
Kerncurriculum „Mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung“ *

Zur praktischen und bildungstheoretischen Begründung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts

Die Bedeutung der Mathematik und der Naturwissenschaften für die Wirtschaft und für die materiellen Grundlagen alltäglichen Zusammenlebens ist evident. Dies gilt im Besonderen für deren Leistungen in der Grundlagen- und in der angewandten Forschung sowie für die Standards, die damit im internationalen Wettbewerb erreicht werden. Von daher wird zu Recht ein Zusammenhang hergestellt zwischen Zustand und Leistungen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Bildung an den Schulen und der Zukunftsfähigkeit unseres Landes.

Bereits mittelfristig ist es deshalb besorgniserregend, wenn sich

- zu wenige junge Menschen für das Studium dieser Fächer entscheiden;
- die hohen Abbrecherquoten in den mathematischen, naturwissenschaftlichen und technischen Ausbildungs- und Studiengängen auf deutliche Mängel in der fachlichen Vorbildung verweisen;
- das Fehlen adäquater Kenntnisse und Fertigkeiten unserer Schulabsolventen schon bei der beruflichen Erstausbildung zu auffälligen Problemen führt.

* Federführung: Bernd-Uwe Althaus (letzte Fassung November 2004)

Die früher häufig unterstellte „Technikfeindlichkeit“ der Jugend dürfte heute keine Rolle mehr spielen (vgl. 14. Shell-Studie von 2002). Gleichwohl lassen sich für die skizzierte Entwicklung verschiedene Gründe identifizieren:

- die Neigung, ein Studium als Form einer „Selbstverwirklichung“ zu verstehen, die sich „Bildungserlebnisse“ eher von den Geistes- und Kulturwissenschaften erwartet; darin spiegelt sich ein offenbar noch verankertes traditionelles Bildungsverständnis;
- eine weitverbreitete, Schwierigkeiten und Anstrengungen möglichst vermeidende „Arbeitshaltung“ von Schülern und das sicher auch damit zusammenhängende nachlassende Interesse, sich auf die entsprechenden „harten“ Fächer bei der Wahl der Leistungskurse, der Ausbildungsgänge und der Studienfächer einzulassen;
- die Abhängigkeit der mit diesen Fächern anzustrebenden Berufspraxis und späterer Beschäftigungsmöglichkeiten von nicht vorhersehbaren konjunkturellen Entwicklungen;
- der mit diesen Disziplinen immer noch stark verbundene Ruf, eher „männlich“ zu sein.

Für diese Gründe kann die Schule nur in Grenzen verantwortlich sein, sie hängen deutlich mit dem Bildungsklima unserer Gesellschaft insgesamt zusammen. Daher würde es die Schule überfordern, wollte man von ihr erwarten, den Lebensweg junger Menschen im Sinne des skizzierten ökonomischen Ertrags bestimmen zu können.

Die Schule kann jedoch versuchen, einen Unterricht in Mathematik und naturwissenschaftlichen Fächern anzubieten,

- der Interesse, ja Begeisterung wecken kann und an die natürliche Neugier der Kinder auf Zahlen und Naturphänomene anknüpft,
- der „weibliche“ Zurückhaltung abbauen hilft,

- der die Anforderungen an die notwendige Fachlichkeit so definiert, dass klar wird, was ein solcher Unterricht in jedem Falle wieder zu leisten hat. Denn es ist ja nicht damit getan, „mehr Unterricht“ oder „lebensnähere Methodik“ zu fordern; man muss sich auch wieder über grundbildende Inhalte verständigen, nicht nur die Frage nach dem „wie“ stellen, sondern die nach dem „was“ beantworten und dabei deutlich machen, dass Lernen Anstrengung verlangt.

Freilich greift die übliche Argumentation zugunsten dieser Fächer allein mit ihrer Berufung auf wirtschaftliche Notwendigkeiten zu kurz. Denn die Fächerkultur unserer Schulen darf gerade nicht am vermeintlichen „ökonomischen Nutzwert“ ausgerichtet werden, zumal die von gerade diesen Defiziten geprägte Realität lehrt, dass jenseits einer entsprechenden beruflichen Tätigkeit die Relevanz mathematisch-naturwissenschaftlicher Qualifikationen bei der alltäglichen Lebensbewältigung vergleichsweise gering ist: Es bedarf nur in sehr wenigen Fällen des Verstehens, es reicht das Bedienenkönnen aus.

Ein Verständnis von Bildung als nur ökonomischer Resource hätte nicht nur zur Konsequenz, dass die geisteswissenschaftlich oder ästhetisch orientierten Fächer unserer Schulen weiter reduziert würden. Diesem Verständnis liegt vielmehr ein grundsätzliches Missverständnis von Bildung, insbesondere von Schulbildung zugrunde.

Auch die Mathematik und die Naturwissenschaften als unverzichtbare Elemente allgemeiner Bildung müssen sich *primär bildungstheoretisch* begründen; erforderlich ist ein bildungstheoretischer Ansatz, der die Notwendigkeit mathematischer und naturwissenschaftlicher Grundbildung an den Schulen jenseits ökonomischer Überlegungen als unverzichtbar erscheinen lässt und der zugleich eine sinnvolle Begründung über persönlichkeitsbildende Ziele mathemati-

scher und naturwissenschaftlicher Grundbildung leistet. Im Zuge eines raschen Wandels vieler Lebensbereiche, schwindender Sicherheiten, abnehmender gesellschaftlicher Orientierungspotentiale und ethischer Ressourcen muss Bildung als Selbst- und Ausprägung der „wetterfesten“ Persönlichkeit verstanden werden, die aushalten, mitgestalten, moralisch urteilen soll, zur Distanz fähig ist und sich selbst auf Lebenssinn hin entwirft. Sinn von Bildung ist, die Welt und sich selbst in der Welt verstehen zu können. Dafür muss der Heranwachsende mit Stoffen in Kontakt kommen und vertraut werden, die ihm helfen, die Welt und sich selbst zu verstehen – sein eigenes Dasein in der natürlichen, sozialen, historischen und symbolischen Welt. Dieses Selbstverstehen schließt die Einführung in mathematische Denkformen und grundlegende naturwissenschaftliche Zusammenhänge als kulturell und allgemeinbildend unmittelbar ein. Sie bezogen auf die Schule als die „andere Bildung“ zu bezeichnen, hieße eine bildungshistorisch wie -theoretisch längst überwundene Trennung erneut zu bekräftigen. Denn Schule und „Schulbildung“ haben im Kontext der diversen Lern- und damit Bildungsorte eine Sonderstellung, sie ist die einzige Institution, in der sich das an Inhalten präsentieren kann und darf, was auch im Kontext einer sich immer mehr individualisierenden Gesellschaft als allgemein und exemplarisch gelten darf. Daher bedarf sie als allgemeine Institution nicht nur der Reflexion auf die gesellschaftliche Bedeutung, vielmehr verbindet sich in ihr der individuelle und der gesellschaftliche Doppelaspekt von Bildung. Und nur daraus lässt sich eine Kanon-Diskussion für Schule und Schulbildung begründen; das gilt auch für die mathematisch-naturwissenschaftliche Grundbildung. Das Argument von der sinkenden Halbwertszeit des Wissens mag für die aktuelle Wissenschaft und Forschung und technische Entwicklung gelten. Der Grundbestand des Wissens, das die mathematischen und naturwissenschaftlichen Grund-

gesetzmäßigkeiten vermittelt, ist dagegen „langlebig“ und bleibt innerhalb der Lebensspanne eines Menschen praktisch unverändert.

