöglichkeiten werden diskutiert und erprobt?

**Wissenschaftsverständnis**

Forschung und Wissenschaft sind als dynamische Prozesse zu verstehen. Verständnis für die Abhängigkeit der (Natur-)Wissenschaften von gesellschaftlichen Bedingungen sowie das Wissen um die Chancen und Risiken bei der Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse sollen gewonnen werden. Einsicht in mathematisches und naturwissenschaftliches Denken und Arbeiten ist zu vermitteln. Weiters können die Fähigkeiten zur Abstraktion und Modellbildung geschult, fachsprachliche Kompetenzen erworben sowie fachspezifische Strukturen und Ordnungsprinzipien erkannt werden.

**Fragen:**

Inwieweit bietet das Thema Möglichkeiten zum Beobachten und Experimentieren, zu produktiver geistiger Arbeit – zum Stellen von Fragen, zum Entwickeln von Hypothesen, zu kritischem Denken, zum Argumentieren, zum Darstellen und Interpretieren von Ergebnissen?

Werden Möglichkeiten, Grenzen und auch Gefahren des wissenschaftlich-fachlichen Erkenntnisgewinns an konkreten Beispielen bewusst gemacht?

Welche Aufgabenstellungen können das Interesse und die Neugierde der Schüler/innen für Forschung und Wissenschaft wecken und fördern?

**Berufliche Orientierung und Studierfähigkeit**

Unterricht soll auch zur Orientierung in der Berufswelt dienen. Die Entwicklung persönlicher Perspektiven und Zukunftsvisionen soll unterstützt werden. Fachspezifische Inhalte, die an gut ausgewählten Beispielen in die „Tiefe“ gehen und damit aktuelle Forschungsfelder skizzieren, können Einblicke in die Anforderungen und Erwartungen an Studienanfänger vermitteln.

**Fragen:**

Welche Einblicke in die berufliche Landschaft der Naturwissenschaften und der Mathematik gewährt das Thema?

Welche Impulse für persönliche Entfaltung und welche Perspektiven für berufliche Orientierung bieten Sie an, um potentiellen wissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern?

## Leitlinien für die Auswahl von Methoden

Neben der Auswahl der Inhalte stellt sich nun als weitere zentrale Frage das „WIE?“ Wie werden Schüler/innen neugierig auf ein mathematisches bzw. naturwissenschaftliches Thema? Welche Methoden fördern eine intensive Bearbeitung durch die Schüler/innen? Welche didaktischen Designs unterstützen den Erwerb zentraler Kenntnisse und Kompetenzen?

Ausgehend vom sogenannten „gemäßigt“ konstruktivistischen Ansatz für Lehren und Lernen<sup>2</sup> lässt sich für die Gestaltung von Lernumgebungen (=Unterricht) das Motto **„Wissenskonstruktion statt Wissen als Ware“** prägen. Wissen kann nicht einfach verabreicht werden („Nürnberger Trichter“). Ohne aktive Beteiligung jedes/r einzelnen Lernenden, ohne die individuell zu leistende Informationsaufnahme und –verarbeitung (= Wissenskonstruktion) ist kein Lernen möglich. Dies ist im Sinne des gemäßigt konstruktivistischen Ansatzes der zentrale Gedanke, der Lehrer/innen bei der Planung und Durchführung von Unterricht leiten soll. Lernen soll demnach aktiv, problemorientiert und selbstgesteuert erfolgen und an geeigneten Stellen durch Inputs, eine Vielfalt von Methoden und Hilfestellung der Lehrer/innen unterstützt werden. Konkret bedeutet das:

### **An Voraussetzungen der Schüler/innen anknüpfen**

Vorwissen, Erfahrungen, Alltagsvorstellungen, Interessen und Gefühle entscheiden maßgeblich über den Lernprozess. Sie sind die Grundlage, auf der jede/r Lernende sein/ihr Wissen höchst individuell aufbaut (= konstruiert). Neue Informationen bzw. Begriffe müssen mit dem Vorwissen verknüpft werden, wenn sie nicht wirkungslos bleiben sollen. Alltagsvorstellungen können völlig widersprüchlich zu naturwissenschaftlichen Vorstellungen sein und sich damit als lernhemmend herausstellen. Interessen und Gefühle entscheiden häufig, ob sich Schüler/innen überhaupt auf eine Thematik einlassen. Aus diesen Gründen kann ein und dieselbe Information bei verschiedenen Menschen höchst unterschiedliche Lernprozesse in Gang setzen (oder auch nicht).

#### **Fragen:**

Welches Vorwissen und welche Vorstellungen können Schüler/innen in die Themenbearbeitung einbringen? Wie wird – über Gespräche, Brainstorming, concept mapping o.a. – der aktuelle Stand des Vorwissens und der Vorerfahrungen der Schüler/innen zu einem bestimmten Thema festgestellt?

