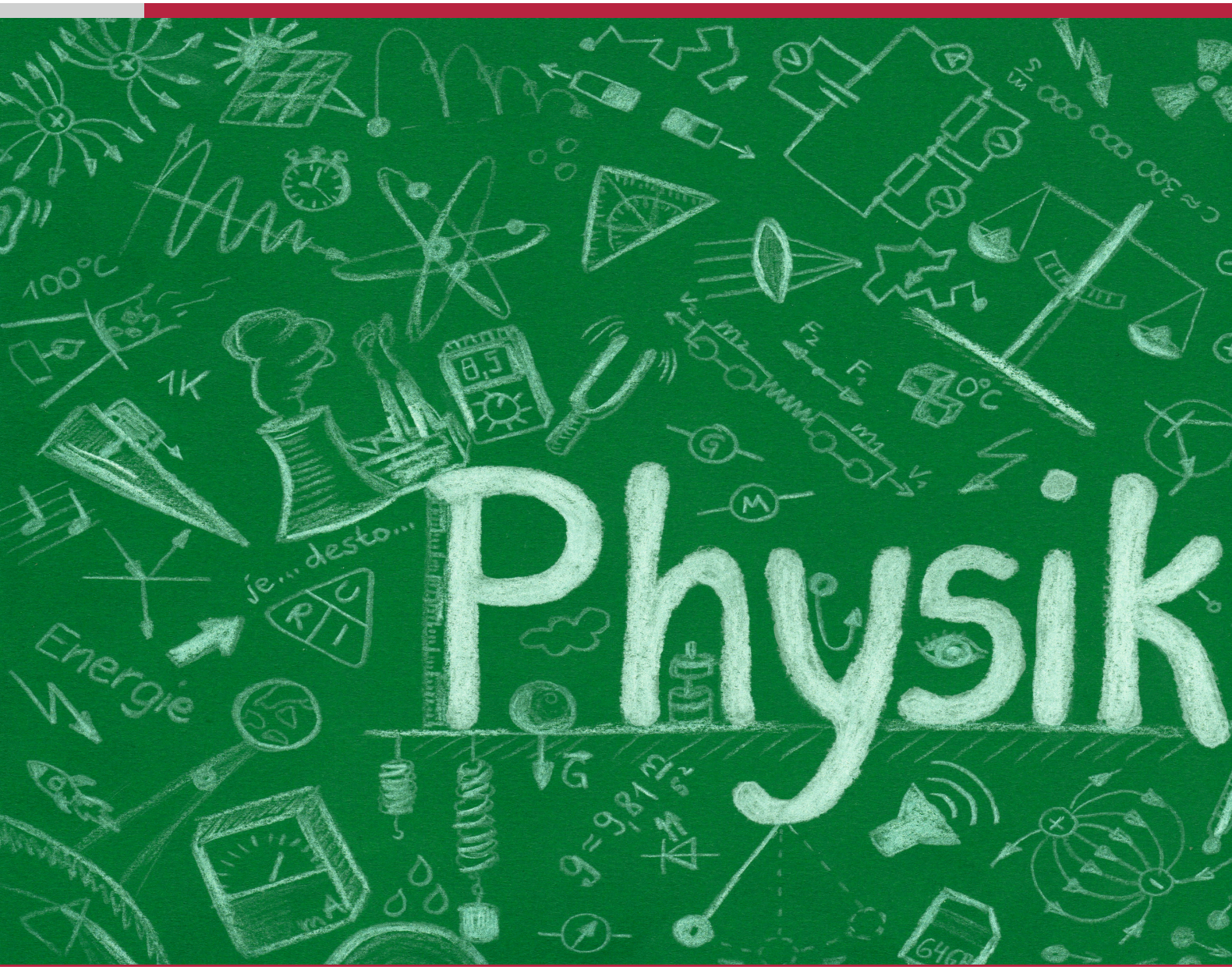
RheinlandPfalz
PÄDAGOGISCHES LANDESINSTITUT

KOSMOS UND FORSCHUNG – PHYSIK ALS SICH WEITER ENTWICKELNDE WISSENSCHAFT

Handreichung zur Umsetzung des Lehrplans Physik – Themenfeld 7



PL-Information 7/2016

natur wissenschaften rlp

In den PL-Informationen werden Ergebnisse veröffentlicht, die von Lehrerinnen und Lehrern aller Schularten unter Einbeziehung weiterer Experten erarbeitet und auf der Grundlage der aktuellen pädagogischen oder fachdidaktischen Diskussion für den Unterricht oder die Schulentwicklung aufbereitet wurden. Mit ihnen werden Anregungen gegeben, wie Schulen bildungspolitische Vorgaben und aktuelle Entwicklungen umsetzen können.

Die PL-Informationen erscheinen unregelmäßig. Unser Materialangebot finden Sie im Internet auf dem Landesbildungsserver unter folgender Adresse:
http://bildung-rp.de/pl/publikationen.html

Die vorliegende Veröffentlichung wird gegen eine Schutzgebühr von 6,00 Euro zzgl. Versandkosten abgegeben. Bestellungen richten Sie bitte an das Pädagogische Landesinstitut:
bestellung@pl.rlp.de

IMPRESSUM

Herausgeber:
Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz
Standort Bad Kreuznach
Röntgenstraße 32
55543 Bad Kreuznach
pl@pl.rlp.de

Redaktion und Skriptbearbeitung:
Benjamin Hinkeldey, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Titelbild:
Andrea Bürgin, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Erscheinungstermin: Oktober 2016

© Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz 2016

ISSN 2190-9148

Soweit die vorliegende Handreichung Nachdrucke enthält, wurden dafür nach bestem Wissen und Gewissen Lizenzen eingeholt. Sollten dennoch in einigen Fällen Urheberrechte nicht berücksichtigt worden sein, wenden Sie sich bitte an das Pädagogische Landesinstitut Rheinland-Pfalz.

INHALT

1	**Themenfeld 7: Kosmos und Forschung – Physik als sich weiter entwickelnde Wissenschaft**	**3**
1.1	Überblick über das siebte Themenfeld	3
1.2	Die Themenfeld-Doppelseite	4
1.3	Vom Themenfeld zur Unterrichtsplanung	6
1.3.1	Intention	6
1.3.2	Kompetenzen	6
1.3.3	Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte sowie Fachbegriffe	7
1.3.4	Erschließung des Themenfeldes durch Kontextorientierung	7
1.3.5	Differenzierungsmöglichkeiten	8
1.3.6	Bezüge	8
1.4	Anbindung an Basiskonzepte im siebten Themenfeld	9
1.5	Entwicklung von Kompetenzen im siebten Themenfeld	11
1.6	Methodische Anmerkungen	14
1.6.1	Präsentationsformen	14
1.6.2	Anleitung und Moderation von (Gruppen-)Arbeitsphasen und Recherche	14
1.6.3	Bewertung von (Gruppen-)Arbeitsergebnissen	15
2	**Unterrichtsbeispiele**	**17**
2.1	Vorüberlegungen	17
2.2	Vorschläge für Unterrichtsgänge	20
2.2.1	Unterrichtsgang 1: Fragen ans Universum	20
2.2.2	Unterrichtsgang 2: Teilchenkongress	28

Links zum Themenfeld **33**

Literaturverzeichnis **34**

Autorinnen und Autoren **35**

1 THEMENFELD 7: KOSMOS UND FORSCHUNG – PHYSIK ALS SICH WEITER ENTWICKELNDE WISSENSCHAFT

1.1 Überblick über das siebte Themenfeld

Der neue Lehrplan im Fach Physik für die Klassen 7 bis 9/10 der weiterführenden Schulen des Landes Rheinland-Pfalz trat zum Schuljahr 2014/15 in Kraft und schließt konzeptionell an den Lehrplan des Faches Naturwissenschaften in der Orientierungsstufe an.
Die drei Säulen des NaWi-Unterrichtes Kompetenzen, Basiskonzepte und Kontexte bilden auch die Stützpfeiler des Physik-Lehrplans und erfordern eine darauf aufbauende unterrichtliche Umsetzung.

Das siebte Themenfeld erscheint in seiner Themenstellung im Vergleich zu den Themen in bisherigen Lehrplänen neu. Die Zielsetzung dieses Themenfeldes ist weniger das Lernen von physikalischen Inhalten, sondern das Lernen **über** Physik – was macht Physik aus, wie sieht physikalische Forschung aus, wie beeinflussen die Ergebnisse die Gesellschaft? Damit folgt der Lehrplan einer Forderung, die in der fachdidaktischen Literatur bereits seit längerem erhoben wird.

So stellt die Deutsche Physikalische Gesellschaft in ihrer Studie „Physik in der Schule" unter der Überschrift „Natur der Naturwissenschaften – Nature of Science" fest:

„Dass im Physikunterricht nicht nur physikalische Zusammenhänge gelernt, sondern auch über die Physik als Wissenschaft nachgedacht und die Bedeutung und die Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse hinterfragt werden sollen, ist keine neue Forderung.
Schon die PISA-Rahmenkonzeption […] unterschied zwischen „naturwissenschaftlichem Wissen" und „Wissen über Naturwissenschaften" und forderte, ebenso wie spätere fachdidaktische Studien […], das Thema Natur der Naturwissenschaften bzw. Nature of Science (NOS) explizit im Unterricht anzusprechen." [1]

Die vorliegende Handreichung stellt die Themenfeld-Doppelseite des Lehrplans vor und zeigt beispielhaft, wie dieses Themenfeld entsprechend den Lehrplananforderungen konkret im Unterricht umgesetzt werden kann.

Aus ökologischen und ökonomischen Gründen werden die in der Handreichung vorgestellten Materialien (z. B. Arbeitsblätter) nicht 1:1 abgedruckt. Alle vorgestellten Materialien stehen in editierbarer Form zum kostenlosen Download auf dem Bildungsserver Rheinland-Pfalz unter folgendem Link bereit:
http://naturwissenschaften.bildung-rp.de/physik/unterricht.html

1 https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/broschueren/studien.html, Hauptteil mit Anlage Basiskonzepte, S. 90-91

1.2 Die Themenfeld-Doppelseite

TF 7: Kosmos und Forschung
Physik als sich weiter entwickelnde Wissenschaft

Kosmos und Raumfahrt sind seit jeher faszinierende Themen. Im NaWi-Unterricht standen unser Sonnensystem und seine Planeten im Vordergrund. Einige Schülerinnen und Schüler konsumieren häufig Wissenschaftssendungen und erleben so, dass Forschung an sich eine spannende Sache ist. Dabei geht es meistens um Themen, die weit über das im Unterricht Behandelte hinausreichen.

Es ist ein Anliegen dieses Themenfeldes, die Physik als sich ständig weiter entwickelnde, moderne und lebendige Wissenschaft darzustellen und Begeisterung dafür zu wecken. Grundlagenforschung führte schon oft zu technologischen Errungenschaften, die heute aus unserem Alltag nicht wegzudenken sind. Forschung nutzt die Methode naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (Beobachtung, Hypothesenbildung, Experiment, Gesetz und Modellbildung), wie sie auch im naturwissenschaftlichen Unterricht angewendet wird und sich sogar in der Entwicklung eigener Vorstellungen wiederspiegelt.

In den ersten Lebensjahren ist die kindliche Neugier allumfassend. Das Entdecken und Fragen zählten auch im Grundschulalter zu den Lieblingstätigkeiten der Schülerinnen und Schüler. In einem sie interessierenden Kontext knüpfen sie an diesen natürlichen Forscherdrang an und recherchieren in verschiedensten Quellen. Sie setzen sich darüber hinaus mit der Problematik medialer Vermittlung aktueller Wissenschaft auseinander, reflektieren an einem Beispiel die Entwicklung der eigenen Vorstellungen von naturwissenschaftlichen Sachverhalten (z. B. Zustandekommen von Tag/Nacht, Sonnensystem) und ziehen Schlussfolgerungen für ihre eigenen adressatengerechten, vielfältigen und spannenden Präsentationen.

Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- erschließen sich und beschreiben die Methode naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung,
- recherchieren in verschiedenen Quellen zu ausgewählten Themen moderner Physik,
- präsentieren die Ergebnisse ihrer Arbeit an ausgewählten Themen moderner Physik sach- und adressatengerecht,
- nutzen vorhandenes Wissen zur Einordnung populärwissenschaftlicher Informationen.

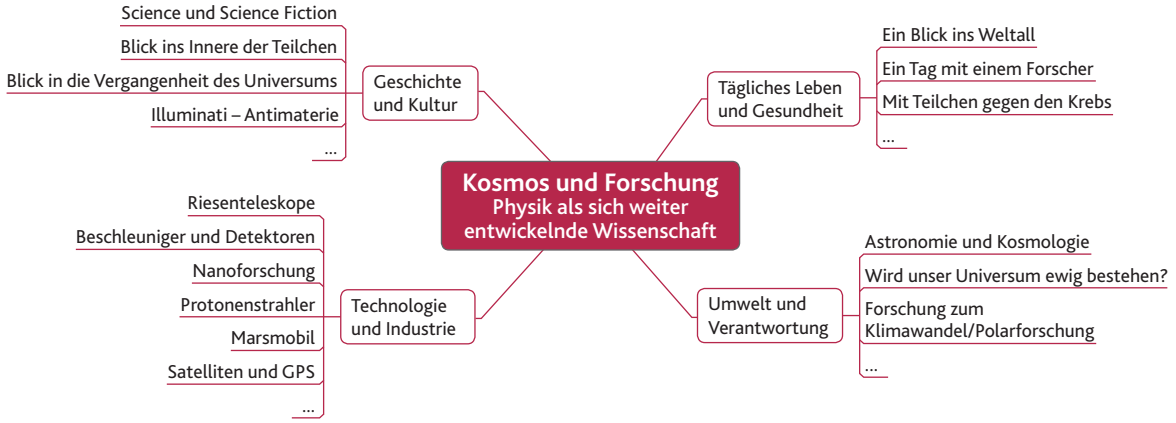
Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte:

- Je nach gewähltem Kontext können auch hier Konzepte weiterentwickelt werden. Das Hauptaugenmerk liegt in diesem Themenfeld jedoch in der Kompetenzentwicklung im Bereich der Kommunikation.