Die notwendigen Leistungen mathematischer und naturwissenschaftlicher Grundbildung

Die vier Wissensformen „Leistungswissen, Methodenwissen, Bildungswissen, Wertwissen“ müssen in der Schule angemessen berücksichtigt werden und zusammenwirken. Dazu hat auch die mathematisch-naturwissenschaftliche Grundbildung als Prozess und im Ergebnis ihren Beitrag zu leisten:

- sie fördert entsprechende Begabungen und Neigungen;
- sie schult das logische und kombinatorische Denken und das Umgehen mit symbolischen und abstrakten Darstellungsformen;
- sie trägt zur Wahrnehmung der Welt in einer spezifischen Form des Angangs bei (Muster, Gesetze);
- sie lehrt das Umgehen mit den „Sachen selbst“, erfordert daher „Sachlichkeit“;
- sie verweist auf die Verwandtschaft zu anderen symbolischen Ausdrucksformen (Malerei, Musik);
- sie macht die zentrale Bedeutung dieser Wissenschaften für alle Lebenskontexte deutlich, für den Alltag sowohl wie für die wirtschaftlichen Standards, vermittelt die Erfahrung, dass unser Leben ohne die Leistungen dieser Wissenschaften nicht führbar wäre;
- sie verweist auf die Grenzen wissenschaftlicher Erkenntnismöglichkeiten für die Deutung von „Welt“; sie macht zugleich darauf aufmerksam, dass nicht oder alle Lebensfragen wissenschaftlich gelöst werden können, sondern unterschiedliche Wissensformen zusammenwirken müssen;

- sie versucht, Wissenschaft anschaulich zu machen; daher ist ihre Vermittlung in besonderer Weise auf die Verbindung von anschaulich und abstrakt angewiesen;
- sie verdeutlicht, dass zu den Knotenpunkten der Kultur und Kulturgeschichte auch die Entwicklung dieser Disziplinen gehört; daher empfiehlt sich für die anschauliche Vermittlung auch das Einbeziehen biographischer Erzählung (Verbindung zur Geschichte; s. unser Curriculum zum Geschichtsunterricht, S. 334ff.);
- sie bereitet darauf vor, sachgerecht und aufgeklärt an gesellschaftlichen Diskursen teilnehmen zu können, und leistet damit einen entscheidenden Beitrag zu staatsbürgerlicher Bildung;
- sie vermittelt den Unterschied zwischen Erkennen und Anwenden, zwischen Wissenschaft und Technik;
- sie versetzt in die Lage, Diskussionen über Anwendungen, Folgen etc. gelassener und ohne die (in Deutschland nicht unüblichen) Überreaktionen zu führen;
- sie vermittelt das Bewusstsein von den gesellschaftlichen und ethischen Implikationen moderner Naturwissenschaft;
- sie macht auf den Unterschied zwischen wissenschaftlichen und vorwissenschaftlichen Weltbildern aufmerksam;
- sie schärft das Bewusstsein für angemessene Begrifflichkeiten und ihre Reichweite (Definition, Theorie, Hypothese, Experiment) und damit für Wissenschaftlichkeit;
- sie problematisiert alltägliche Raum- und Zeiterfahrung;
- sie macht deutlich, dass Erkenntnisfortschritt nicht gleichzusetzen ist mit „humanem“ Fortschritt;
- sie reflektiert die Grenzen mathematisch-naturwissenschaftlicher Modelle und das Verwiesensein des Menschen auf ein kulturell gewachsenes Welt- und Menschenbild.

Die Rolle mathematisch-naturwissenschaftlicher Bildung in unserer Gesellschaft

Unsere moderne Gesellschaft ist untrennbar mit mathematisch-naturwissenschaftlichen Erkenntnissen verbunden. Neben deren direkter Umsetzung in den Ingenieurwissenschaften, für die Gestaltung zahlreicher Geräte und technologischer Abläufe und für die Entwicklung zukünftiger Medien- und Kommunikationskonzepte stehen auch gerade in aktuellen Debatten die ethischen Fragen nach der Umsetzung des technisch Realisierbaren und dessen Konsequenzen für die Menschen im Mittelpunkt der Betrachtungen. Insofern existieren zwei Aufgaben mathematisch-naturwissenschaftlicher Bildung. Die *erste* Aufgabe ist es, den Menschen die Erkenntnisse der Wissenschaft zu vermitteln, ihnen auch die Faszination der Naturwissenschaft näher zu bringen und auf diesem Ausgangsniveau das Wissen und die Kenntnisse über naturwissenschaftliche Arbeitsmethoden zu vermitteln, die als grundlegend einzuschätzen sind. Hierzu gehört es auch, das Bewusstsein für die Erkenntnis zu schärfen, in welchem hohem Maß unsere Gesellschaft in ihrer Entwicklung auf die mathematisch-naturwissenschaftlichen Erkenntnisse angewiesen ist, auf die alle anderen kulturellen Bereiche angewiesen sind.

Die *zweite* Aufgabe mathematisch-naturwissenschaftlicher Bildung bezieht sich darauf, das Nachdenken über die Konsequenzen zu fördern, die mit der Umsetzung von Forschungsergebnissen verbunden sein können. Hierzu sind Einzelergebnisse aus Forschungsbereichen allerdings ebenso wichtig wie interdisziplinäre Verbindungen – sowohl naturwissenschaftlich also auch gesellschafts- und sozialwissenschaftlich.

Für die Mathematik und die Naturwissenschaften sind Grundlagenforschung und Anwendungen aufeinander angewiesen. Wird der Bereich der Grundlagenforschung ver-

nachlässigt, entsteht kein neues Wissen als Ausgangspunkt für anwendungsorientierte Forschung oder Umsetzung in den Technikwissenschaften und werden auch neue Zugänge zu naturwissenschaftlichen Erkenntnissen nicht eröffnet. Konsequenzen sind Stagnation in der Entwicklung der Gesellschaft, sind negative Auswirkungen auf Kultur und Zivilisation. Dies korrekt abschätzen zu können, setzt mathematisch-naturwissenschaftlich gebildete Menschen voraus, in der Zukunft in sicher verstärktem Maße.

Eine wesentliche Voraussetzung für Wirtschaftswachstum und gesellschaftliche Weiterentwicklung eines Staates sind Bildung und Forschung. Die rasante Entwicklung von Wissenschaft und Technik, neue Kommunikationstechniken und die Weiterentwicklung von Bio- und Gentechnologie fordern von der Gesellschaft einen Menschen, der fähig und in der Lage ist, sich in die an ihn gestellten Aufgaben schnell und zielbewusst einzuarbeiten und sie zu lösen. Das geht aber nur, wenn er durch Schule, Lehre oder Studium dazu befähigt wird, sich auf der Basis eines breiten Allgemeinwissens Spezialkenntnisse anzueignen und sie effektiv umzusetzen.

Die Leistung mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts

Aus der Rolle mathematisch-naturwissenschaftlicher Bildung für unsere Gesellschaft ergibt sich zwingend, dass die Leistungen der einzelnen Unterrichtsfächer in diesem Zusammenhang deutlich herauszuarbeiten sind. Dabei steht die Herausforderung, auf die „Wissensexplosion“ in angemessener Art und Weise zu reagieren. Eine Überfrachtung von Lehrplänen ist nicht die richtige Antwort auf diese Problemstellung. Ebenso muss das richtige Maß von fächergebundenen und fächerübergreifenden Inhalten ge-

funden werden. Das fächerübergreifende Lernen bildet im Besonderen die Basis für das lebenslange Lernen, da es von den ganz praktischen Phänomenen und Problemstellungen ausgeht und diese dann analysiert und bearbeitet. Die fächerübergreifende Herangehensweise kann aber nur dann erfolgreich sein, wenn die grundlegenden Erkenntnisse, naturwissenschaftliche Arbeitstechniken fachspezifisch erarbeitet wurden und gefestigt sind. Dabei müssen Didaktik und Methodik berücksichtigen, welche Ausgangssituation in der jeweiligen Schulart vorhanden ist, welche Zielstellungen dort gesetzt und welche Erwartungen an die Absolventen mit dem jeweiligen Schulabschluss gestellt werden.