An welche außerschulischen Erfahrungen die Mädchen und Burschen in gleicher Weise zugänglich sind, wird angeknüpft?

Gibt es unter den Schüler/inne/n bereits „Expert/inn/en“ zum jeweiligen Thema, die als solche auch eine besondere Funktion im Unterricht erhalten könnten?

### **An authentischen Problemen und anwendungsbezogen lernen**

Ausgangspunkt für Lernen sollen realistische und relevante Probleme sein, die dazu motivieren, neues Wissen und neue Fähigkeiten zu erwerben. Durch diesen Anwendungsbezug erhalten die Schüler/innen vermehrt die Möglichkeit vielfältige und realitätsnahe Lernerfahrungen zu machen. Der Komplexitätsgrad der Aufgabenstellung muss auf den Wissens- und Erfahrungsstand der Schüler/innen abgestimmt sein, um Überforderung zu vermeiden. Maximal realisiert wird solch ein Anspruch, wenn Lernende in eine authentische Situation versetzt werden, die reales Handeln erfordert. Eine minimale Realisierung kann durch eine Anknüpfung an aktuelle Probleme, authentische Fälle oder persönliche Erfahrungen gewährleistet werden, wenn neue Inhalte dargeboten werden.

---

<sup>2</sup> Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (2001): Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In: Krapp, A. und Weidenmann, B. (Hrsg.): Pädagogische Psychologie. Beltz, München und Weinheim, S. 601-646.

**Fragen:**

Suchen Sie bei der Unterrichtsplanung nach Themen bzw. Problemstellungen, von denen Sie erwarten, dass sie für Ihre Klasse relevant, altersadäquat und „aus ihrem Leben gegriffen“ sind?

Können die Schüler/innen aktuelle Fragestellungen aus ihrer Lebenswelt artikulieren und im Unterricht thematisieren?

Werden Problemstellungen aus dem Schulalltag, der Gemeinde, dem Stadtteil aufgegriffen und Ergebnisse, die die Schüler/innen dazu (z.B. in Projekten) erarbeitet haben, auch bekannt gemacht und umgesetzt?

***Erfahrungsgeleitet lernen***

Den Schüler/inne/n soll verstärkt die Möglichkeit geboten werden eigene Erfahrungen zu machen – selbst zu erkunden, selbst Hand anzulegen, zu be-greifen, zu er-leben. Gerade auch in den Naturwissenschaften haben Primärerfahrungen einen wichtigen Stellenwert. Das konkrete Planen, Durchführen, Dokumentieren und Deuten von Experimenten und Untersuchungen kann den Schüler/inne/n sowohl vertiefte Einsicht in mathematische und naturwissenschaftliche Zusammenhänge bringen, als auch Neugierde, Kreativität und Spaß - vielleicht auch Begeisterung - wecken und fördern.

**Fragen:**

Wodurch geben Sie den Schüler/inne/n Gelegenheit zur eigenständigen Erkundung von relevanten Phänomenen?

Wie werden auch handwerkliche Fähigkeiten und Fertigkeiten der Schüler/innen im Unterricht aktiviert und positiv bewertet? Auf welche Weise finden ästhetische Aspekte im Rahmen ganzheitlicher Betrachtungsweisen eine geeignete Hervorhebung?

Denken Sie bei der Unterrichtsplanung auch darüber nach, inwiefern das Thema geeignet ist, die Neugier der Schüler/innen zu wecken, ob es „Lustgewinn“ durch intensive Auseinandersetzung erwarten lässt und zu kreativem Handeln herausfordert?

***Wissen in verschiedenen Kontexten anwenden lernen***

Um zu verhindern, dass neu erworbene Kenntnisse auf eine bestimmte Situation fixiert bleiben, sollen dieselben Inhalte in mehreren verschiedenen Kontexten gelernt werden. Dies fördert und sichert eine gute Nutzung des Gelernten. Die Realisierung kann von Verweisen auf unterschiedliche Anwendungs-Situationen bis hin zur tatsächlichen Anwendung des Gelernten in unterschiedlichen konkreten Situationen reichen.

Gelerntes soll auch aus verschiedenen Blickwinkeln gesehen und unter verschiedenen Aspekten beleuchtet werden. Damit trainieren die Schüler/innen die Anwendung des Gelernten auch in unterschiedlichen, teils widersprüchlichen Zusammenhängen (z.B. in Rollenspielen).

**Fragen:**

Wird der Anwendung des erworbenen Wissens genug Aufmerksamkeit und Zeit eingeräumt?

Wodurch werden Schüler/innen angehalten, nach analogen Problemsituationen zu forschen und ihr Know-how vielfältig einzusetzen?

Wie gelingt die Nutzung fachübergreifender Kooperationen, um Inhalte gezielt unter verschiedenen Perspektiven zu bearbeiten und in ihrer möglichen Vielfalt zu akzeptieren?