Fachbegriffe:

Abhängig vom gewählten Thema entscheidet die Lehrkraft, welche inhaltsbezogenen Fachbegriffe verwendet werden.

Erschließung des Themenfeldes durch Kontextorientierung:



Differenzierungsmöglichkeiten:

Die Darstellung der Physik als sich weiter entwickelnde Wissenschaft kann unabhängig vom Schwierigkeitsgrad der Inhalte erfolgen. Historische Aspekte kommen genauso in Betracht wie aktuelle Forschungen. Zur Untersuchung der medialen Vermittlung aktueller Wissenschaft eignet sich der Vergleich zwischen verschiedenen Quellen in Bezug auf die Adressaten.

Für das Recherchieren und Präsentieren auf grundlegendem Niveau kann es hilfreich sein, geeignete Quellen von vornherein zu benennen, das Thema eng zu begrenzen und einfache Inhalte auszuwählen (z. B. ein Sternenleben, Alltag auf der ISS, aus Grundlagenforschung entstandene technologische Errungenschaften). Adressaten für Präsentationen könnten Mitschülerinnen und Mitschüler oder Großeltern sein.

Der Anspruch steigt durch freie Quellenwahl, komplexere Themen und schwieriger zu verstehende Inhalte (z. B. Theorien zur Entstehung des Weltalls, Erforschung von Exoplaneten, Zusammenhänge von Astro- und Teilchenphysik). Adressaten für Präsentationen könnten Öffentlichkeit und interessierte Laien sein.

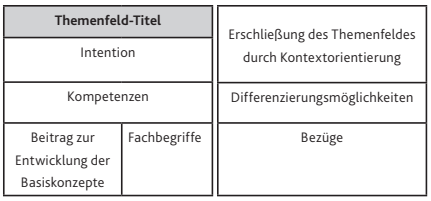
Bezüge:

NaWi TF 2 Makro- und Mikrokosmos	**Biologie** TF 7 Entwicklung der Menschheit/Forschung
Chemie TF 8 industrielle chemische Verfahren	**Physik** TF 2 Licht an Grenzflächen TF 5 Modellexperimente

Abb. 1: Auszug aus „Lehrpläne für die naturwissenschaftlichen Fächer – Physik", S. 112/113

1.3 Vom Themenfeld zur Unterrichtsplanung

Die einzelnen Rubriken der Themenfeld-Doppelseite geben den Rahmen für die Unterrichtsplanung vor. Die Inhalte der Rubriken der linken Seite sind verbindlich umzusetzen, in denen der rechten werden Anregungen für die Unterrichtsgestaltung gegeben.



Der zweigeteilte **Themenfeld-Titel** „Kosmos und Forschung – Physik als sich weiter entwickelnde Wissenschaft" macht bereits die Schwerpunktsetzung dieses Themenfeldes deutlich: Die Lernenden sollen erfahren, dass Physik nichts „Fertiges" ist, sondern dass sie sich immer weiter entwickelt. Inhaltliche Anknüpfungspunkte bieten sich bei der Erforschung des Kosmos, da Fragen nach dem „Woher" und „Wohin" im aktuellen Entwicklungsstadium der Jugendlichen hohes Interesse hervorrufen. Es sind jedoch auch andere Einbindungen von Alltagsbezügen möglich wie z. B. Bezugnahme auf aktuelle Medienberichterstattung über Forschungsergebnisse.

1.3.1 Intention

Die **Intention**, die im Unterricht **verbindlich** umzusetzen ist, gibt Aufschluss über die Bildungsabsicht.

Zentraler Aspekt dieses Themenfeldes ist die Entwicklung der Erkenntnis, dass die Physik kein statisches Wissensgebäude darstellt, sondern dass sie eine moderne und lebendige Wissenschaft ist, die sich ständig weiter entwickelt. Um dies zu erreichen, kann das bei den Schülerinnen und Schülern vorhandene Interesse bezüglich der Ursprünge und der Entwicklung des Weltalls aufgegriffen werden. Daraus ergeben sich verschiedene Möglichkeiten, die Auseinandersetzung mit den Merkmalen der Forschertätigkeit inhaltlich anzubinden. So kann sowohl die Untersuchung des ganz Großen (Forschung im Weltraum) als auch des ganz Kleinen (Elementarteilchenforschung) zum Anknüpfungspunkt gewählt werden. Es ist nicht intendiert, lediglich die Weltbilder von Galilei und Kepler als Beispiele für sich entwickelnde Forschung zu betrachten, da hier der Bezug zur aktuellen Forschung für die Lernenden nicht gegeben ist.

Im Rahmen des Unterrichts soll die naturwissenschaftliche Methode der Erkenntnisgewinnung (Beobachtung, Hypothese, Experiment, Gesetz und Modellbildung) explizit zum Gegenstand der Betrachtung werden. Zudem soll thematisiert werden, wie sich unsere Vorstellungen unter dem Einfluss der daraus gewonnenen Erkenntnisse verändern.

Als Grundlage für diese Betrachtungen recherchieren die Schülerinnen und Schüler in Büchern, Zeitschriften oder im Internet und setzen sich dabei auch kritisch mit den Vermittlungsformen und der Aufbereitung der Informationen auseinander.

1.3.2 Kompetenzen

Die hier aufgeführten konkreten Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler sind im Rahmen des Themenfeldes verbindlich zu ermöglichen und tragen zur Kompetenzentwicklung bei. In Themenfeld 7 werden Beiträge zur Weiterentwicklung in den Kompetenzbereichen „Erkenntnisgewinnung", „Kommunikation" und „Bewertung" geleistet. Je nach gewählter Schwerpunktsetzung kann auch der Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen" weiter entwickelt werden.

Bei der Auseinandersetzung mit der Frage „Wie arbeiten Forscherinnen und Forscher?“ untersuchen die Lernenden die Methode naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Dabei wird der Kompetenz-Aspekt „naturwissenschaftliche Erkenntnisse bzw. den naturwissenschaftlichen Erkenntnisgang reflektieren“ aus dem Bereich „Erkenntnisgewinnung“ gefördert. Die bewusste Auseinandersetzung mit Methoden der Recherche in verschiedenen Quellen sowie mit Merkmalen der adressatengerechten Präsentation der Ergebnisse leisten Beiträge zur Förderung der Kompetenz im Bereich „Kommunikation“. Die kritische Betrachtung populärwissenschaftlicher Darstellungen vor dem Hintergrund bereits vorhandenen oder neu erarbeiteten Wissens trägt zur Entwicklung der Kompetenz im Bereich „Bewertung“ bei.

1.3.3 Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte sowie Fachbegriffe

Die vermittelten Fachinhalte sollen über die Jahre hinweg Schülerinnen und Schülern helfen, eigene physikalische Konzepte aufzubauen. Deshalb wird das Fachwissen immer an Basiskonzepte angebunden.

Da in Themenfeld 7 keine inhaltlichen Vorgaben gemacht werden, enthalten diese beiden Rubriken hier keine konkreten Begriffe bzw. Formulierungen zu Basiskonzepten. Gleichwohl ist aber die Anbindung des zum Verständnis der betrachteten Inhalte notwendigen Wissens an die bei Schülerinnen und Schülern bereits vorhandenen Repräsentationen der Basiskonzepte wichtig und kann das Verständnis auch komplexer Sachverhalte erleichtern (siehe hierzu auch Kapitel 1.4).

1.3.4 Erschließung des Themenfeldes durch Kontextorientierung

Diese Rubrik zeigt bildungsrelevante Kontexte und konkrete Fragestellungen aus vier lebensweltlichen Bereichen, die zentralen Bedürfnisfeldern der Menschen entsprechen. Es sind Vorschläge, wie das siebte Themenfeld kontextuell angebunden werden kann. Weder die Abdeckung der vier Äste der Mindmap noch die Umsetzung dort aufgeführter Kontexte sind verbindlich. Sie sollen lediglich die Vielfalt der Möglichkeiten aufzeigen und entsprechende Anregungen geben.

Bei der Wahl geeigneter Kontexte für die eigene Unterrichtsplanung sollten neben individuellen Interessen der Lernenden auch schulische Besonderheiten beachtet werden:

- fächerverbindende oder integrierte Lernangebote (z. B. Biologie),
- Möglichkeit für Projekte, z. B. im Ganztagsunterricht,
- Zusammenarbeit mit nichtnaturwissenschaftlichen Fächern oder dem Wahlpflichtfach,
- schulische Ausstattung,
- aktuelle Themen/Anlässe,
- Angebote außerschulischer Kooperationspartner.

1.3.5 Differenzierungsmöglichkeiten

Die dargestellten Möglichkeiten beziehen sich sowohl auf äußere Differenzierung, wie z. B. für unterschiedliche Schulformen, als auch auf binnendifferenzierte Arbeitsweisen innerhalb einzelner Lerngruppen. Sie schlagen Ansatzpunkte für die Differenzierung nach oben wie nach unten vor, um die Lerninhalte individuell an die Bedürfnisse und Fähigkeiten der Lerngruppen anzupassen.

Der erste Abschnitt macht deutlich, dass zum Erreichen der in diesem Themenfeld angestrebten Ziele ganz unterschiedliche Inhalte herangezogen werden können. Insofern ist hier eine Differenzierungsmöglichkeit nach Interessensschwerpunkten gegeben.

Die beiden folgenden Abschnitte zeigen auf, wie bezüglich der konkreten Aktivitäten des Recherchierens und Präsentierens eine Differenzierung nach Niveaustufen vorgenommen werden kann. Hier spielt die passende Auswahl der Materialien bzw. Quellen durch die Lehrkraft eine wichtige Rolle, ebenso wie die Vorgabe oder Erarbeitung von Kriterien für die Präsentation der Ergebnisse. Konkrete Hinweise zur Umsetzung finden sich in Kapitel 1.6 sowie bei den vorgeschlagenen Unterrichtsgängen in Kapitel 2.2.

1.3.6 Bezüge

Um Synergien nutzen zu können, empfiehlt es sich, zumindest die Arbeitspläne und Unterrichtsverteilungen der naturwissenschaftlichen Fächer NaWi, Biologie, Chemie und Physik aufeinander abzustimmen. Welche Voraussetzungen genau in NaWi geschaffen wurden bzw. wie die optimale Anbindung an die späteren Themenfelder in Chemie und Biologie aussehen kann, ist u. a. wegen der Kontingentstundentafel und der darauf aufbauenden schulinternen Arbeitspläne sehr schulspezifisch.

Auch deswegen empfehlen sich Absprachen innerhalb der Fachkonferenz bzw. fachübergreifend. Je besser die Vernetzung zwischen den Fächern erfolgt, desto kontinuierlicher werden Kompetenzen entwickelt und desto besser gelingt ein kumulativer Aufbau der Basiskonzepte.

Es wird aufgezeigt, dass die Schülerinnen und Schüler sich bereits in Themenfeld 2 des NaWi-Unterrichts mit Fragen zu Mikro- und Makrokosmos beschäftigt haben. Der Aspekt von Forschung und Entwicklung findet sich ebenfalls im Fach Biologie im Zusammenhang mit der Entwicklung der Menschheit (TF 7) sowie im Fach Chemie bei der Auseinandersetzung mit industriellen chemischen Verfahren (TF 8). Je nach schulischer Unterrichtsverteilung bringen die Lernenden also aus Chemie- und Biologieunterricht bereits Vorkenntnisse mit. Für die Eingliederung innerhalb des Fachs Physik wird darauf hingewiesen, dass bei der Behandlung astronomischer Themen beispielsweise auf die Kenntnisse aus Themenfeld 2 zurückgegriffen werden kann oder dass Modellexperimente zur Darstellung von Beobachtungen nicht direkt zugänglicher Sachverhalte bereits in Themenfeld 5 genutzt wurden. Zu weiteren Bezügen innerhalb der Physik siehe auch Kapitel 1.4.

Neben den genannten sind hier auch Bezüge zu weiteren Fächern möglich. Schulinterne Abstimmung ist hier ebenfalls notwendig und hilfreich.

1.4 Anbindung an Basiskonzepte im siebten Themenfeld

Der Physik-Lehrplan zielt auf die Entwicklung von Basiskonzepten ab, mit deren Hilfe sich die Schülerinnen und Schüler ein Bild von der Physik machen können, die ihnen aber auch in den anderen Naturwissenschaften bei der Erklärung ihrer lebensweltlichen Fragen helfen können. In der unten stehenden Grafik ist erkennbar, dass die Basiskonzepte kontinuierlich weiter entwickelt werden und einzelne Themenfelder jeweils auf unterschiedliche Weise Beiträge zur Entwicklung dieser Basiskonzepte leisten.