Industrie und Wirtschaft beklagen seit einigen Jahren das sinkende Niveau des vorhandenen Allgemeinwissens bei einer großen Zahl von Schulabgängern in Deutschland u. a. in Mathematik und den naturwissenschaftlichen Fächern. Sie sind häufig nicht in der Lage, einfache Problemstellungen auf der Grundlage ihres Schulwissens zu lösen. Auch wenn PISA 2003 leichte Verbesserungen erkennen lässt, gibt es doch eine zu große Zahl von Schülern, die nicht einmal elementare Anforderungen bewältigen können.

Es ist daher erforderlich, der mathematisch-naturwissenschaftlichen Bildung an unseren Schulen aller Strukturen wieder mehr Aufmerksamkeit zu widmen. So muss das Fach Physik als fester Bestandteil der schulischen Ausbildung in die Lehrpläne aller Schulformen integriert werden, um den Schüler durch ein breites sachkundiges mathematisch-naturwissenschaftliches Allgemeinwissen zu befähigen, sich später notwendige Spezialkenntnisse aneignen zu können. Nur Leistungskurse in Physik in den oberen Klassen anzubieten, reicht erstens nicht dazu aus und erreicht zweitens nur eine sehr kleine Gruppe interessierter Schüler.

Um die schulischen Leistungen der Schüler in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern zu verbes-

sern, muss dem Leistungsprinzip mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden. Regelmäßige Leistungsüberprüfungen und landes- bzw. bundesweite Leistungsvergleiche in den einzelnen Klassenstufen können dabei helfen, die Lernbereitschaft der Schüler zu verbessern und ihre Fähigkeit zur Umsetzung ihres Allgemeinwissens in das Lösen von Problemstellungen zu fördern. Es ist daher zentral, den Unterricht in den Mittelpunkt zu stellen, Konzepte und Methoden zu evaluieren und dadurch auch didaktische Entwicklungsprozesse zu initiieren.

Mathematik

Gegenstände und Ziele des Mathematikunterrichts

Die mathematische Ausbildung verfolgt grundlegende Zielstellungen. Sie vermittelt mathematisches Wissen, entwickelt Fähigkeiten und Routine in der Lösung von interdisziplinären und sachbezogenen Aufgabenstellungen. Als Wissenschaft, deren Inhalte und Methoden in vielen Bereichen Anwendung finden, ist die Beschäftigung mit der Mathematik grundlegend, zumal sie das Verständnis dafür schafft, dass es objektiv gültige Zusammenhänge gibt.

Unabhängig von dieser grundlegenden Aufgabenbeschreibung mathematischen Unterrichts leistet die Mathematik zur Ausprägung von Basisqualifikationen junger Menschen entscheidende Beiträge. Sie trägt dazu bei, Symbole und Modelle korrekt zu verwenden und sachlich korrekt zuzuordnen. Weiterhin fördert die Mathematik die exakte Ausdrucksweise und das abstrakte Denkvermögen. Im Rahmen der Lebensvorbereitung leistet die Mathematik einen erheblichen Beitrag zur Ausprägung des Vorstellungsvermögens über mathematische Relationen, Zahlen und ihre Abhängigkeiten sowie geometrische Objekte.

Im Mathematikunterricht stehen wesentliche Bereiche des Erkennens und Verstehens im Mittelpunkt, mit deren Hilfe das notwendige Spektrum aus der Fachwissenschaft in das Unterrichtsfach untersetzt wird. Entsprechend der Entwicklung in den einzelnen Jahrgangsstufen stellen die Entwicklung des *mathematischen Könnens* sowie der sichere Umgang mit dem „Erlernen“ wesentliche Ausgangspunkte dar. Die Schüler gehen sicher mit Zahlen in den jeweiligen Zahlenräumen um und können die jeweiligen Operationen mit ihnen durchführen. Dabei verwenden sie die korrekten Begriffe, und sie wenden die Sätze und Regeln richtig an. Sie gehen sicher mit Größen um und beherrschen die geometrischen Figuren und Körper. Davon abgeleitet können die Schüler Ergebnisse und Lösungswege werten und Fehler analysieren.

Spezifika in den Schularten

Einleitung

In den folgenden Abschnitten werden wesentliche Lerninhalte des Mathematikunterrichts schulartspezifisch zugeordnet. Damit ist es möglich, die Zielvorstellungen der jeweiligen Schularten mit Hilfe der verschiedenen Inhalte sowie den Spezifika ihrer Behandlung zu beschreiben. Im Sinne einer Grundbildung werden nur wesentliche Aussagen getroffen. Das Spektrum, in dem eine konkrete Realisierung dieser Zielvorstellungen bzw. Grundinhalte stattfinden kann, entstammt einem so riesigen Fundus, dass es nicht sinnvoll ist, diese hier zu konkretisieren. *Insofern will diese Darstellung keine Lehrplandarstellung sein oder in dieser Form interpretiert werden.*

Für alle angesprochenen Bereiche gilt, dass die Möglichkeit, die historische Entwicklung der Mathematik oder he-

rausragende Persönlichkeiten einzubeziehen, auszuschöpfen und allgemeine erzieherische Ziele zu verfolgen sind.

Es wird großer Wert darauf gelegt, dass es sich bei der hier beschriebenen mathematischen Grundbildung um ein wesentliches Element von Allgemeinbildung handelt. Mathematische Bildung im Sinne einer Spezialbildung kann natürlich spezifisch beschrieben werden, ist aber nicht Motiv und Gegenstand und Motivation der folgenden Darstellung.

Mathematik in der Hauptschule

Im Hauptschulbildungsgang erfüllt der Mathematikunterricht neben der grundsätzlichen Aufgabe der mathematischen Bildung erstens die Aufgabe, das mathematische Wissen und Können zur Verfügung zu stellen, das für die Erfüllung der Aufgaben in anderen Fächern – insbesondere den naturwissenschaftlichen – erforderlich ist, zweitens geht es um die Sicherung des Abschlussniveaus der Berufsreife, das zur erfolgreichen Ausbildung oder zum Besuch einer weiterführenden Schule erforderlich ist, und drittens um die Vorbereitung auf die mathematischen Herausforderungen im persönlichen alltäglichen Lebensumfeld. Aus dieser Grundüberlegung wird eine starke Praxisorientierung des mathematischen Unterrichts abgeleitet. Aufgabenstellungen entstammen diesen Überlegungen ebenso wie die eingeschrittenen Lösungswege. Der Vertiefung von Analyse- und Lösungswegen kommt dabei eine große Bedeutung zu.

Lösen von Gleichungen

Diese grundlegende Aufgabenstellung ist sowohl für formale als auch für praktische Aufgabenstellungen sehr wesentlich. Die wesentlichen Lösungsschritte werden über die verschie-

denen Jahre vermittelt und sicher angewendet. An die Stelle des formalen Umstellens der jeweiligen Gleichung kann die Variante treten, zuerst die gegebenen Größen einzusetzen und dann die gesuchte Größe zu finden. Auf Sicherheit und ein angemessenes Arbeitstempo ist Wert zu legen. Lineare Gleichungssysteme stehen zur Lösung an, wenn sie sich aus Sachzusammenhängen ergeben, und werden entweder grafisch oder durch möglichst einfache Lösungsschritte und systematisches Probieren gesucht.