***In sozialem Umfeld lernen***

Gemeinsames Lernen und Arbeiten ist effektiv und sollte Bestandteil möglichst vieler Lernphasen sein. Gruppenaktivitäten bei der Erarbeitung neuer Inhalte zählen dazu ebenso wie das gemeinsame Lernen von Schüler/inne/n und Lehrer/inne/n in Unterrichtsvorhaben mit herausfordernden, realistischen Problemstellungen.

**Fragen:**

Planen Sie die kommunikative Ebene des Unterrichts ebenso sorgfältig wie die inhaltliche?

Welche Maßnahmen dienen einer förderlichen Kommunikation und Kooperation zwischen Schüler/inne/n und Lehrer/inne/n sowie mit Personen außerhalb der Schule?

Für welche Lernsituationen sind Gruppeneinteilungen nach unterschiedlichen Gesichtspunkten (leistungshomogen/-inhomogen, geschlechtshomogen/-inhomogen, ...) sinnvoll?

Wieviel Raum wird der Reflexion über Inhalte und Lernerfahrungen eingeräumt?  
Was wollen Sie selber als Lehrer/in von ihren Schüler/inne/n lernen?

### ***Mit instruktionaler Unterstützung lernen***

Der Unterricht ist so zu gestalten, dass neben vielfältigen Möglichkeiten eines Lernens in komplexen Situationen auch das zur Bearbeitung von Problemen (Aufgaben, Projekten etc.) erforderliche Wissen bereitgestellt und erworben wird. Instruktion bedeutet sowohl direkte Inhaltsvermittlung (z. B. Lehrervortrag) als auch die Schüler/innen bei ihren Lernprozessen zu unterstützen (z. B. durch Vermittlung von Arbeitstechniken), ihnen „Hilfe zur Selbsthilfe“ anzubieten. Entscheidend ist, instruktionale Unterstützung dort einzusetzen, wo sie tatsächlich nötig und förderlich ist.

Instruktion kann natürlich auch über Medien erfolgen. Der Einsatz neuer Medien kann durch stärkere Individualisierung Lernprozesse unterstützen. Beschaffung, Bewertung und Bearbeitung von Informationen wie auch deren Weitergabe, also die Instruktion der Mitschüler/innen, kann und soll auch von den Schüler/inne/n übernommen werden.

#### **Fragen:**

Sind die Ziele der Instruktion geklärt: Welche Basisinformationen sollen von allen Schüler/inne/n zur jeweiligen Thematik erworben werden? Was sind Zusatzinformationen (im Sinne einer inneren Differenzierung)? Was wird geprüft?

Welche Informationen muss die Lehrperson geben, welche können sich die Schüler/innen selbst erarbeiten?

Welche Medien können die Bearbeitung von Aufgabenstellungen unterstützen?

Werden die Schüler/innen auch hinsichtlich Medienkritik und (eigenem) Medieneinsatz geschult?

Diese inhaltlichen und methodischen Leitlinien sollen die Auswahl von Inhalten, Methoden und deren Begründung unterstützen. So steuern sie den Aushandlungsprozess, schreiben jedoch die konkreten Inhalte nicht fest. Mindestens ebenso wichtig wie die sorgfältige Auswahl von Inhalten und Methoden ist – im Hinblick auf das angestrebte Ziel – die Bedachtnahme auf die Persönlichkeitsentwicklung der Lernenden:

### **Der Schüler und die Schülerin als Bezugspunkt**

Das Wissen über die Bedingungen des Lernens ermöglicht die optimale Förderung des Bildungsprozesses - sowohl seitens der Lehrpersonen als auch der Schüler/innen selbst. Dabei sind sowohl die kognitiven Voraussetzungen, die Interessen und Fähigkeiten der Schüler/innen zu berücksichtigen als auch affektive Komponenten, etwa ihr Bedürfnis nach Sicherheit und Stabilität. Es ist daher darauf zu achten, dass die Schüler/innen

- Zuversicht entwickeln, dass sie die Problem- und Aufgabenstellungen erfassen und die Anforderungen bewältigen können,
- ihr Gefühl stärken, dass das neu zu Lernende von Bedeutung ist, es also Sinn hat, sich damit auseinander zu setzen und
- dass die Anstrengung sich lohnt.

Die Lernsituation muss für die Lernenden stimmig sein, andernfalls kann jedes Lernangebot subjektiv als Bedrohung empfunden werden und Lernwiderstände hervorrufen. In einer zeitgemäßen Sicht sind Lernende und Lehrende Partner im Lehr-Lernprozess. In fortschreitendem Ausmaß können die Schüler/innen über förderliche und hinderliche Bedingungen ihres Lernens Auskunft geben und auf diese Weise zur Verbesserung ihres Unterrichts beitragen. Dadurch lernen auch die Lehrpersonen von ihren Schüler/inne/n und ziehen Gewinn für ihre weitere Arbeit.