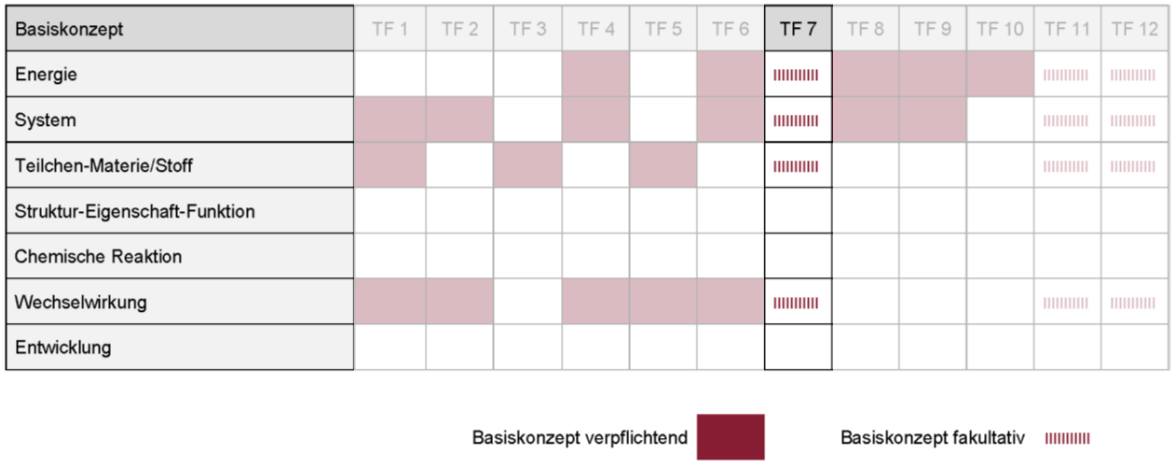


Abb. 2: Entwicklung von Basiskonzepten

Die Tabelle zeigt, dass im Physikunterricht der vorangegangenen sechs Themenfelder bereits vielfältige Beiträge zur Entwicklung der Basiskonzepte geleistet wurden. Dies ermöglicht der Lehrkraft, das zum Verständnis der in Themenfeld 7 thematisierten Sachverhalte nötige Fachwissen an diese Vorkenntnisse anzubinden. Durch geeignete Reduktion ist es dadurch möglich, auch auf den ersten Blick komplexe Sachverhalte für die Lernenden verstehbar aufzubereiten.

Didaktische Reduktion moderner Physik mit Hilfe der Basiskonzepte

Den Schülerinnen und Schülern ist die Energie im Unterricht von Anfang an als Erhaltungsgröße begegnet: „Energie kann weder erzeugt noch vernichtet werden, d. h. die Gesamtenergie bleibt konstant; Änderungen der Energie sind ein Hinweis auf eine Wechselwirkung." In Themenfeld 4 konnten sie zudem als weitere Erhaltungsgröße den Impuls kennenlernen. Die Arbeit an Themenfeld 5 und Themenfeld 6 brachte die elektrische Ladung in ihr Blickfeld. Das Basiskonzept Wechselwirkung wurde ebenfalls bereits ab Themenfeld 1 entwickelt und dabei auch Felder (elektromagnetisch bzw. gravitativ) bei der berührungslosen Wechselwirkung thematisiert. Durch Anbindung an diese Vorkenntnisse können grundlegende Ideen aktueller Forschung verstanden werden.

So kann z. B. das Grundprinzip der Elementarteilchenforschung darauf reduziert werden, dass man die Wechselwirkung zwischen mit hoher Energie zur Kollision gebrachten Elementarteilchen untersucht und dabei Messungen von Energie, Impuls und Ladung vornimmt. Aus diesen Messwerten können Rückschlüsse auf innere Strukturen gezogen werden. Stellt man dabei eine (scheinbare) Verletzung der Erhaltungssätze fest, so kann dies als Indiz für ein „neues", bisher noch nicht bekanntes oder nachgewiesenes „Teilchen" gedeutet werden.

Auch das Funktionsprinzip der dabei verwendeten Detektoren lässt sich mit Hilfe der Konzepte von Wechselwirkung und Energie verstehen: Die Teilchen werden dadurch detektiert, dass beim Durchfliegen des Detektors eine Wechselwirkung stattfindet, bei der Energie abgegeben und dadurch ein Signal erzeugt wird.

Auf ähnliche Weise können auch die Grundprinzipien der astronomischen Forschung durch geeignete Reduktion auf der Basis des konzeptuellen Verständnisses von Energie, Wechselwirkung, System und Teilchen-Materie/Stoff vermittelt werden.

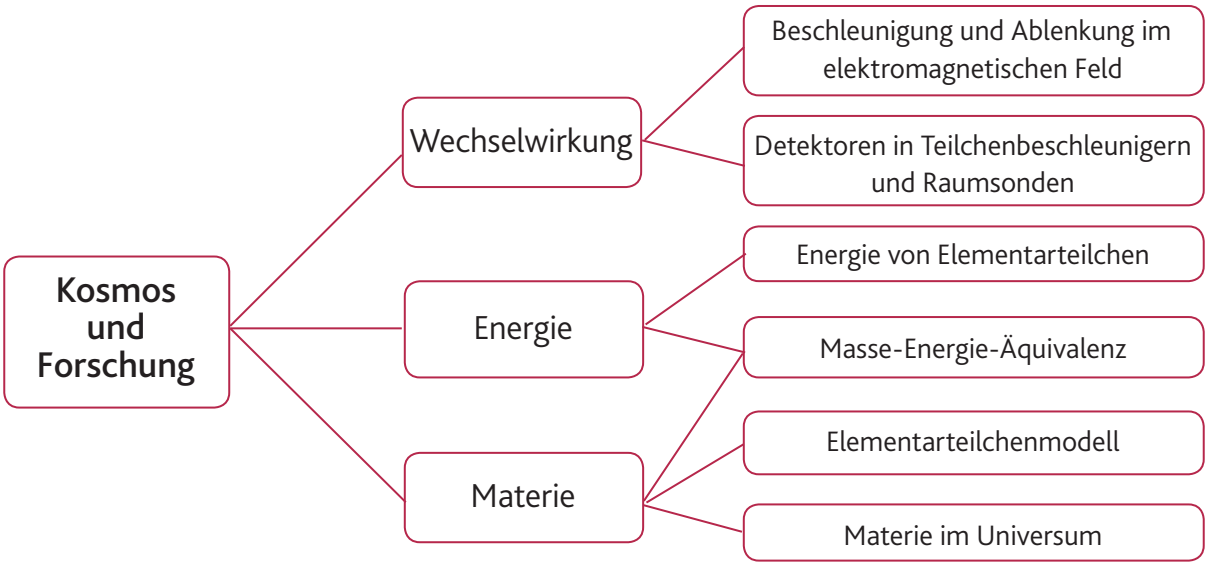


Abb. 3: Kosmos und Forschung – Basiskonzepte

1.5 Entwicklung von Kompetenzen im siebten Themenfeld

Der Physikunterricht in Themenfeld 7 kann auf angelegte Kompetenzen aus NaWi, vorangegangene Themenfelder in Physik, aber auch Biologie und Chemie zurückgreifen, da allen Plänen ein gemeinsames Kompetenzmodell zu Grunde liegt. Die folgende Übersicht zeigt die Schwerpunktkompetenzen in Themenfeld 7 aus den Bereichen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung im Gesamtbild mit den anderen Physik-Themenfeldern, in denen diese Kompetenzen angelegt wurden bzw. erneut benötigt und gefestigt werden. Diese Kompetenzen bilden sowohl eine Grundlage für die weitere Schul- oder Ausbildung als auch für das Berufsleben.

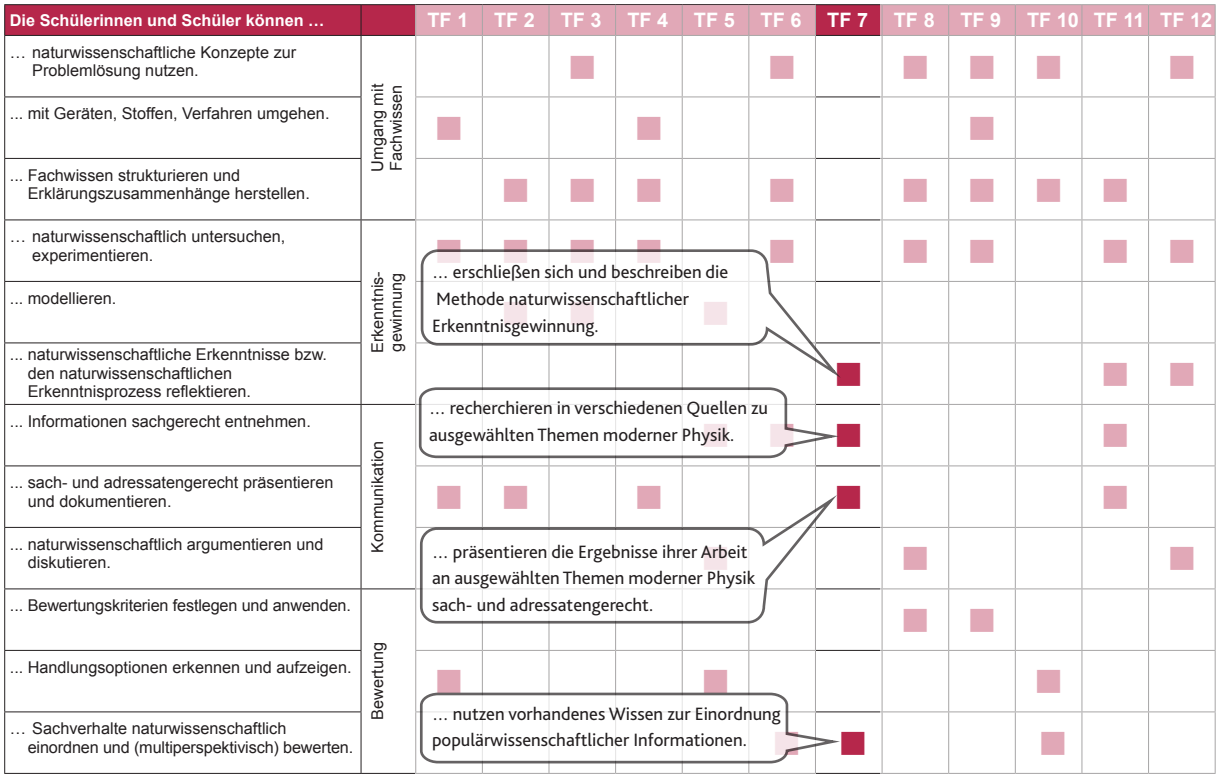


Abb. 4: Kompetenzentwicklung

Erläuterungen zu den einzelnen Kompetenzaspekten

- Die Schülerinnen und Schüler präsentieren die Ergebnisse ihrer Arbeit an ausgewählten Themen moderner Physik sach- und adressatengerecht.

Hauptaugenmerk in Themenfeld 7 liegt auf dem Kompetenzbereich Kommunikation, innerhalb dessen die Präsentationsfähigkeiten ausgebaut werden sollen. Zum einen werden bekannte Techniken, die bereits in vorangegangenen Themenfeldern zum Einsatz kamen, weiter ausgebaut. Zum anderen können und sollen neue Methoden erlernt und eingeübt werden. Gibt es an der eigenen Schule ein festgelegtes Methodencurriculum, kann die Art der letztlich gewählten Präsentationsform daraufhin abgestimmt werden. Eine Auswahl verschiedener Möglichkeiten, Arbeitsergebnisse zu präsentieren und diese zu bewerten, findet sich in Kapitel 1.6 dieser Handreichung sowie in den beschriebenen Unterrichtsgängen.

- Die Schülerinnen und Schüler recherchieren in verschiedenen Quellen zu ausgewählten Themen moderner Physik.

Auf der Weiterentwicklung der Recherchekompetenz liegt in Themenfeld 7 ebenfalls großes Gewicht. Über die Vorgaben bezüglich Art und Umfang der Recherche sowie durch die Wahl der Quellen werden die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler weiter ausgebaut. Thematische und methodische Rahmen müssen von der Lehrkraft derart gewählt werden, dass sich eine für die Lerngruppe angemessene Progression ergibt.

Die Vorgabe, einen Bereich aus der modernen Physik zu wählen, dient einerseits dazu, aktuelle Forschungsinhalte in der Mittelstufe einbringen zu können; andererseits ermöglicht sie, Forschungsmethoden und wissenschaftliche Erkenntnisgewinnung als eigene Themen in den Unterricht zu implementieren.

- Die Schülerinnen und Schüler erschließen sich und beschreiben die Methode naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung.

Wissenschaftliche Fragestellungen, die in Themenfeld 7 bearbeitet werden, bedürfen eines ausgewogenen Grades an Offenheit. Die Fragestellungen müssen konkret genug sein, so dass die Schülerinnen und Schüler angehalten sind, systematisch nach Antworten zu suchen. Hierfür muss entsprechende Hilfestellung durch die Lehrkraft gewährleistet sein. Die Themen sollten aber gleichermaßen auch Möglichkeiten für Schülerinnen und Schüler bieten, eigene Entdeckungen zu machen.