Umgang mit geometrischen Objekten

Die Ausprägung des Vorstellungsvermögens ist eine wesentliche Voraussetzung zur erfolgreichen Lösung geometrischer Aufgabenstellungen. Hierbei kommt der sauberen Darstellung geometrischer Objekte in verschiedenen Darstellungsweisen (Netze, Zweitafelbild, Schrägbild) eine besondere Bedeutung zu. Figuren, insbesondere Dreiecke und Vierecke werden grundlegend behandelt und sowohl zeichnerisch in Konstruktionen als auch zu Berechnungen herangezogen. Aber auch Körper werden in Projektion dargestellt und berechnet. Durch den Umgang mit Formeln zur Berechnung an Pyramiden und Kegeln können auch weitere Körper rechnerisch beschrieben werden. Auch die Arbeit mit Maßstäben der Verkleinerung und Vergrößerung ist sehr wesentlich. Genauigkeit und Arbeitstempo sind im Hinblick auf ein angemessenes Abschlussniveau sicherzustellen.

Sachrechnen

Bei der Lösung praxisrelevanter Probleme kommt der Anwendung des Wissens, der Übertragung der Kenntnisse auf andere Wissenszusammenhänge und einer projektartigen Arbeitsweise eine große Bedeutung zu. Die Schüler müssen die Aufgabe analysieren und selbständig einen Lösungsweg auswählen. Entsprechend ihrem Lösungsweg wählen sie

die passenden Hilfsmittel. Überschlagsrechnungen und Rechenkontrollen kommt im Hinblick auf die Bewertung des eigenen Ergebnisses eine wichtige Rolle zu. Die Schüler werden befähigt, ihren Lösungsweg übersichtlich darzustellen und das Ergebnis korrekt zu interpretieren.

Mathematik in der Realschule

Die grundlegenden Aussagen über den Mathematiklehrgang für einen Hauptschulbildungsgang treffen auch für den Realschulbildungsgang zu. Die Orientierung auf die mathematischen Vorleistungen für andere Unterrichtsfächer, die Vorbereitung auf nachfolgende Ausbildungen und die Vorbereitung auf die Herausforderungen des persönlichen Lebens stellen die Eckpfeiler dar, an denen die Auswahl der Lerninhalte und Niveaustufen orientiert ist.

Im Realschulbildungsgang werden die mathematischen Aussagen und Sätze deutlicher in den Mittelpunkt gestellt und die Lösung von Aufgaben als deren Anwendung verdeutlicht. Insofern werden Aufgaben mehr mit Problemlösestrategien bearbeitet und diese durch die Schüler mit größerer Selbständigkeit in Anwendung gebracht. Dabei ist mathematische Symbolik durch die Schüler anzuwenden, Lösungswege sind übersichtlich darzustellen. Die stärkere Orientierung auf mathematische Sätze spiegelt sich auch im Umgang mit mathematischen Beweisen wider. Die Schüler werden dazu befähigt, Beweise zu verstehen, nachzuvollziehen und einfache Beweise selbständig zu führen.

Lösen von Gleichungen und Gleichungssystemen

Hier stehen lineare und quadratische Gleichungen sowie lineare Gleichungssysteme zur Lösung an. Die Schüler wenden die Lösungsvorschriften selbständig an und finden richtige Möglichkeiten zur Überprüfung ihrer Ergebnisse.

Arbeit mit Funktionen

Lineare und quadratische Funktionen, Winkel- und Potenzfunktionen sind die wesentlichen Arten von Funktionen, die behandelt werden. Die Schüler erreichen dabei vertiefte Kenntnisse in der grafischen Darstellung der Funktionen sowie in der Beschreibung ihrer Eigenschaften. Sie können die Kenntnisse zur Lösung anderer Aufgabenstellungen anwenden, wie zum Beispiel die Winkelfunktionen zur Berechnung rechtwinkliger Dreiecke, Flächen und Volumina.

Umgang mit geometrischen Objekten

Die Schüler beherrschen die grundlegenden Figuren und Körper, können sie auf verschiedene Weise darstellen, ihre Eigenschaften beschreiben und sie berechnen. Sie können dieses Wissen anwenden, um komplexere Figuren und Körper mathematisch zu beschreiben und darzustellen.

Lösen von Sach- und Anwendungsaufgaben

Die Fähigkeit, Aufgabenstellungen zu analysieren, selbständig Lösungsansätze zu finden und korrekt anzuwenden, kennzeichnet den Umgang der Schüler mit Sachaufgaben, die komplexer formuliert oder auch in abstrakteren Sinnzusammenhängen gestellt sind. Damit ist der Praxisbezug der Aufgabenstellungen enthalten, spielt aber nicht die ausschlaggebende Rolle. Bei der Problemlösung kommt auch der Anwendung verschiedener Arbeitsformen eine große Bedeutung zu, werden Partner- und Gruppenarbeitsformen praktiziert.

An einzelnen Beispielen werden mit Unterstützung von CAS-Systemen oder anderen geeigneten Softwarelösungen die mathematisch strukturierte Aufgabenlösung und die Anwendung der modernen Technik gegenübergestellt.

Mathematik im Gymnasium

In der Betrachtung des Grundkanons für das Gymnasium wird nach Abschluss der Klassenstufe 9 (im achtjährigen Gymnasium) eine erste Zwischenbilanz gezogen. Bis zu diesem Zeitpunkt müssen die Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten erworben werden, die als Ausgangspunkt für die Bewältigung der gymnasialen Oberstufe angesehen werden müssen.

Neben der Erreichung gewisser fachlicher und methodischer Niveaustufen sind zur Definition der allgemeinen Hochschulreife die Ausprägung von Fähigkeiten und Persönlichkeitseigenschaften im kommunikativen und kooperativen Bereich, in der Selbstkompetenz und im selbständigen, systematischen und logischen Denken zu nennen.

Die Klassenstufen der Oberstufe vertiefen die Grundbildung, vermitteln fachwissenschaftliche Methoden zum selbständigen Wissenserwerb und zur selbständigen Lösung fachlicher Problemstellungen. Dem Begründen und Beweisen als mathematische Methoden kommt hier eine herausragende Bedeutung zu. Sie wird stufenweise entwickelt und erhält ihre Abrundung in der selbständigen mathematischen Beweisführung.

In der genannten Abstufung können bis zum Ende der Klassenstufe 9 die wesentlichen Aussagen aus den Darstellungen zur Mathematik in der Realschule gelten. Das Abstraktionsniveau wird in den Anwendungen noch erhöht, um die Voraussetzungen für die Mathematik in der Oberstufe zu setzen.

Lösen von Gleichungen und Gleichungssystemen,
Arbeiten mit Funktionen

Lineare und quadratische Gleichungen und Funktionen können sicher und unter Anwendung allgemeiner Lösungsvorschriften bearbeitet und grafisch dargestellt wer-

den. Rechnerische und grafische Lösungen von Aufgabenstellungen werden sachgerecht ausgewählt und sicher angewendet. Sie können wechselseitig zur Verifizierung von Lösungen eingesetzt werden.

Umgang mit geometrischen Objekten

Figuren und Körper werden sowohl in der Darstellung als auch in der mathematischen Berechnung sicher bearbeitet. Zu den betrachteten geometrischen Körpern kommt noch die Kugel hinzu. Die Verknüpfung der einzelnen Teilgebiete erhält durch die Anwendung geometrischer Lösungsverfahren oder rechnerischer Lösung grafischer Aufgabenstellungen eine noch größere Bedeutung.

Lösen von Sach- und Anwendungsaufgaben

Sach- und Anwendungsaufgaben entstammen praktischen Aufgabenstellungen und abstrakten mathematischen Problemstellungen. Die Schüler können diese selbständig und unter Auswahl eines optimalen Lösungsweges lösen und ihre Lösung auf alternativen Wegen überprüfen.

Die *gymnasiale Oberstufe* hat eine wesentliche Aufgabe in der Ordnung, Systematisierung und Klassifizierung sowie Erweiterung des mathematischen Wissens. Die Funktionen werden so systematisch behandelt, beschrieben und eingeordnet. Am Beispiel der Eigenschaft der Periodizität trigonometrischer Funktionen wird dieses Anliegen deutlich. Funktionen werden außer den mathematischen auch den Sachzusammenhängen zugeordnet und dort gezielt zur Aufgabenlösung eingesetzt. Hierbei haben die Potenz-, Exponential- und Logarithmusfunktionen als Funktionen mit großer Bedeutung für die Lösung von praktischen Problemstellungen eine herausragende Bedeutung.

Die vertiefte Behandlung der Stochastik stellt ebenfalls eine wesentliche Voraussetzung für die Arbeit in der Ober-

stufe dar, vermittelt grundlegende Inhalte der Wahrscheinlichkeitsrechnung und bereitet die Behandlung der Gesetzmäßigkeiten der Statistik vor.

Die Arbeit mit Folgen und Reihen ist im Rahmen der intensiveren Auseinandersetzung mit Beweisverfahren wesentlich und stellt am Beispiel der Funktionen die Auseinandersetzung mit einem speziellen Funktionstyp in den Mittelpunkt.

Differential- und Integralrechnung liefern den Zugang zur weiteren Behandlung von Funktionseigenschaften und zur Lösung von Extremwertaufgaben.

Mit Hilfe der Vektoren als spezieller Darstellungsform geometrischer Objekte werden Ebene und Raum neu beschrieben und mit der Vektorrechnung ein wesentlicher Bestandteil der selbständigen Schülerarbeit eingeführt.

Insgesamt besteht im Mathematiklehrgang der Oberstufe das Ziel, mathematische Theorie und Anwendung tiefgründig zu behandeln und der Beweisführung besondere Wertung beizumessen.

Neben den innerdisziplinären Aufgaben des Mathematikunterrichts in der gymnasialen Oberstufe sind aber auch die interdisziplinären Aufgaben wesentliche Voraussetzungen für Schwerpunkte in der Mathematik. Das Verständnis z. B. von Schwingungsproblemen, die Beschreibung von Wechselströmen oder auch die Quantenmechanik sind ohne eine gründliche Behandlung der Differential- und Integralrechnung auch mehrerer Variablen einschließlich Differentialgleichungen sowie die Arbeit mit komplexen Zahlen nicht möglich.

Physik

Gegenstände und Ziele des Physikunterrichts

Einleitung

Innerhalb der Naturwissenschaften hat die Physik einen hohen Stellenwert.

Weitere Disziplinen wie z. B. Chemie, Biologie, Geographie, Geowissenschaften, Astronomie sowie alle Ingenieurbereiche bauen unmittelbar auf physikalischen Kenntnissen auf, und für die mathematische Bildung ist sie das breiteste Anwendungsfeld. Es sollte nicht der Versuch unternommen werden, die Physik per Definition von den anderen Naturwissenschaften abzugrenzen (etwa wie früher durch Beschränkung auf die unbelebte Natur) und damit in ihrer Breite einzuengen.

Physikalische Gesetze mit den universellen Naturkonstanten wirken in allen Bereichen der Natur, auf allen Ebenen unseres Kosmos und zu jeder Zeit der Entwicklung. (Sie sind deshalb auch Fundament jedes erkenntnistheoretisch-philosophischen Systems mit Anspruch auf wissenschaftlich fundierte Solidität.) Daneben liefert die Mathematik wesentliche Analysemethoden und -verfahren.

Auch wenn der Schulunterricht in Physik diese Erkenntnisstufe bei weitem nicht erreichen kann, sind aber doch Überlegungen anzustellen, welche Inhalte heute auf den einzelnen Ausbildungsstufen wesentlich sind und wie der Unterricht zu gestalten ist, um ein dem Alters- und Bildungsstand entsprechendes Naturverständnis zu entwickeln. Der Physikunterricht hat wie jedes andere Grundlagenfach in einer leistungsorientierten Bildung in bestimmten Stufen abfragbare Kenntnisse und Erkenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten zu erbringen. Das bedeutet aber nicht, dass der Unterricht in der Allgemeinbildung

der inneren Fachsystematik streng genügen muss. Schon Ernst Mach hat davor gewarnt, die Systematik des Faches zur Grundlage von Lehrplänen zu machen und diese nach Mechanik, Elektrizitätslehre, Optik usw. aufzugliedern. Selbst im Hochschulstudium Physik ist Feynman erfolgreich von der konservativen Einteilung des physikalischen Grundwissens in seinen Anfang der 60er Jahre gehaltenen „Lectures“ abgewichen und hat dafür weltweit Nachahmer gefunden. In diesem Sinne sind die nachfolgend aufgelisteten Stoffgebiete als Lerninhalte und nicht als stoffliche Abfolge in einem Lehrplan anzusehen.

Aus der grundlegenden Bedeutung der Physik ist abzuleiten, dass der Physikunterricht in der Klassenstufe 6 einsetzen sollte und durchgängig in allen Schularten bis zum Abschluss mit einer angemessenen Stundenzahl vertreten sein muss. Er baut auf den Vorleistungen auf, die im Sachunterricht der Grundschule sowie im Werkunterricht oder vergleichbaren Fächern erbracht werden. Naturwissenschaftliche Angebote, die in verschiedener Art und in verschiedenen Anbindungen in Schularten in niederen Klassenstufen existieren, haben andere Schwerpunktsetzungen als der hier betrachtete physikalische Fachunterricht. Die Koordinierung ist dennoch erforderlich. Die Forderung nach der Durchgängigkeit des Physiklehrgangs bis zum jeweiligen Schulabschluss ergibt sich aus der Tatsache, dass eine solide physikalische Grundausbildung für zahlreiche Berufsausbildungen aber auch für wesentliche Studienanforderungen, z. B. in den Bereichen Medizin, Ernährungswissenschaften, in technischen und wirtschaftlichen Ausbildungsrichtungen bedeutsam ist.

Es ist sehr wesentlich, dass die Schüler in der Beschäftigung mit der Physik verstehen, welche Bedeutung die einzelne Disziplin im Reigen der Wissenschaften hat, wie es zum Beispiel bei der Physik in ihrer Beziehung zu Chemie und Geowissenschaften, zu den Ingenieurwissenschaften

und zur Mathematik deutlich wird. Aber auch das Verstehen notwendiger Erkenntnisse und die Anwendung von Analysemethoden auf andere Zusammenhänge sind sehr wichtig.

Bedeutung und grundlegende Aufgaben

Der Physikunterricht vermittelt den Schülern wesentliche erkenntnistheoretische Grundlagen einer Wissenschaft. Die Phänomene und Vorgänge, die in der Physik in Bezug auf die unbelebte Natur untersucht werden, bringen Erkenntnisse hervor, die sowohl zum Verstehen der Gesetzmäßigkeiten der Natur als auch zum Verständnis der Technik angewendet werden. Die Intensität und das breite Spektrum, in denen sich die Physik und ihre Anwendungen im Leben der Menschen Bahn bricht, verknüpft mit dieser Wissenschaft weitreichende Konsequenzen für das Leben und das Zusammenleben der Menschen, die Entscheidungsnotwendigkeit zwischen dem technisch Möglichen und den Grenzen technischen Fortschritts sowie ethischen Grenzsetzungen. In beispielhafter Art und Weise bezieht die Physik die Erlebniswelt der Schüler ein, um Erscheinungen und Vorgänge zu erkennen, die dann einer grundlegenden Analyse und Erarbeitung von Gesetzmäßigkeiten dienen. In der Auseinandersetzung mit den Erscheinungen im Mikrokosmos und im gesamten Universum vermittelt die Physik die naturwissenschaftlichen Grundlagen für ein Weltverständnis sowie weltanschauliche Vorstellungen und trägt zur praktischen Lebensorientierung bei.

Der Physikunterricht hat die grundlegende Aufgabe, physikalisches Wissen und Arbeitstechniken zu vermitteln, Methoden der physikalischen Erkenntnisgewinnung zum Unterrichtsgegenstand zu machen und an der Kompetenz der Schüler zu arbeiten, dieses Wissen und Können zur Beantwortung von Kernfragen unserer Zeit einzusetzen. Der experi-

mentellen Tätigkeit kommt hierbei eine besondere Rolle zu.