Eine Metareflexion der eigenen Erkenntnisgewinnung kann nicht von allen Schülerinnen und Schülern gefordert werden. Ergibt sich die Gelegenheit etwa nach den Präsentationen der Schülerinnen und Schüler, kann und soll aber der Prozess der Erkenntnisgewinnung diskutiert werden.

Es bietet sich auch an, die Methode der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung mit Beobachtung, Hypothesenbildung, Experiment und abschließender Gesetz- oder Modellbildung zu thematisieren. Dies ergibt sich letztlich aus den Rechercheaufträgen und kann losgelöst nicht sinnvoll behandelt werden.

- Die Schülerinnen und Schüler nutzen vorhandenes Wissen zur Einordnung populärwissenschaftlicher Informationen.

Abhängig davon, wie das Themenfeld ausgestaltet wird, lässt sich diese Kompetenz unterschiedlich verstehen: Im Zusammenhang mit Online-Recherchen ist beispielsweise die Einordnung der Quelle als vertrauenswürdig oder eher fragwürdig gemeint, ggf. auch die Intention der Verfasser der Inhalte solcher Seiten – Information oder Manipulation. Ebenso können Unterschiede von Online-Quellen an sich thematisiert werden. Während Seiten von Bildungs- oder Forschungseinrichtungen als relevante Quellen anzusehen sind, kann das von Einträgen in (Laien-)Foren nicht behauptet werden. Es lohnt, diese Unterschiede im Unterricht herauszustellen.

Die gewählten Themen lassen ggf. auch fachliche Einordnungen und Beurteilungen zu. Behandelt man ein Thema, das inhaltliche Verknüpfungen zu vorangegangenen Themenfeldern ermöglicht, so können gefundene Informationen auch nach fachlicher Richtigkeit beurteilt werden.

- Ob es möglich ist, außerirdisches Leben zu erlauschen[2], kann mit dem Wissen aus Themenfeld 1 beantwortet werden.
- Die Entstehung von Tag und Nacht, ein mögliches Thema, das sich im Rahmenlehrplan Naturwissenschaften wiederfindet (siehe auch Abschnitt 1.2), führt zurück zur Ausbreitung von Licht in Themenfeld 2.
- Beobachtungen, die am Pluto-Mond Charon gemacht wurden[3], bieten die Gelegenheit auf thermische Ausdehnung von Körpern aus Themenfeld 3 zurückzugreifen.
- Macht man die Rosetta-Mission zum Thema (siehe Unterrichtsgang 1 in dieser Handreichung), gelangt man über die Kometenbewegung zum Basiskonzept Wechselwirkung und damit zu Themenfeld 4.
- Fast alle Themen der Teilchenphysik bedürfen Vorwissens über elektrische Ladung aus Themenfeld 5.

2 http://www.grenzwissenschaft-aktuell.de/ausserirdisches-leben-erlauschen20151006/

3 http://www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/pluto-mond-charon-auf-neuen-fotos-von-sonde-new-horizons-a-1055900.html

1.6 Methodische Anmerkungen

Das folgende Kapitel soll Anregungen geben, Themenfeld 7 möglichst offen und für die Schülerinnen und Schüler gewinnbringend zu gestalten. Die vorgestellten Methoden sind ausdrücklich nicht verbindlich, ebenso wenig erheben die Beschreibungen Anspruch auf Vollständigkeit.

1.6.1 Präsentationsformen

Die selbständige Präsentation von Ergebnissen, insbesondere von Gruppenarbeitsphasen, die sich über mehrere Stunden erstrecken, stellt hohe Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler. Damit diese gelingen kann, ist es notwendig, die geforderte Präsentationsform an die Fähigkeiten der Lernenden, die schulischen Rahmenbedingungen und nicht zuletzt das Thema anzupassen. Aus der Wahl der Quellen für die Recherche der Schülerinnen und Schüler ergeben sich ebenso ggf. günstige Formen der Präsentation. Dazu an späterer Stelle mehr.

Durch Abstimmungen mit etwaigen Methodencurricula der Schulen und Absprachen mit anderen Fachschaften kann Themenfeld 7 für Schülerinnen und Schüler noch gewinnbringender gestaltet werden. Unterschiedliche Darstellungsformen von Arbeitsergebnissen schulen die Kommunikationskompetenzen der Schülerinnen und Schüler in unterschiedlichen Ausmaßen. Bei Power-Point-Präsentationen oder plakatgestützten Vorträgen, Gruppenpuzzles oder Expertenrunden, Science Slams, Podiumsdiskussionen sowie Wissenschaftsmärkten steht die mündliche Darstellung von Inhalten im Vordergrund. Plakate, die für Galeriegänge und Ausstellungen erstellt werden sowie das Verfassen wissenschaftlicher Papers legen den Schwerpunkt auf die Verschriftlichung. Multimediale Präsentationen in Form von Podcasts, Videos oder gar ganzen Internetseiten stellen in gewisser Weise eine Zwischenform dar: Alle gesprochenen Beiträge hierzu bedürfen zwar wie bei Vorträgen guter mündlicher Darstellung, können aber im Gegensatz dazu mehrfach aufgezeichnet, ausgewählt und überarbeitet zusammengestellt werden.

1.6.2 Anleitung und Moderation von (Gruppen-)Arbeitsphasen und Recherche

Zielgerichtetes Recherchieren stellt Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I vor große Herausforderungen. Es bietet sich daher an, zunächst die Recherche an sich im Unterricht zu thematisieren und zu diskutieren. Was bedeutet es, zum Beispiel im Internet oder in einer (Schul-)Bibliothek zu recherchieren? Worauf sollte geachtet werden und wie kann die Recherche gelingen? Was sind die Voraussetzungen, was mögliche Probleme?

Eine Möglichkeit diese Vorabentlastung möglichst kurzweilig und anschaulich zu gestalten, ist in HR_Ph_TF7_UG1_S1_Recherche_AB vorgestellt. Wünschenswert ist auch, bereits an diesem Punkt die individuellen Vorerfahrungen der Schülerinnen und Schüler einfließen zu lassen und deren Tipps und Tricks für eine gelungene Recherche mit aufzunehmen. Die vorgegebenen Begriffe sollen zu diesem Zweck ausdrücklich von Schülerinnen und Schülern ergänzt und erweitert werden.

Die Vorerfahrungen, über die Schülerinnen und Schüler bereits verfügen, kann man ebenfalls geschickt nutzen, um die wichtigsten Leitfäden für die Recherche, die (Gruppen-)Arbeitsphase und die abschließende Präsentation aufzustellen. Eine methodische Variante ist es, einige wenige Regeln zu formulieren, die man befolgen sollte, um zu einem möglichst **schlechten** Ergebnis zu kommen. Dies dient nicht etwa der Demotivation oder Negativorientierung, sondern hilft, den Fokus auf die zentralen Elemente gelungener Projektarbeit zu lenken, wirkt motivierend, vereinfachend und anschaulich.

Die vorangegangenen Punkte bilden bereits die ersten Elemente eines notwendigen Rahmens jeder Projektarbeit. Doch bevor die Arbeitsphase letztlich beginnen kann, sind noch weitere Abstimmungen zwischen Lehrkraft und Lerngruppe notwendig. Der Ablauf der gesamten Phase und der zeitliche Rahmen müssen vor Beginn geklärt werden, ebenso die Quellen, die geforderten Präsentationsformen, eingesetzte Medien zur Veranschaulichung usw. Wie offen die Aufgabenstellung und andere Vorgaben gewählt werden, liegt im Ermessen der Lehrkraft.

Ein weiterer Punkt, der frühzeitig geklärt werden sollte, ist die Frage nach der Art der Bewertung. Es empfiehlt sich, sowohl das Endresultat als auch den Erarbeitungsprozess in die Bewertung mit aufzunehmen. Genaueres hierzu findet sich im nachfolgenden Kapitel 1.6.3. Allerdings sollte es ebenso Freiräume geben, innerhalb derer Schülerinnen und Schüler Rückfragen stellen können, ohne sich dabei bewertet zu sehen. Das Abfragen von Arbeitsständen und die Unterstützung von (Gruppen-)Arbeitsphasen müssen ersichtlich voneinander getrennt sein.

Allgemeine Aspekte der Endergebnisse, die unabhängig vom bearbeiteten Thema bewertet werden, können in einer Checkliste oder einem Stylesheet zusammengefasst und an die Arbeitsgruppen ausgegeben werden. Ein Beispiel einer solchen Checkliste für die Gestaltung von Plakaten (HR_Ph_TF7_Info_Checkliste_Plakat_Praesentation) findet sich in den Onlinematerialien zu dieser Handreichung.

Es hilft ebenso, Kontrollstopps für die gesamte Lerngruppe einzulegen und allen Arbeitsgruppen die Möglichkeit des gegenseitigen Austauschs und für Rückfragen an die Lehrkraft zu geben. So können zum einen Arbeitsphasen aufgelockert werden und häufig auftretende Fragen und Schwierigkeiten im Plenum besprochen und gemeinsam gelöst werden. Zum anderen haben die Schülerinnen und Schüler so die Möglichkeit, ihren eigenen Arbeitsstand im Vergleich zu anderen Gruppen besser einzuschätzen. Diese Zwischengespräche vor der letztlichen Präsentationsphase helfen auch, die Bewertung der Projektarbeit für die Schülerinnen und Schüler vergleichbarer zu machen.

Für manche Lerngruppen kann es angebracht sein, die beschriebenen Kontrollstopps als Plenumsphasen zu Beginn und/oder am Ende jeder Stunde als eine Art Ritual einzusetzen. Leitfragen und Rahmenvereinbarungen können so immer wieder ins Gedächtnis gerufen werden.

1.6.3 Bewertung von (Gruppen-)Arbeitsergebnissen

Die Bewertung von (Gruppen-)Arbeitsergebnissen nach mehrstündigen Arbeitsphasen beinhaltet mehrere Aspekte, die hier in Erinnerung gerufen werden sollen.

Sämtliche Bewertungskriterien sollten grundsätzlich im Vorhinein offengelegt werden. Es empfiehlt sich, ein einheitliches Bewertungsraster zu verwenden, um die Bewertung für die Schülerinnen und Schüler transparent und für Lehrkräfte effizient zu gestalten. Für die Präsentationsform Referat findet sich in den Onlinematerialien zu dieser Handreichung ein exemplarischer Bewertungsbogen (HR_Ph_TF7_Info_Bewertungsbogen_Referate). Der Einfachheit halber wird hier auf das Punktesystem der MSS zurückgegriffen und eine Maximalpunktzahl von 15 zugrunde gelegt. Andere Punkteverteilungen sind natürlich nicht ausgeschlossen und bieten die Möglichkeit, einzelne Aspekte der Präsentation stärker zu gewichten.

Für andere Präsentationsformen können entsprechende Bewertungskriterien festgelegt werden, etwa Layout, Schrift, Textmenge etc. Es ist aber darauf zu achten nicht so viele verschiedene Kriterien zu bewerten, dass das Fachliche, physikalischer Inhalt und widerspruchsfreie Darstellung desselben, in den Hintergrund tritt.

Es bietet sich hier die Möglichkeit, gewählte Präsentationsformen als solche zu thematisieren. Auf diese Art und Weise wird die Kommunikation von Inhalten mehr in den Mittelpunkt gerückt. Ob und in welchem Umfang für die Besprechung der Methode Zeit eingeräumt wird, liegt wieder im Ermessen der Lehrkraft.

Die Bewertung des Endergebnisses von (insbesondere Gruppen-)Arbeitsphasen alleine lässt einen wichtigen Aspekt der erbrachten Leistungen aber außer Acht: den Arbeitsprozess und – bei Gruppen – die Arbeitsteilung. Diese mit bewerten zu wollen, stellt die Lehrkraft vor gleich mehrere Schwierigkeiten. Alleine die Arbeit aller Arbeitsgruppen während der Physikstunden gleichermaßen zu beobachten und einzuschätzen ist bereits schwierig. Außerunterrichtliches Arbeiten an den Themen, Recherche zu Hause oder Austausch von Gruppenmitgliedern untereinander – wenn auch allesamt sehr wünschenswert – entziehen sich der Beobachtung vollständig.

Eine Alternative besteht darin, die Bewertung der individuellen Leistungen in die Hand der Arbeitsgruppe zu geben. Dabei ist zum Beispiel eine Möglichkeit denkbar, die auch in der Erstellung der Onlinematerialien zu dieser Handreichung Anwendung fand: Die Arbeitsgruppen erhalten ein Punktekontingent, das sie selbst auf alle Mitglieder der Gruppe aufteilen dürfen. Auf diese Art üben sich die Schülerinnen und Schüler in Selbstreflexion und Teamfähigkeit und übernehmen Verantwortung für sich und Mitschülerinnen und Mitschüler. Die Verteilung dieser Teilpunkte kann dann zu einer separaten Notenbildung führen oder – wie im gezeigten Beispiel – in die Endnote mit einfließen.