Der Physikunterricht sollte sich in seinen Aufgaben und grundlegenden Inhalten auf den Abschluss der jeweiligen Schulart ausrichten. Seine Rolle in der Berufswahlvorbereitung und der Vermittlung der notwendigen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten ist differenziert, ebenso die Fachinhalte und fächerübergreifenden Beiträge zum Gesamtkanon.

Lerninhalte des Physikunterrichts

In diesem Abschnitt werden die wesentlichen Lerninhalte schulartunabhängig aufgelistet. Diese Auflistung stellt keine Reihenfolge im Sinne einer Stoffeinheitenplanung dar. Es ergibt sich aus der gewählten Darstellungsform in diesem Abschnitt, dass Themen und Arbeitstechniken an einer bestimmten Stelle angesprochen bzw. zugeordnet werden, ohne damit ihre grundsätzliche oder auch in anderen Zusammenhängen vorhandene Bedeutung zu beeinträchtigen.

Stoffliche Schwerpunkte	Beispiele zu bearbeitender Themen
<i>Wärmelehre</i> – Temperatur – Thermische Energie – Wärme, Wärmeausbreitung – Aggregatzustände und -änderungen – Verhalten der Körper bei Temperaturänderung – Wirkprinzipien und Energiebilanz von Verbrennungsmotoren – Kenntnisse der Begriffe thermodynamisches System, Temperatur, Wärme und innere <i>Energie</i> – Kalorik – ideales Gas	Temperaturmessungen – Einführung und Erklärungen mit Hilfe des Teilchenmodells – praktische Bedeutung der Längen- und Volumenänderung bei Temperaturänderung – sparsamer und Rationeller Umgang mit Energie – Erklärung technischer Anwendungen (z. B. Kühlschrank, Wärmedämmung) – Auswirkung von Temperaturänderungen auf andere physikalische Größen – Anomalie des Wassers

<ul style="list-style-type: none"> – Hauptsätze der Thermodynamik – Kreisprozesse 	<ul style="list-style-type: none"> – Berücksichtigung physikalischer Gesetze bei praktischen Lösungen (Brückenbau, Bimetall, ...) – Wärmeleitung, -strömung und -strahlung – ideale und reale Kreisprozesse – Quantitative und qualitative Betrachtungen zur kinetisch-statischen Thermodynamik
<p><i>Optik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Eigenschaften des Lichtes – Lichtquellen und beleuchtete Körper – Schatten – Finsternisse – Reflexion und Brechung des Lichtes – Bildentstehung (Linse, Spiegel) – Optische Geräte – Welleneigenschaften des Lichtes – Farbmischung und Farbzersetzung – Spektren 	<p>Verwendung des Modells Lichtstrahl</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fähigkeit zur Beschreibung und Erklärung von Naturerscheinungen – Konstruktion von Strahlenverläufen und Bildentstehungen – Experimente zur Lichtausbreitung sowie zu Reflexions- und Brechungsgesetz – Optische Täuschungen – Beschreibung des Aufbaus und Erklärung der Funktion optischer Geräte – Welle-, und Teilcheneigenschaften des Lichtes – Bedeutung der Spektren für die physikalische Erkenntnisgewinnung
<p><i>Mechanik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Masse und Volumen – Dichte – Kräfte und ihre Wirkungen – kraftumformende Einrichtungen – Mechanische Arbeit und Leistung – Mechanische Energie; Energieformen und Energieträger – Wirkungsgrad – Energieerhaltungssatz – Druck – Auflage- und Kolbendruck – Schweredruck in <i>Flüssigkeiten</i> 	<p>Ermitteln, Messen und Berechnen von Größen</p> <ul style="list-style-type: none"> – Umwandeln von Einheiten physikalischer Größen – Genauigkeit und Fehler bei Messverfahren – Deutung der Dichte und des Drucks im Teilchenmodell – Experimente zu kraftumformenden Einrichtungen – Kraftumformende Einrichtungen in der Technik und ihre Bedeutung in der geschichtlichen Entwicklung

<ul style="list-style-type: none"> – Luftdruck – Statischer Auftrieb; Sinken, Schweben, Steigen und Schwimmen – Geschwindigkeit – Beschleunigung – Bewegungen – Newtonsche Gesetze – Drehmoment – Gleichgewicht starrer Körper – Rotation, Drehimpuls und Drehimpulserhaltungssatz 	<ul style="list-style-type: none"> – Abgrenzung experimenteller Begriffe zu Begriffsinhalten im Alltagsgebrauch – Beispiele und Anwendung zur Wirkung von Kräften – Experimentelle Geschwindigkeitsbestimmung und Arbeit mit Messgeräten zur Geschwindigkeitsbestimmung – Modell Kraftpfeil und seine Anwendung; Modell Massepunkt – Qualitative und halbquantitative Lösung von Aufgabenstellungen sowie Berechnung physikalischer Größen und Wertung der Ergebnisse – globale Bedeutung des Energieerhaltungssatzes – Wertung des Wirkungsgrades für die Anwendung technischer Geräte – Bedeutung physikalischer Größen für unser Leben durch die Zustandsbeschreibung eines Systems (z. B. Luftdruck) – Grafische, rechnerische und mathematische Lösung von Bewegungsaufgaben – Unterschied von Zustands- und Prozessgrößen – Voraussetzungen und Bedingungen für das Zustandekommen eines Vorgangs
<p><i>Elektrizitätslehre</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Elektrische Ladungen – Spannung, Strom und elektrischer Widerstand – Gleich- und Wechselstrom – Stromkreise – Elektrische Arbeit und Energie – Elektrische und Magnetische Felder 	<p>Deutung der Leitungsvorgänge im Teilchenmodell</p> <ul style="list-style-type: none"> – Experimentelle Arbeit mit Ladungen und Stromkreisen – Gefahren des elektrischen Stroms für den Menschen – Fertigkeiten in der Anfertigung und im Lesen von Schaltplänen

<ul style="list-style-type: none"> - Elektromagnetische Induktion 	<ul style="list-style-type: none"> - Technische Messverfahren elektrischer Größen - Bedeutung elektrischer Energie in unserem Leben - Modell der Felder - Induktion mit Bedingungen, Abhängigkeiten und Anwendungen
<p><i>Schwingungen und Wellen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Schwingungen und Wellen - Akustik - Elektromagnetische Schwingungen - Elektromagnetisches Spektrum - Eigenschaften Hertzscher Wellen 	<p>Deutung physikalischer Eigenschaften und ihre Anwendung in der Technik</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bedeutung physikalischer Erkenntnisse für andere Bereiche am Beispiel der Medizin
<p><i>Atom- und Quantenphysik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Atomaufbau - stabile und instabile Kerne - Isotope - Spontanzfall - Kernstrahlung - Strahlungsmessungen - Nutzung von Kernenergie - Gefahren der Kernenergie - Quantenphysikalische Erkenntnisse an ausgewählten Themen (Licht, Elementarteilchen, Atom mit Kern und Hülle) - Elektron in quantenphysikalischer Betrachtung - Erkenntnisse über den Atomaufbau - Emission und Absorption des Lichtes - Laser - Zusammenhang zwischen den Erkenntnissen der Quantenphysik und der klassischen Physik 	<ul style="list-style-type: none"> - Modelle zur Erklärung des Kern- und Atomaufbaus - natürliche Radioaktivität - Gefahren durch radioaktive Strahlung - Fähigkeiten zur Bewertung von Stellungnahmen - Verantwortung der Menschen für die Nutzung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse - Bedeutung der Modellvorstellungen für die Erkenntnisfindung am Beispiel der Quantenphysik ausbauen - Experimente zum Atomaufbau - Modelle der Quantenphysik über den Atomaufbau - quantenphysikalische Interpretation von experimentellen Befunden und qualitativen Erkenntnissen - Laser und ihre Bedeutung in Naturwissenschaft und Technik
<p><i>Elektronik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Leitungsvorgänge in Halbleitern und gezielte Veränderung der Leitungseigenschaften - Grundlegende elektronische 	<p>Aufbau und Funktion von Halbleiterbauelementen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kenntnisse über integrierte Schaltungen - Entwicklungen im Bereich der

Bauelementen – Bedeutung der Elektronik	Elektronik und deren Konsequenzen
<i>Spezielle Relativitätstheorie</i> – Kenntnis der Relativitäts- prinzipien der Mechanik – Vakuumlichtgeschwindigkeit als Grenzggeschwindigkeit – Relativistische Masse- veränderlichkeit – Masse-Energie-Relation – Galilei- und Lorentztrans- formation	kinematische Konsequenzen – Vergleich von Denkweisen der klassischen Physik und der relativistischen Physik – Beispiele für Prozesse, bei denen relativistische Erkenntnisse von Bedeutung sind

Spezifika in den Schularten

Die Lerninhalte, die als Grundkanon für einen schulischen Physiklehrgang angesehen werden, sind in tabellarischer Form dargestellt. In den folgenden Unterpunkten werden konkrete Aussagen dazu getroffen, wie die Umsetzung in den einzelnen Schularten erfolgt. Diese Aussagen basieren auf den Zielvorgaben der einzelnen Schulart und leiten daraus wesentliche Aufgaben und Niveaustufen der Auseinandersetzung ab.

Physik in der Hauptschule

Gemäß der Prämisse, mit dem Physikunterricht *spätestens* in der Klassenstufe 7 zu beginnen, und unter der Voraussetzung, dass der Hauptschulbildungsgang mit dem Hauptschulabschluss nach der Klassenstufe 9 abschließt, wird hier ein dreijähriger Physiklehrgang beschrieben. Ein besonderes Augenmerk gilt der Zusammenarbeit und der inhaltlichen Koordinierung mit den Inhalten des Fachbereichs Arbeit-Wirtschaft-Technik o.ä.

Außerdem ist bei experimentellen Aufgaben in allen Schulformen der Erhalt des Interesses von Schülerinnen am Fach Physik besonders zu beachten.

Experimentieren

Die Experimente dienen am Beginn des Physikunterrichts dazu, Phänomene aus der Erlebniswelt der Schüler aufzugreifen, Elemente aus der Erlebniswelt der Schüler zu isolieren und im Experiment Teile gezielt zu beobachten oder zu untersuchen und damit Interesse an den fachlichen Inhalten zu wecken. Dabei ist besonderer Wert darauf zu legen, den Schülern einen adäquaten Zugang zur Physik zu ermöglichen, der interessante Phänomene aufgreift und sie in dieser Phase nur mit einfachen theoretischen Modellen unterlegt. Beim Experimentieren wird nach Anleitung gearbeitet. Beobachtung und Beschreibung stehen im Mittelpunkt während bzw. nach der Durchführung des Experimentes und werden in der Abfolge der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung hier als Schwerpunkte eingeordnet.

Im weiteren Verlauf wird die Experimentiertätigkeit mit zunehmender Selbständigkeit durchgeführt. Die exakte Abarbeitung von vorgegebenen Schrittfolgen und Arbeitsanleitungen ist wesentlich für diese Phase der experimentellen Arbeit. Das Experiment spielt zunehmend eine wesentliche Rolle im Erkenntnisprozess. Dabei werden physikalische Gesetze exemplarisch aus der experimentellen Tätigkeit erarbeitet, um den Schülern diese Möglichkeit der Erkenntnisfindung zu vermitteln. Die Verbindung von unterrichtlichen Experimenten und technischen Abläufen wird an ersten Beispielen erarbeitet.

Das Experimentieren wird mit der Orientierung auf den Schulabschluss als Teil der Erkenntnisgewinnung eingesetzt oder dient der Verifizierung von physikalischen Gesetzen. Hierbei sind Sicherheit in der Bearbeitung von Versuchsanleitungen und Arbeitsabläufen, Selbständigkeit in

der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Experimente anzustreben. Nach Möglichkeit ist die experimentelle Arbeit der Schüler mit den Praxiserfahrungen der Schüler in berufsvorbereitenden Praktika sowie mit den Fächern der Fächergruppe AWT (Arbeit, Wirtschaft und Technik o.ä.) in Verbindung zu bringen. Der exakten Mess- bzw. Beobachtungsdatensicherung sowie der Ergebnisprotokollierung und der Fehleranalyse zum Experiment gilt in der Klassenstufe 9 erhöhte Bedeutung.

Inhaltliche Schwerpunkte

Im Physikunterricht der Hauptschule werden die klassischen Inhalte der Stoffgebiete Mechanik, Wärmelehre, Elektrizitätslehre und Optik vermittelt. Dabei steht die Orientierung an der Erfahrungswelt der Schüler und an den vorbereitenden Aufgaben für eine berufliche Ausbildung im Mittelpunkt.

Im Rahmen der Umsetzung der inhaltlichen Schwerpunkte sind die verschiedenen Kompetenzbereiche, auf deren Entwicklung jeder Unterricht Wert legen sollte, zu berücksichtigen. Hierauf, wie auf die Möglichkeiten der einzelnen Sachgebiete, erziehend zu wirken und Fähigkeiten zu Wertungen auszubilden, wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen. Sie verstehen sich ebenfalls als immanente Aufgabe.

Ausgangspunkt sollten hier primär Naturphänomene (z. B. der tägliche Wetterablauf) oder Erfahrungen aus dem Lebensbereich der Schüler sein (daraus können sich auch Beziehungen zu anderen Unterrichtsfächern sinnvoll herstellen lassen). Modelle werden in der Form als grundlegend verwendet, wie sie für Erklärungen und Beschreibungen und zur Ableitung analoger Betrachtungen notwendig sind. Es wird großer Wert darauf gelegt, dass die Schüler befähigt werden, Beobachtungen detailliert und strukturiert wiederzugeben und aus den wesentlichen

Ergebnissen Vermutungen oder Erkenntnisse abzuleiten. Dabei stehen qualitative und halbquantitative Formulierungen im Mittelpunkt, quantitative Aussagen im Ergebnis des Erkenntnisprozesses sollten nur an einfachen Beispielen dargestellt werden.

Die Beherrschung der physikalischen Größen, ihrer Formelzeichen und Einheiten ist für die Problemlösung von zentraler Bedeutung und muss auch in Wiederholung und Festigung einen festen Raum einnehmen. Bei der Lösung von Aufgaben ist auf die Erfassung der Aufgabenstellung sowie auf den Praxisbezug der Beispiele großer Wert zu legen. Die eigenständige Übertragung von Lösungswegen auf analoge Aufgabenstellungen ist wesentlich.

Physik in der Realschule

Der Realschullehrgang im Fach Physik beschreibt die Arbeit in den Klassenstufen 7 bis 10. Die Bedeutung des Faches für den Abschluss der mittleren Reife, der damit verbundenen Berufsvorbereitung sowie Sicherung des Niveaus, das als Zugangsvoraussetzung für weiterführende Schulausbildungen anzusehen ist, bedingt entsprechende Schwerpunktsetzungen im Erkenntnisprozess sowie in den gewählten didaktischen Schritten und Methoden.

Experimentieren

Die Experimente dienen auch im Realschulbildungsgang am Beginn des Physikunterrichts dazu, Interesse an den fachlichen Inhalten zu wecken oder Elemente aus der Erlebniswelt der Schüler zu isolieren und im Experiment Teile gezielt zu beobachten oder zu untersuchen. Das Erproben und das qualitative Überprüfen von aufgestellten Hypothesen ist wesentliche Aufgabe dieser Experimente. Es werden Schrittfolgen überlegt, Beobachtung durchgeführt, und die

Beschreibung und Bewertung der Hypothesen stehen im Mittelpunkt der Auswertung des Experimentes.