Eine solche Selbstbewertung ist auch für Einzelarbeiten denkbar, setzt allerdings voraus, dass die Schülerinnen und Schüler verantwortungsvoll und zuverlässig reflektieren. Hier kann stärker der eigene Umgang mit Quellen in den Vordergrund gerückt werden: Besteht die eigene Arbeit aus Zusammenfassungen fremder Texte? Haben andere Personen geholfen und unterstützt? Wieviel Zeit wurde anteilig im Unterricht und zu Hause für die Bearbeitung der Fragestellung aufgebracht? Beim Beantworten dieser Fragen geht es nicht nur darum, den eigenen Anteil als möglichst groß darzustellen, sondern auch darum, die eigene Arbeitsweise und die Erkenntnisgewinnung zu reflektieren. Eigene Gedanken und Ergebnisse – etwa aus Experimenten – müssen dabei klar von fremden Inhalten abgegrenzt werden. Dies stellt einen wichtigen Aspekt von wissenschaftlichen Arbeiten und – sei es „nur" im schulischen Kontext – von Veröffentlichungen dar.

Im Rahmen der Selbstbewertung und Selbsteinschätzung sollte auch Raum für persönliche Rückmeldungen gegeben werden, ganz ohne weitere Vorgaben der Lehrkraft. Allerdings sollten diese idealerweise schriftlich erfolgen, denn das erhöht die Verbindlichkeit der Äußerungen.

2 UNTERRICHTSBEISPIELE

An möglichen Unterrichtsgängen (UG) wird gezeigt, wie das siebte Themenfeld kompetenz- und konzeptorientiert im Rahmen sinnstiftender Kontexte umgesetzt werden kann.

2.1 Vorüberlegungen

Für die im Folgenden skizzierten Unterrichtsgänge gilt ein Zeitansatz von 10-12 Unterrichtsstunden. Zeitliche Variablen bei der Durchführung sind neben der gegebenen Zeit für Recherche und Präsentation besonders auch Umfang und Art der zugehörigen Aufgabenstellung und methodischen Flankierung durch die Lehrkraft. Methodische Hinweise und Hilfen dazu finden sich in Kapitel 1.6 dieser Handreichung. Die genannten Variablen sind als Differenzierungsmöglichkeiten zu sehen, deren Beachtung aber auch der inhaltlichen und zeitlichen Fokussierung bei Recherche und Präsentation dient.

Die Lehrpläne für die naturwissenschaftlichen Fächer weisen das kontextbezogene Unterrichten verbindlich aus. Welcher Kontext für den eigenen Unterricht gewählt wird, ist freigestellt. Die Mindmap der Themenfeld-Doppelseite bietet hierzu eine Vielzahl von Anregungen.

Die vorgestellten Unterrichtgänge bilden Alternativen, die für den eigenen Unterricht übernommen und angepasst werden können:

Kosmos und Forschung: Physik als sich weiter entwickelnde Wissenschaft

Unterrichtsgang 1:
Fragen ans Universum

Sequenz 1: Mission Rosetta – Erforschung von Kometen

Sequenz 2: Wie arbeiten Forscherinnen und Forscher?

Sequenz 3: Fragen ans Universum – wir recherchieren Forschungsfragen

Sequenz 4: Science Slam – Vorstellen der Ergebnisse

Unterrichtsgang 2:
Teilchenkongress

Sequenz 1: Die Urknallmaschine – LHC

Sequenz 2: Das Fadenstrahlrohr als Minibeschleuniger

Sequenz 3: Arbeit in Forschergruppen

Sequenz 4: Teilchenkongress – Vorstellen der Ergebnisse

In beiden Unterrichtsgängen steht die Recherche an frei verfügbaren Materialien zur aktuellen Physik im Zentrum, in beiden wird daraus ein Lernprodukt erstellt, z. B. in Form einer Präsentation.

Da es mittlerweile viele auf physikalische Laien, aber auch auf Schülerinnen und Schüler ausgerichtete Quellen gibt, können die betrachteten Inhalte zumindest in Unterrichtsgang 1 für einen aktuellen Bezug oder je nach vorhandenem Material ausgetauscht werden. Dabei bleibt die Grundstruktur des Unterrichtsgangs erhalten. So gibt es z. B. speziell an Schülerinnen und Schüler gerichtete Angebote der ESA[4] , des CERN[5] und des DLR[6] . Eine weiter gehende Link- und Literaturliste findet sich im Anhang bzw. bei den Onlinematerialien (HR_Ph_TF7_UG1_S3_Buecherliste). Es ist im Vorfeld nur darauf zu achten, dass die vorgegebenen Quellen und Fragestellungen verständlich für die Lerngruppe und leistbar im Umfang sind. Allerdings besteht gerade hierdurch auch eine Möglichkeit der Differenzierung. In beiden Unterrichtsgängen finden eine exemplarische Einführung und eine Betrachtung der wissenschaftlichen Vorgehensweise statt. Dadurch wird verdeutlicht, dass die im Unterricht immer wieder angewandte Methodik bei hypothesengeleiteten Experimenten grundsätzlich der Methodik der aktuellen Wissenschaft entspricht. Abschließend werden die im Verlauf des Unterrichts erstellten Lernprodukte (Präsentationen, Plakate, Paper …) präsentiert. Methodische Hilfestellungen hierzu finden sich in Kapitel 1.6 dieser Handreichung.

Durchführung der Recherchen bei fehlender Internetverbindung

Die hier vorgestellten Unterrichtsgänge beziehen sich bei den Recherchen stark auf das Internet. Der Grund dafür ist die einfache Verfügbarkeit geeigneter Materialien zu aktuellen Forschungsfragen, wie es in Büchern meist nicht der Fall ist. Zudem sind die Texte auf Webseiten im Allgemeinen auch von geeigneter Länge und Struktur. Bücher können und sollten bei Verfügbarkeit ebenso eingesetzt werden. Eine Variante des Unterrichtsgangs 1 bezieht sich auf Inhalte, die sowohl als Videos im Netz als auch in Buchform verfügbar sind.

Falls es aus organisatorischen Gründen nicht möglich ist, die Schülerinnen und Schüler selbst am Rechner oder Tablet arbeiten zu lassen, kann man die in den Unterrichtsgängen genannten Texte im Vorfeld der Unterrichtsreihe ausdrucken und austeilen. Da die Materialien jeweils nur von einzelnen Gruppen verwendet werden, diese sich über mehrere Stunden damit beschäftigen und die Texte auf Webseiten meist nicht zu lang sind, hält sich dabei der Kopieraufwand in Grenzen. Lediglich die Verwendung von Videos oder interaktivem Material ist dadurch eingeschränkt, diese können an einer Rechnerstation im Raum als Zusatzangebot zugänglich gemacht werden. Auch die möglichen Lernprodukte können bei fehlendem Rechnerzugang angepasst werden, insbesondere bieten sich Plakate an oder Vorträge, die durch wenige Abbildungen (die zu Hause zusammengestellt werden dürfen) unterstützt werden. Computergestützte Präsentationen sind eher ungeeignet, wenn sie nicht im Unterricht und von der gesamten Gruppe gemeinsam erstellt werden können.

4 http://www.esa.int/esaKIDSde/index.html

5 http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/

6 http://www.dlr.de/next/

Hinweis: Die Druckfunktion im Browser führt meist nicht zu sinnvollen Druckergebnissen, besser ist die Verwendung der häufig zu findenden „Drucken"-Links der jeweiligen Seite oder das Kopieren des gewünschten Inhalts in ein Textverarbeitungsprogramm, aus dem dann der Ausdruck erfolgt.

Eine weitere Alternative für die Durchführung des Themenfeldes bei fehlender Recherchemöglichkeit an der Schule besteht darin, die Schülerinnen und Schüler nach der einführenden Phase zur langfristigen und selbstständigen Recherche zu Hause aufzufordern. Im Unterricht kann nun das nächste Themenfeld bearbeitet werden, die Präsentation der Ergebnisse findet dann im Anschluss statt. Um dabei tatsächlich eine thematische Auseinandersetzung und Eigenproduktion einzufordern sollte dann aber von PowerPoint-Vorträgen abgesehen werden, da diese zu leicht aus Versatzstücken zusammenkopiert und dann vorgelesen werden können. Der Fokus sollte stattdessen auf selbstständigem Vortrag mit der Möglichkeit zu Nachfragen liegen, Folien oder Plakate haben dabei nur illustrierenden Charakter.

Diese Möglichkeit der Durchführung von Themenfeld 7 bietet sich auch bei einer aus verschiedenen Gründen entstandenen Zeitknappheit an, da die Recherchephasen im laufenden Unterricht entfallen.

In jedem Fall ist die Vorgabe von Quellen im Sinn einer fachlich zielgerichteten Arbeit sinnvoll und erfahrungsgemäß produktiver als eine freie Recherche. In vielen Schulbibliotheken befinden sich zahlreiche geeignete Bücher, eine Sichtung und Auflistung für die Fachschaft ist lohnend, Anschaffungswünsche durch die Physik werden meist gerne entgegengenommen, da diese üblicherweise seltener sind als von vielen anderen Fächern. Eine (unvollständige) Sammlung von Beiträgen in Büchern findet sich in HR_Ph_TF7_UG1_S3_Buecherliste.

2.2 Vorschläge für Unterrichtsgänge

2.2.1 Unterrichtsgang 1: Fragen ans Universum

In Unterrichtsgang 1 „Fragen ans Universum“ wird zunächst am Beispiel der Kometensonde Rosetta ein aktueller Forschungsgegenstand in den Blick genommen. Im Anschluss wird das Augenmerk auf die Frage gelenkt, wie Forscher arbeiten und der Prozess der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung einschließlich des Verfassens einer Veröffentlichung betrachtet. Im Anschluss daran recherchieren die Schülerinnen und Schüler zu einer aktuellen Fragestellung der Weltraumforschung oder Kosmologie und verfassen Präsentationen und Papers, die dann gegenseitig vorgestellt werden.

Der Zeitansatz ist mit 9-10 Unterrichtsstunden im Vergleich zu anderen Themenfeldern kürzer.

TF 7	Sequenz	Schwerpunkt	Tätigkeiten/Lernprodukte
	S1: Mission Rosetta – Erforschung von Kometen	Einstieg durch Video zur Mission Rosetta, Erarbeitung in kurzer Recherche mit Vorträgen (2 Unterrichtsstunden)	💻 Film „Mission ins Ungewisse“ 💻 Arbeitsteilige Recherche in Expertengruppen zu vorgegebenen Fragen an gegebener Quelle 💻 Vorstellung der Ergebnisse als Kurzvorträge im Gruppenpuzzle 💻 Konstruktive Rückmeldung zu Vorträgen und Reflexion der Recherche 💻 Recherche: Sammeln verschiedener Quellen und Tipps zum Vorgehen
	S2: Wie arbeiten Forscherteams?	Wissenschaftliche Methode (1 Unterrichtsstunde)	🗝 Forschung als Erkenntnisgewinnung: Erstellen eines Schaubildes und Diskussion der Begriffe
	S3: Fragen ans Universum – wir recherchieren Forschungsfragen	Anwenden des zuvor Besprochenen zu Recherche und Präsentation in erweiterter Phase an verschiedenen Themen, z. B. auf der Seite DLR_next oder aus „Universum für alle“ (4 Unterrichtsstunden)	🗺 Auswahl eines Themas zu aktuellen Forschungsfragen zur eigenen Recherche in Kleingruppen 🗺 Recherche ausgehend von gegebenen Quellen 🗺 Erstellen eines Papers bzw. einer Präsentation
	S4: Science Slam – Vorstellen der Ergebnisse	Präsentation und Diskussion (2 Unterrichtsstunden)	🗣 Präsentationen zu den recherchierten Forschungsthemen 🗣 Bewertung der Präsentationen und der Papers 🗣 Diskussion von Unterschieden je nach Adressat der Präsentation/des Papers

Erläuterungen zur Durchführung der Sequenz 1 „Mission Rosetta-Erforschung von Kometen"

Die Sequenz dient zum Einstieg in das Themenfeld am Beispiel eines aktuellen Forschungsgegenstands. Die hier beispielhaft aufgeführte Mission Rosetta zur Erforschung des Kometen Tschurjumow-Gerassimenko war 2015 in den Medien aktuell, zudem gibt es dazu viel Material des DLR (Deutsches Forschungszentrum für Luft- und Raumfahrt). Andere jeweils aktuelle Themen können dieses sinnvoll ersetzen.
Der kurze Film zum Einstieg eröffnet die Möglichkeit zur Diskussion, an der das Schülerinteresse (was bei solchen Themen meist sehr groß ist) und das Vorwissen (das meist innerhalb der Klasse sehr unterschiedlich ist) erkennbar werden.

Die Phase der Recherche an vorgegebenen Fragen ermöglicht neben der genaueren Betrachtung des Vorgehens der Forscherinnen und Forscher eine erste Phase der Recherche und Präsentation, die im Anschluss reflektiert werden kann. Daraus ergibt sich eine Möglichkeit, das Vorgehen bei Recherche und Präsentation zu diskutieren und zu verbessern, was in der dritten Sequenz als Sicherung angewendet wird. Es handelt sich hier um einen spiraligen Aufbau zum Kompetenzaufbau, wie es im Lehrplan intendiert ist.

Der Ablauf dieser Sequenz im Einzelnen:

1. Film „Mission ins Ungewisse" (9 Minuten) über die Mission Rosetta, https://www.youtube.com/watch?v=MgFyU2Ctzis

   - Film ansehen und im Unterrichtsgespräch Fragen und Begriffe sammeln, um das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler zu aktivieren.
   - Über den weiteren Verlauf der Mission kann im Unterrichtsgespräch informiert werden.