Im weiteren Verlauf wird die Experimentiertätigkeit mit zunehmender Selbständigkeit durchgeführt. Die exakte Abarbeitung von vorgegebenen Schrittfolgen und Arbeitsanleitungen wird durch die gezielte Arbeit mit Protokollen ergänzt. Das Experiment spielt zunehmend eine wesentliche Rolle im Erkenntnisprozess. Dabei werden physikalische Gesetze qualitativ aus der experimentellen Tätigkeit erarbeitet oder Gesetze auf diesem Wege verifiziert. In der Verbindung von unterrichtlichen Experimenten und technischen Abläufen werden physikalische Sachverhalte analysiert und bewusst mit der technischen Anwendung verknüpft.

In den Experimenten gewinnen verschiedene Messtechniken Raum. Auswirkungen der gewählten Anordnung und der Auswahl der Messtechnik auf die Ergebnisse werden bewusst artikuliert. Die Schüler wenden in der Auswertung von Messdaten selbständig mathematische Erkenntnisse an, um Zusammenhänge zu finden und qualitative Aussagen zu treffen bzw. Gesetze anzuleiten. Der Selbständigkeit in allen Phasen der experimentellen Arbeit kommt eine große Bedeutung zu. Fehleranalyse und Fehlerdiskussion sind für den Erkenntnisprozess der Schüler wesentliche Aufgaben. Nach Möglichkeit ist auch hier die experimentelle Arbeit der Schüler mit den Praxiserfahrungen der Schüler in berufsvorbereitenden Praktika in Verbindung zu bringen.

Inhaltliche Schwerpunkte

Im Physikunterricht des Realschulbildungsganges werden ebenfalls die klassischen Inhalte der Stoffgebiete Mechanik, Wärmelehre, Elektrizitätslehre, Optik und Kernphysik vermittelt. Die Möglichkeiten der physikalischen Erkenntnisfindung stehen hier stärker im Zentrum der Betrachtungen.

Die Schüler lernen, ihre naturwissenschaftlichen Erkenntnisse intensiv miteinander zu verknüpfen und Erscheinungen zunehmend ganzheitlich zu betrachten.

Der Erkenntnisprozess wird mit zunehmender Selbständigkeit bis zu halbquantitativen Formulierungen entwickelt, und Schüler werden exemplarisch zur selbständigen Anwendung der quantitativen Aussagen befähigt. Der Rolle der Modelle in der Physik wird in der Realschule ein entsprechender Platz eingeräumt, und es ist anzustreben, dass Schüler die Modelle zur Erklärung von Erscheinungen und Phänomenen verwenden. Der größeren Bedeutung der Anwendung von Problemlösestrategien ist insbesondere dadurch Rechnung zu tragen, dass die Schüler komplexere Aufgaben selbständig analysieren, in Teilaufgaben bearbeiten und zur Gesamtlösung zusammenfassen. In diesem Zusammenhang kommt auch der Deutung von Ergebnissen und der Ableitung von Aussagen über Chancen und Gefahren bestimmter wissenschaftlicher Möglichkeiten eine größere Bedeutung zu.

Physik im Gymnasium

Der Physiklehrgang in gymnasialen Bildungsgängen beschreibt die Arbeit in den Klassenstufen 7 bis zum Abitur. In der Betrachtung dieses Ausbildungsweges ergeben sich zwei Niveaustufen. Im ersten Bereich steht das Fach Physik im Fächerkanon – entsprechend den Darstellungen des Fachs Physik in der Realschule. Die zweite Schwerpunktsetzung ergibt sich durch die Zielstellung dieser Schulart – das Erreichen der allgemeinen Hochschulreife. Hier muss überlegt sein, welche Voraussetzungen zur Studierfähigkeit die Physik in der schulischen Ausbildung zu setzen hat.

Experimentieren

Die Experimente wecken Interesse an den fachlichen Inhalten, verdeutlichen Teile aus komplexen Zusammenhängen und motivieren zur Auseinandersetzung mit Problemen und Phänomenen. Das Ausprobieren und das qualitative Überprüfen von aufgestellten Hypothesen prägt den Anfangsunterricht. Schnell werden daraus Schrittfolgen überlegt, selbständig Beobachtung durchgeführt, und die Beschreibung und Bewertung der Hypothesen stehen im Mittelpunkt der Auswertung des Experimentes.

Im weiteren Verlauf wird die Experimentiertätigkeit mit großer Selbständigkeit durchgeführt. Schüler formulieren zu Aufgaben selbst die konkreten Arbeitsanleitungen, formulieren Hypothesen und suchen nach geeigneten Schritten, diese zu überprüfen oder zu widerlegen. Das Experiment spielt eine wesentliche Rolle im Erkenntnisprozess. Dabei werden physikalische Gesetze qualitativ und quantitativ aus der experimentellen Tätigkeit gefunden sowie Gesetze oder Aussagen auf diesem Wege verifiziert. In der Verbindung von unterrichtlichen Experimenten und technischen Abläufen werden physikalische Sachverhalte analysiert und bewusst mit der technischen Anwendung verknüpft.

In den Experimenten gewinnen verschiedene Messtechniken Raum. Der Zusammenhang der gewählten Anordnung und Auswahl der Messtechnik auf die Ergebnisse wird bewusst gesetzt, und von den Schülern werden Begründungen abgefordert. Die Schüler wenden in der Auswertung von Messdaten selbständig mathematische Erkenntnisse an, um Zusammenhänge zu finden, qualitative und quantitative Aussagen zu treffen bzw. Gesetze abzuleiten. Die Selbständigkeit in allen Phasen der experimentellen Arbeit ist von zentraler Bedeutung. Fehleranalyse und Fehlerdiskussion sind für den Erkenntnisprozess der Schüler wesentlich. Sie setzen Fachliteratur ein, um Beispiele,

Anwendungen und technische Umsetzungen der gewonnenen Erkenntnisse zu finden.

Inhaltliche Schwerpunkte

Die deutlich eingeforderte wissenschaftspropädeutische Komponente des Fachunterrichts muss auch in der Schwerpunktsetzung im Fach Physik eine wesentliche Rolle spielen. Wie in der Beschreibung der experimentellen Tätigkeitsprofile trifft dies auch für die Arbeit mit physikalischen Modellen, die Lösung physikalischer Aufgaben und andere Bereiche zu. Die Schüler müssen befähigt werden, zur Problemlösung ihr Wissen aus allen notwendigen Disziplinen zusammenzutragen, selbständig Lösungsansätze zu finden oder Lösungen zu bewerten.

Die physikalischen Modelle spielen eine wesentliche Rolle im Erkenntnisprozess und in der Lösung von Problemen. Dabei werden Vorteile und Grenzen der verwendeten Modelle klar analysiert und damit Fehlerdiskussionen geführt.

Mit Orientierung auf die zu erreichende Studierfähigkeit werden in der Physik die Entwicklungen der Relativitätstheorie und der Quantenphysik in Bezug zu den klassischen Aussagen gesetzt, Anwendungen und deren Grenzen zugeordnet und die klassischen Aussagen aus den quantenphysikalischen Gesetzmäßigkeiten abgeleitet.

Mit Orientierung auf die Studierfähigkeit sind die Fähigkeiten zur Problemanalyse, zur Auswahl von geeigneten Untersuchungs- und Lösungsmöglichkeiten sowie der Durchführung einer Ergebnisanalyse und Fehlerdiskussion im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe zu entwickeln. Die Schritte zum selbständigen Wissenserwerb im Rahmen von Projektarbeit sind mit fachübergreifenden Themen gut zu realisieren.