2. Arbeitsteilige Recherche in Expertengruppen zu vorgegebenen Fragen an gegebener Quelle http://www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10394/ und den davon ausgehenden verlinkten Unterseiten.

Differenzierend kann z. B. auf das Angebot DLR_next zurückgegriffen werden, dessen Angebot sich speziell an Kinder und Jugendliche richtet und dessen Texte meist vereinfachter sind (http://www.dlr.de/next/desktopdefault.aspx/tabid-9473/). Ein Vergleich beider Seiten zum gleichen Thema im Rahmen der Unterrichtsreihe mit den Leitfragen „An wen richtet sich die Seite und wie macht sich das an den Inhalten bemerkbar?" stärkt die Kompetenz der adressatengerechten Kommunikation.

Die Recherche folgt kurzen Leitfragen zu den fünf Themen:
- Mission und Flugdaten
- Kometen
- Instrumente
- Landung und erste Ergebnisse
- Aktuelle Erkenntnisse

Die Aufgaben befinden sich in den Materialien unter HR_Ph_TF7_UG1_S1_Rosetta_und_Philae_ABs.

Die Recherche und der anschließende Austausch im Gruppenpuzzle können in einer Stunde geschehen, wenn zu Beginn auf den Zeitrahmen und den Fokus „gezielte Informationssuche“ hingewiesen wird. Eine deutliche Taktung durch die Lehrkraft ist dann wichtig.

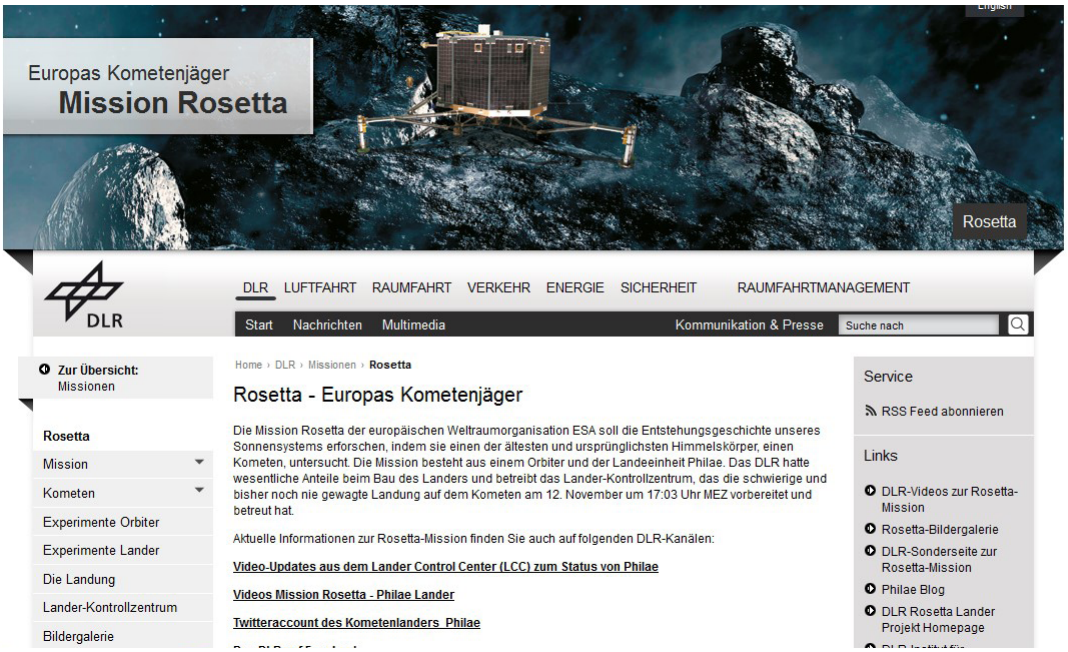


Abb. 5: Screenshot der Hauptseite der Recherchen auf DLR

Abb. 6: Screenshot der Hauptseite der Recherchen auf DLR_next

3. Vorstellung der Ergebnisse als Kurzvorträge im Gruppenpuzzle
   - Ein Gruppenpuzzle eignet sich zur gegenseitigen Information gut. Dabei recherchiert erst jede/jeder allein, tauscht sich dann mit den Mitgliedern der eigenen Expertengruppe (gleiches Thema) aus und verbessert sein Ergebnis. Schließlich werden gemischte Gruppen gebildet, in denen die Experten die anderen über ihr Thema informieren. Informationen zur Methode Gruppenpuzzle und zur Durchführung finden sich z. B. unter HR_Ph_TF7_UG1_S1_Gruppenpuzzle.
   - Zentrale Vorträge zur Sicherung haben den Nachteil, dass dann nicht alle durch einen Vortrag gefordert sind.
   - Plakate zur Sicherung sind nur sinnvoll, wenn die in der dritten Sequenz erarbeiteten Ergebnisse ebenfalls auf diese Art präsentiert werden sollen.

4. Konstruktive Rückmeldung zu Vorträgen und Reflexion der Recherche
   - Eine gemeinsame Besprechung der Recherche- und Vortragsphase dient der Verbesserung der von den Schülerinnen und Schülern verwendeten Methoden. Diese hängen stark von individuellen Fähigkeiten und von den in der Schule installierten Methodencurricula ab und sollten sich an den Vorgaben eines Methodentrainings der Schule orientieren. Daher sollten die in dieser Handreichung gegebenen Hinweise (siehe auch Kapitel 1.6) entsprechend angepasst werden.
   - Eine Möglichkeit der Durchführung besteht darin, durch die Fragen „Wie bist du vorgegangen?“ und „Wie könnte man das Vorgehen noch verbessern?“ verschiedene Methoden zu vergleichen.

5. Recherche: Sammeln verschiedener Quellen und Tipps zum Vorgehen

Hier eignet sich als Einstieg und Methode das beschriebene Vorgehen auf HR_Ph_TF7_UG1_S1_Recherche_AB, um Hinweise zum Recherchieren zu erarbeiten.

Je nach Zeitrahmen besteht die Möglichkeit, zum Abschluss der Betrachtungen zu Rosetta noch den Film „MISSION INS UNGEWISSE II – Der Kometenlander Philae“ (10 min.) (https://www.youtube.com/watch?v=jGPZtsan1lw) anzusehen.

Erläuterungen zur Durchführung der Sequenz 2 „Wie arbeiten Forscherinnen und Forscher?"

Die wahrscheinlich einfachste und deutlichste Zusammenfassung der wissenschaftlichen Methode findet sich bei Richard Feynman, der in einer seiner Vorlesungen zusammenfasste:

„Grundsätzlich suchen wir nach neuen Gesetzmäßigkeiten wie folgt: Zuerst raten wir [Zuhörer lachen]. Nein, lachen Sie nicht, das ist wirklich wahr. Dann berechnen wir die Konsequenzen des Geratenen. Wir untersuchen, was sich ergeben müsste, falls die Gesetzmäßigkeiten, die wir raten, zutreffend sind. Dann vergleichen wir unsere theoretischen Ergebnisse mit der Natur, mit Experimenten oder Erfahrungswerten. Wir vergleichen sie direkt mit unseren Beobachtungen, um zu sehen, ob die neuen Gesetzmäßigkeiten funktionieren.
Widersprechen sich die theoretische Berechnung und die Ergebnisse des Experiments, ist die Gesetzmäßigkeit falsch. In dieser einfachen Aussage liegt der Kern der Naturwissenschaft. Es ist egal, wie schön das, was man geraten hat, auf dem Papier aussieht. Es ist egal, wie schlau derjenige ist, der rät, oder wie sein Name ist […] Widersprechen sich Vorhersage und Experiment, dann ist die Theorie falsch. Daran kann nicht gerüttelt werden."[7]

Die Frage „Was ist eigentlich Forschung?" kann mit Hilfe vorgegebener Begriffe bearbeitet werden. Dabei können einzelne Begriffe unsortiert nacheinander an die Tafel geheftet und einzeln erläutert werden. Anschließend besteht der Arbeitsauftrag darin, die Begriffe in eine sinnvolle Reihenfolge zu bringen. Die dabei visualisierte wissenschaftliche Methode kann nun zur Sicherung auf verschiedene Beispiele übertragen werden, z. B. auf das Vorgehen bei der Rosetta-Mission oder dem/der Lehrenden bekannte Experimente. Auch die Parallelen (und Einschränkungen) zu den im Unterricht gemachten Experimenten werden thematisiert, evtl. hat auch eine oder einer der Schülerinnen oder Schüler an „Jugend forscht" teilgenommen.

<table>
<tr><th colspan="4">Forschung</th></tr>
<tr><td colspan="4">zufällige Entdeckung/systematische Suche</td></tr>
<tr><td colspan="2">Experiment</td><td colspan="2">Theorie</td></tr>
<tr><td colspan="4">Hypothese</td></tr>
<tr><td colspan="2">Entwicklung einer neuen Theorie</td><td colspan="2">Experimentelle Überprüfung</td></tr>
<tr><td>richtig</td><td>falsch</td><td>richtig</td><td>falsch</td></tr>
<tr><td colspan="4">Dokumentation</td></tr>
<tr><td colspan="4">Veröffentlichung</td></tr>
<tr><td colspan="4">Diskussion und Überprüfung durch Andere</td></tr>
</table>

Abb. 7: Begriffe zur wissenschaftlichen Methode

Die Begriffe finden sich zum Ausdrucken oder als Vorlage in den Onlinematerialien unter HR_Ph_TF7_UG1_S2_Schaubild_Forschung.

Im Anschluss können vorbereitend zur nächsten Sequenz Möglichkeiten der Veröffentlichung gesammelt werden (Vortrag vor Anderen, Artikel, wissenschaftliches Paper in Büchern, Zeitschriften oder auf Webseiten …). Da in der nächsten Sequenz die Ergebnisse als Vortrag oder als Paper gesichert werden sollen, ist ein gesonderter Blick auf die Eigenschaften einer wissenschaftlichen Arbeit („Paper") sinnvoll (HR_Ph_TF7_UG1_S2_Paper).

7 Übersetzung der Redaktion; Video und Transkription des Originalwortlauts unter http://www.presentationzen.com/presentationzen/2014/04/richard-feynman-on-the-scientific-method-in-1-minute.html

Erläuterungen zur Durchführung der Sequenz 3 „Fragen ans Universum – wir recherchieren Forschungsfragen"

Hier werden die in Sequenz 1 thematisierten Fähigkeiten zu Recherche und Präsentation angewendet. Dazu ordnen sich die Schülerinnen und Schüler einer Forschungsfrage zu.

Es werden hier zwei Alternativen vorgeschlagen, die sich durch die Wahl der zu Grunde liegenden Quellen ergeben:

1. Beschäftigung mit aktuellen Forschungsfragen, die ebenso wie bei der Rosetta-Mission schwerpunktmäßig über die Seite DLR_next (http://www.dlr.de/next/) bearbeitet werden können. Die Arbeitsaufträge mit Linklisten und Leitfragen findet sich unter HR_Ph_TF7_UG1_S3_DLR. Die angegebene Sternchenanzahl gibt einen Hinweis auf die Schwierigkeit, die genannten Arbeitsaufträge können auch gekürzt werden (z. B. wenn man auf eine Bewertung der Quellen aus Zeitgründen verzichtet).

2. Beschäftigung mit den Fragen des Buchs „Universum für alle. 70 spannende Fragen und kurzweilige Antworten" oder die entsprechenden Vortragsvideos unter http://www.spektrum.de/index/das-universum-seine-sterne-und-planeten/1165548 bzw. https://www.youtube.com/playlist?list=PLlVHa_QX2TZTSdfg64x6oXQjaGef9dfw9.
   Ein Schülerblatt dazu findet sich unter HR_Ph_TF7_UG1_S3_70_Fragen.

Möglichkeiten der Differenzierung:
- Auswahl (mit Beratung durch die Lehrperson) von Fragestellungen mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad oder Umfang
- Nennung weiterer Quellen oder die Erlaubnis, frei zu recherchieren für stärkere und interessierte Gruppen
- Entlastung durch gezielte Informationen

Die Ergebnisse können in Form von Vorträgen und Papers produziert werden. Auch andere Lernprodukte, z. B. Plakate, sind denkbar. Ob nur eine der Varianten oder mehrere gefordert werden, kann von der Lehrperson bestimmt werden. Entsprechend müssen zu beidem die entsprechenden Informationen, Anforderungen und Bewertungskriterien besprochen werden. Hier kann auch bestimmt werden, welche Medien in welcher Form für den Vortrag verwendet werden dürfen (PowerPoint, Videos, Screencast-Software am Whiteboard etc.). Das hängt von den medialen Möglichkeiten der Lernenden und der Ausstattung ab.

Es ist hilfreich, den Gruppen Leitfragen mitzugeben, die auf jeden Fall beantwortet werden sollen, z. B.
- Was wollen die Forscherinnen und Forscher herausfinden?
- Wie machen sie das?
- Welche Ergebnisse gibt es?

Während der Arbeitsphase sollten die Gruppen so betreut werden, dass zum einen Sackgassen oder Holzwege durch Beratung der Lehrkraft vermieden werden, zum anderen aber auch eine Grundlage für die Bewertung der individuellen Anteile der entstehenden Gruppenprodukte entsteht. Es hat sich als sinnvoll erwiesen, zu Beginn und am Ende jeder Stunde dieser Phase die gesamte Klasse nochmals auf den Arbeitsauftrag, die Leitfragen, den Zeitrahmen und sonstige Vereinbarungen hinzuweisen sowie aufgekommene Fragen oder Probleme zu sammeln, um sie anschließend im Plenum oder bei den einzelnen Gruppen zu besprechen. Methodische Hinweise finden sich in Kapitel 1.6 dieser Handreichung.

Für die Präsentationen kann man ein reines Copy-and-paste aus den Quellen auf die Präsentation leicht verhindern, wenn man vorgibt, dass auf den Folien lediglich Abbildungen und Überschriften sein dürfen, der Inhalt aber vorgetragen werden muss.

Bei Vorliegen geeigneter Materialien kann man einzelnen Gruppen auch zu den Recherchefragen passende Aktivitäten geben. Diese werden dann durchgeführt und dokumentiert. Durch diese Fragen wird verdeutlicht, dass einzelne grundsätzliche „Fragen ans Universum" auch schon mit dem Wissen der Schülerinnen und Schüler beantwortet werden können. Über sie besteht zudem die Möglichkeit der Binnendifferenzierung. Es ist beispielsweise denkbar, Förderschülerinnen und Förderschülern einfachere Aktivitäten als Alternative zu Recherchen zu geben bzw. in den Mittelpunkt zu stellen.

Möglicherweise befinden sich auch Materialien im Fundus der Lehrkraft bzw. können dem Internet oder anderer Literatur entnommen sein (siehe HR_Ph_TF7_UG1_S3_Buecherliste, HR_Ph_TF7_UG2_Materiallinks und Anhang dieser Handreichung). In jedem Fall sollten die verwendeten Materialien von der Gruppe erfolgreich bearbeitet werden können ohne „Dauerbetreuung" der Lehrkraft.

Erläuterungen zur Durchführung der Sequenz 4 „Science Slam – Vorstellen der Ergebnisse"

Das Vorstellen der Ergebnisse kann je nach den vereinbarten Lernprodukten auf verschiedene Weise geschehen.
Präsentationen sollten eine vorher vereinbarte bestimmte Länge und Menge an Folien nicht überschreiten, die Anteile jedes Gruppenmitglieds sollten vergleichbar sein. Im Anschluss werden Fragen durch die Mitschülerinnen und Mitschüler angeregt, zu denen dann auch diejenigen Stellung nehmen sollten, die keine Präsentation, sondern eine schriftliche Ausarbeitung erstellt haben. Eine Bewertung durch die Mitschülerinnen und Mitschüler kann in die Gesamtbewertung eingehen, dazu ist aber auf die Anwendung der vereinbarten Kriterien zu achten.

Gruppen, die schriftliche Ausarbeitungen erstellen, geben diese ab und werden entsprechend den zuvor vereinbarten Kriterien bewertet. Dabei ist auf eine angemessene Berücksichtigung der individuellen Anteile zu achten, um individuelle Noten zu erhalten. Hierzu dienen die Beobachtungen während der Arbeitsphase, aber auch eine Befragung der Gruppe nach Anteilen am Produkt führt im Allgemeinen erfahrungsgemäß zu ernsthaften Aussagen.

Wenn Plakate erstellt werden, werden diese zunächst im Raum aufgehängt, alle bekommen ausreichend Zeit, diese zu betrachten und sich über die Inhalte zu informieren. Anschließend ist das kurze Eingehen auf die einzelnen Plakate sinnvoll, was durch die Lehrkraft moderiert werden kann. Dabei können auch Rückfragen an die erstellenden Gruppen gestellt werden. Eine Bewertung mit den zu Beginn der Gruppenarbeiten genannten Kriterien erfolgt zum einen durch die Lehrkraft, kann aber auch nach erneuter Nennung der Kriterien durch die Klasse erfolgen. Dazu hat sich bewährt, jeder Gruppe 3 Klebepunkte zu geben, die diese nach Einigung auf die Plakate der Anderen verteilen darf. Die dadurch entstehende Klassenwertung kann in die Endbewertung des Plakats eingehen.

Durch die Beobachtungen während der Arbeitsphase und die Beteiligung bei der Diskussion der Plakate kann die Lehrkraft den Beitrag der Gruppenmitglieder am Lernprodukt bestimmen, wodurch individuelle Noten gegeben werden können. Die Befragung der Gruppen selbst führt auch in den meisten Fällen zu ernsthaften Aussagen, die in die Notengebung einfließen können (was auch eine gute Gelegenheit zur Entwicklung sozialer Kompetenzen ist). So kann man für ein Plakat z. B. 6 von 10 Punkten vergeben, die individuellen Beiträge ergeben dann aber in einer Dreiergruppe z. B. einmal 5, einmal 6 und einmal 7 Punkte (im Mittel die Plakatwertung), woraus dann eine Note gegeben werden kann.

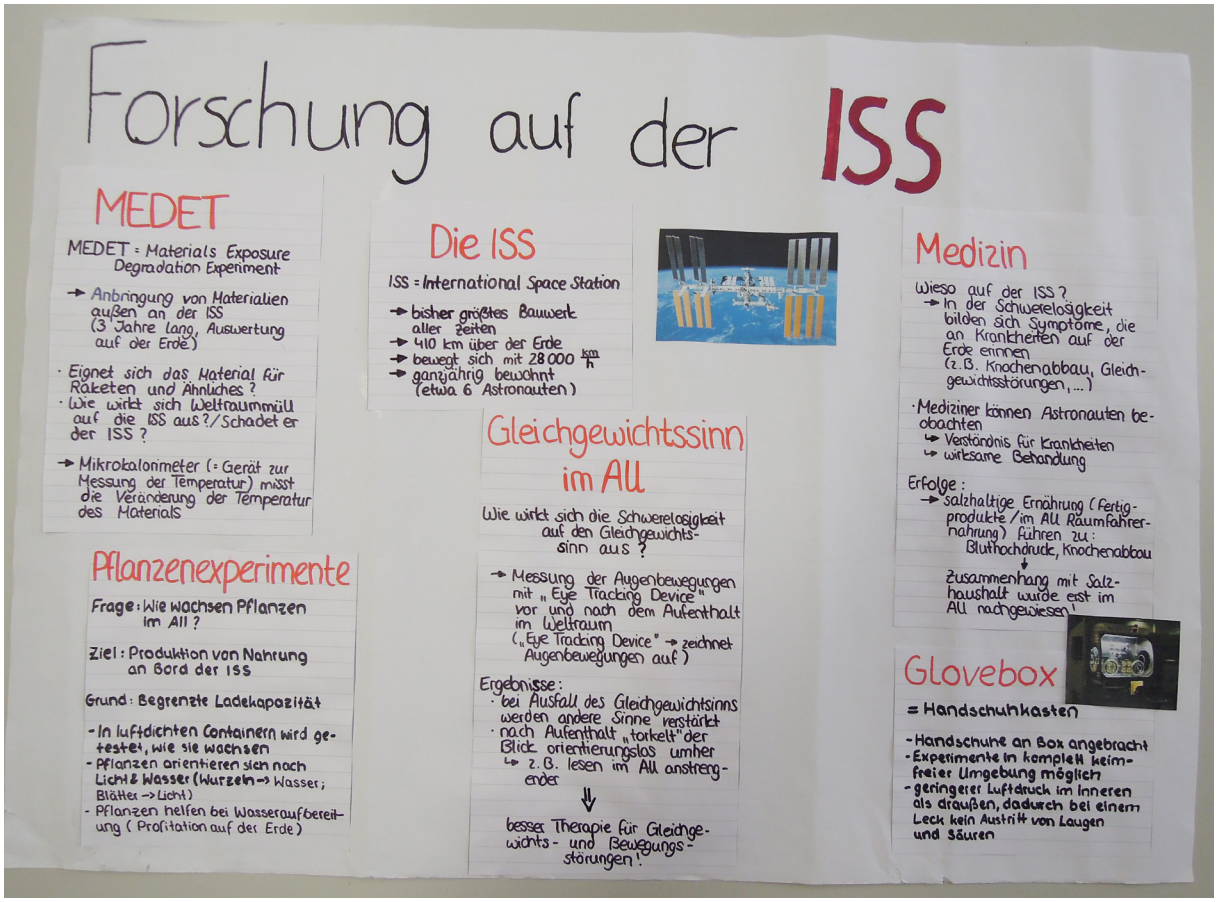


Abb. 8: Ein Schülerplakat zur Forschung auf der ISS

2.2.2 Unterrichtsgang 2: Teilchenkongress

Unterrichtsgang 2 ist etwas stärker an einem einzelnen Forschungsgegenstand orientiert, nämlich der Teilchenphysik am CERN. Aber auch hier steht nach einer Einführungsphase die eigenständige Bearbeitung einzelner Aspekte der Experimente am CERN im Mittelpunkt. Die verwendeten Materialien finden sich auf der CERN-Education-Webseite.[8] Auch hier findet als Abschluss im Rahmen eines „Teilchenkongresses" die Präsentation der einzelnen Lernprodukte statt.

Dieser Unterrichtsgang ist wegen der fachlich etwas tiefergehenden Thematik eher für stärkere Lerngruppen geeignet, zudem steht in Sequenz 2 das Fadenstrahlrohr im Mittelpunkt, das in erster Linie an Schulen mit Oberstufe vorhanden sein dürfte. Trotzdem besteht hier eine gute Möglichkeit der Differenzierung durch Auswahl der Themen und Materialien für die Arbeit in Kleingruppen (Sequenz 3), die von einfacher Wiederholung des Atomaufbaus bis zu komplexeren Fragen zu Beschleunigern reicht.

TF 7	Sequenz	Schwerpunkt	Tätigkeiten/Lernprodukte
	S1: Die Urknallmaschine – LHC	Pressemitteilungen zur Teilchenphysik am CERN Teilchenphysik in der Literatur	◎ Aktivierung von Vorwissen ◎ Angeleitete Internetrecherche ◎ Einordnung populärwissenschaftlicher Informationen ◎ Erstellung einer Mindmap
	S2: Das Fadenstrahlrohr als Minibeschleuniger	Verhalten geladener Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern	✭ Beobachten und erklären ✭ Entwickeln und erweitern ihre Modellvorstellung
	S3: Arbeit in Forschergruppen	Kriterien für ein gutes naturwissenschaftliches Referat, Reflexion der Eigenschaften eines guten Referats Anforderungen an ein Handout Forschergruppen zu: Atomaufbau und Rutherford, der LHC, Linearbeschleuniger, Zyklotron, Teilchendetektoren, Streuexperimente, Anwendungen der Teilchenphysik	☐ Selbsteinschätzung, Teamarbeit ☐ Recherche in verschiedenen Quellen ☐ Erarbeitung eines wissenschaftlichen Papers
	S 4: Teilchenkongress – Vorstellen der Ergebnisse	Diskutieren und Kommentieren unter Verwendung der Fachsprache und der gewonnenen Erkenntnisse	☐ Präsentation der Arbeitsergebnisse von der Klasse mit verschiedenen Medien ☐ Bewertung der Mitschülerinnen/Mitschüler ☐ Beantwortung themenbezogener Fragen

8 http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/teilchenphysik-multimedial.htm

Erläuterungen zur Durchführung der Sequenz 1 „Die Urknallmaschine – LHC“

Die Sequenz dient zum Einstieg in das Themenfeld am Beispiel eines aktuellen Forschungsgegenstands. Dazu kann wie hier beispielhaft aufgeführt ein Artikel oder ein Video zum Beschleuniger LHC am CERN stehen, ebenso eignen sich aber auch alternativ z. B. ein Ausschnitt aus dem Film „Illuminati“, der die Frage nach Fiktion und Wirklichkeit des dort Dargestellten aufwirft, oder auch beispielsweise ein Science Slam-Beitrag zu Elementarteilchen und Beschleunigern oder ein Bericht zu „100 Jahre kosmische Strahlung“. Der Einstieg eröffnet in jedem Fall die Möglichkeit zur Diskussion, an der das Schülerinteresse (was bei solchen Themen meist sehr groß ist) und das Vorwissen (das meist innerhalb der Klasse sehr unterschiedlich ist) erkennbar werden.

Als Lernprodukt dieser Phase kann z. B. eine Mindmap erstellt werden, die im Verlauf der Unterrichtsreihe zum Aufzeigen des Lernfortschritts immer wieder betrachtet werden kann.

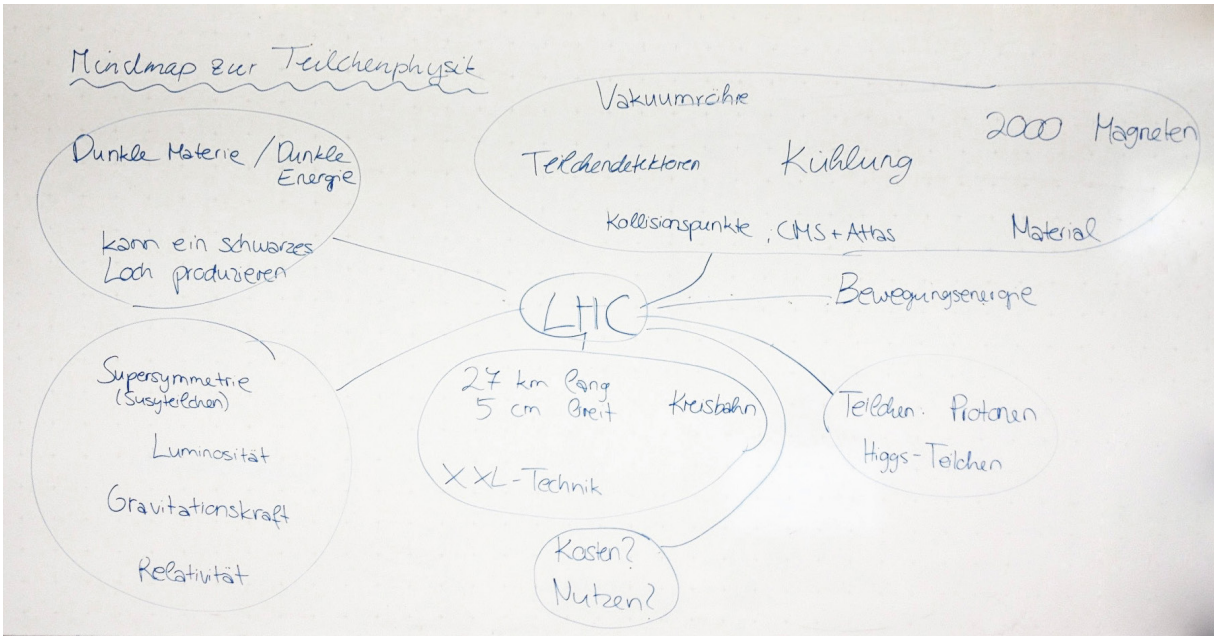


Abb. 9: Mindmap zum LHC

Mögliche Materialquellen für Einstiege:

Artikel zum LHC: http://www.handelsblatt.com/technik/forschung-innovation/teilchenbeschleuniger-lhc-die-komplizierteste-maschine-der-menschheit/3016252-all.html

Geeignete Videos auf der CERN-Website
http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/filme.htm

„Die Urknallmaschine", Film von Gert Baldauf. LHC/CERN-Dokumentation des ORF aus dem Jahr 2009

Science Slam-Beitrag zu Elementarteilchen und Beschleunigern: „Elementarteilchen - Bis(s) ins Innere des Protons" https://www.youtube.com/watch?v=gro-xoGXbt4

Illuminati: http://www.weltderphysik.de/thema/physik-im-spielfilm/illuminati/

Erläuterungen zur Durchführung der Sequenz 2 „Das Fadenstrahlrohr als Minibeschleuniger"

Das an den meisten Schulen mit Oberstufe vorhandene Fadenstrahlrohr eignet sich gut zur Demonstration der Prinzipien eines Teilchenbeschleunigers. Hierbei werden Inhalte vorhergehender Themenfelder aufgegriffen und vertieft (Themenfeld 4: berührungslose Wechselwirkung, Themenfeld 5: Ladung, Atombau und Elementarteilchen, Themenfeld 6: magnetisches Feld). Bei beabsichtigtem Einsatz der hier beschriebenen Unterrichtsreihe in Themenfeld 7 ist es daher sinnvoll, bereits in den genannten Themenfeldern diese Bereiche gut herauszuarbeiten.

- Die Ablenkung von geladenen Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern wird anhand der Braun'schen Röhre erarbeitet.
- Je nach Schwerpunktsetzung in Themenfeld 6 kann es sich hierbei um die Erarbeitung neuer Inhalte bzw. um eine Wiederholung, Ergänzung oder Vertiefung handeln.
- Die Schülerinnen und Schüler können hier ebenfalls in Forschergruppen arbeiten.
- Informationen und Simulationen zur Braun'schen Röhre findet man z. B. bei Leifi-Physik (http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/bewegte-ladungen-in-feldern)

Für die Arbeit in den Forschergruppen (Sequenz 3) sind folgende hier zu bearbeitende Voraussetzungen nötig:

- Verhalten von geladenen Teilchen in elektrischen Feldern
- Verhalten von geladenen Teilchen in magnetischen Feldern
- Lorentzkraft und Drei-Finger-Regel

Diese Grundlagen sind nicht für alle Gruppen in der Erarbeitungsphase gleich wichtig, dienen aber in jedem Fall dem Verständnis bei den abschließenden Vorträgen.

Es ist an dieser Stelle sinnvoll, Ergänzungen der anfangs erstellten Mindmap durch Begriffe (wie z. B. Teilchen, Beschleuniger, Detektoren …) vorzunehmen.

Erläuterungen zur Durchführung der Sequenz 3 „Arbeit in Forschergruppen“

Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten in einzelnen Kleingruppen Präsentationen zu den folgenden Themen:
FG 1: Atomaufbau und Rutherford
FG 2: Der LHC
FG 3: Linearbeschleuniger
FG 4: Zyklotron
FG 5: Teilchendetektoren
FG 6: Streuexperimente
FG 7: Anwendungen der Teilchenphysik

Die dazu notwendigen Materialien finden sich fast durchgehend auf den Seiten des CERN unter http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/teilchenphysik-multimedial.htm bzw. http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/.

Von freien Recherchen zu den Themen ist eher abzuraten, da die Erklärungen schnell sehr komplex werden, die Gruppen sollten sich auf das gegebene Material beschränken und nur in Ausnahmefällen ergänzend recherchieren. Daher sollte jede Gruppe eine Liste der bereitstehenden Quellen bekommen, idealerweise als Dokument, aus dem die Materialien per Link aufgerufen werden können. Lokale Kopien können bei langsamem Internet möglicherweise sinnvoll sein, hierbei gilt es aber, die rechtlichen Grundlagen zu beachten. Organisatorisch sollte daran gedacht werden, rechtzeitig den Computerraum bzw. Laptops oder Tablets zu reservieren.

Die Rahmenbedingungen für die Forschergruppen sind z. B. folgende:
- Forschergruppen mit bis zu 5 Schülerinnen und Schülern
- Je 2-3 Schülerinnen und Schüler einer Gruppe bearbeiten den Forschungsauftrag mit dem Ziel einer Präsentation.
- Je 2-3 Schülerinnen und Schüler einer Gruppe bearbeiten den Forschungsauftrag mit dem Ziel einer schriftlichen Ausarbeitung.

Die Schülerinnen und Schüler erlernen hier Grundlagen für wissenschaftliches Arbeiten, das Darstellen von Informationen und korrektes Zitieren in den Naturwissenschaften. Dieses sollte zu Beginn der Sequenz thematisiert, aktiviert oder mitgeteilt werden und sollte sich am Methodencurriculum der Schule orientieren. Je nach Wissensstand bieten sich zusätzliche Hilfen zum Verfassen von wissenschaftlichen Arbeiten bzw. Präsentationen an. Die hier genannten Punkte sollten als Kriterien für die abschließende Bewertung der Präsentationen und Erarbeitungen dienen und genannt werden. Hinweise finden sich in dieser Handreichung in Kapitel 1.6.3.

Während der Arbeitsphase sollten die Gruppen so betreut werden, dass zum einen Sackgassen oder Holzwege durch Beratung der Lehrkraft vermieden werden, zum anderen aber auch eine Grundlage für die Bewertung der individuellen Anteile der entstehenden Gruppenprodukte entsteht. Es hat sich als sinnvoll erwiesen, zu Beginn und am Ende jeder Stunde dieser Phase die gesamte Klasse nochmals auf den Arbeitsauftrag, die Leitfragen, den Zeitrahmen und sonstige Vereinbarungen hinzuweisen sowie aufgekommene Fragen oder Proleme zu sammeln, um sie anschließend im Plenum oder bei den einzelnen Gruppen zu besprechen. Methodische Hinweise finden sich in Kapitel 1.6 dieser Handreichung.

Für die Präsentationen kann man ein reines Copy-and-paste aus den Quellen auf die Präsentation leicht verhindern, wenn man vorgibt, dass auf den Folien lediglich Abbildungen und Überschriften sein dürfen, der Inhalt aber vorgetragen werden muss.

Bei Vorliegen geeigneter Materialien kann man einzelnen Gruppen auch zu den Recherchefragen passende Aktivitäten geben wie etwa die Auswertung von Nebelkammeraufnahmen oder Detektordaten. Diese Aktivitäten werden dann durchgeführt und dokumentiert. Damit kann gezeigt werden, dass einzelne grundsätzliche „Fragen an die Teilchenphysik" auch schon mit dem Wissen der Schülerinnen und Schüler beantwortet werden können (Grundsätzliches Wissen über Atombau und Wechselwirkungen ist vorhanden). Das kann als eine Möglichkeit der Differenzierung eingesetzt werden.

Hierzu kann neben CERN-Material z. B. Material der Teilchenphysikseite von leifiphysik (http://www.leifiphysik.de/kern-teilchenphysik/teilchenphysik) oder vom Netzwerk Teilchenwelt (http://www.leifiphysik.de/arbeitsmaterialien-teilchenphysik bzw. www.teilchenwelt.de) verwendet werden. Der Besuch oder die Ausrichtung einer Teilchenphysik-Masterclass mit einem interessierten Teil der Klasse kann ebenfalls eine Ergänzung in Hinblick auf eigene Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler sein (http://www.teilchenwelt.de/angebote/masterclasses/). In jedem Fall sollten verwendete Materialien für Schüleraktivitäten von der Gruppe erfolgreich bearbeitet werden können ohne „Dauerbetreuung" der Lehrkraft.

Erläuterungen zur Durchführung der Sequenz 4 „Teilchenkongress"

Die Präsentationen sollten eine vorher vereinbarte bestimmte Länge und Menge an Folien nicht überschreiten, die Anteile jedes Gruppenmitglieds sollten vergleichbar sein. Im Anschluss werden Fragen durch die Mitschülerinnen und Mitschüler angeregt, zu denen dann auch diejenigen Stellung nehmen sollten, die keine Präsentation, sondern eine schriftliche Ausarbeitung erstellt haben. Eine Bewertung durch die Mitschülerinnen und Mitschüler kann in die Gesamtbewertung eingehen, dazu ist aber auf die Anwendung der vereinbarten Kriterien zu achten.

Die Teilgruppen, die schriftliche Ausarbeitungen erstellen, geben diese ab und werden entsprechend den zuvor vereinbarten Kriterien bewertet. Dabei ist auf eine angemessene Berücksichtigung der individuellen Anteile zu achten, um individuelle Noten zu erhalten. Hierzu dienen die Beobachtungen während der Arbeitsphase, aber auch eine Befragung der Gruppe nach Anteilen am Produkt führt im Allgemeinen erfahrungsgemäß zu ernsthaften Aussagen.

LINKS ZUM THEMENFELD

Bildungsserver Rheinland-Pfalz – Unterrichtsmaterialien für das Fach Physik:
http://naturwissenschaften.bildung-rp.de/physik/unterricht.html

Unterrichtsmaterialien des CERN:
http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/

Deutsche Luft- und Raumfahrtsbehörde DLR:
http://dlr.de

YouTube Kanal des DLR:
https://www.youtube.com/channel/UC2iaRtEaE3Xbj3wPBot1-ZQ

Europäische Raumfahrbehörde ESA:
http://www.esa.int

Richard Feynman - The essence of science in 61 seconds:
https://www.youtube.com/watch?v=viaDa43WiLc

Leifi Physik:
www.leifiphysik.de

Leifi Physik – spezieller neu erstellter Teil zur Teilchenphysik:
http://www.leifiphysik.de/kern-teilchenphysik/teilchenphysik

Stellarium – Virtuelles Planetarium für den PC (free open source software):
http://www.stellarium.org/de/

Universum für alle – Informationen zum Buch und Videos:
http://www.spektrum.de/index/das-universum-seine-sterne-und-planeten/1165548

Welt der Physik:
http://www.weltderphysik.de/

LITERATURVERZEICHNIS

Autorenkollektiv (2016): Physik in der Schule – Hauptteil,
https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/broschueren/studien/schulstudie-2016/schulstudie-hauptteil.pdf, S. 90-91.

dpa (2015): Pluto-Mond Charon – Ein Schluchtensystem, viermal länger als der Grand Canyon.
In: Spiegel Online, 2. Oktober 2015,
http://www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/pluto-mond-charon-auf-neuen-fotos-von-sonde-new-horizons-a-1055900.html.

Müller, A. (2015): Akustiker will außerirdisches Leben erlauschen.
In: Grenzwissenschaft aktuell, 6. Oktober 2015,
http://www.grenzwissenschaft-aktuell.de/ausserirdisches-leben-erlauschen20151006/.

Reynolds, G. (2014): Richard Feynman on the Scientific Method.
In: Presentation Zen, 1. April 2014,
http://www.presentationzen.com/presentationzen/2014/04/richard-feynman-on-the-scientific-method-in-1-minute.html.

Wambsganz, J. Hrsg. (2013): Universum für alle – 70 spannende Fragen und kurzweilige Antworten.
Heidelberg: Spektrum.

Wegenmayr, R. (2008). Die komplizierteste Maschine der Menschheit.
In: Handelsblatt, 4. September 2008,
http://www.handelsblatt.com/technik/forschung-innovation/teilchenbeschleuniger-lhc-die-komplizierteste-maschine-der-menschheit/3016252-all.html.

AUTORINNEN UND AUTOREN

Norbert Ames
Staatliches Eifel-Gymnasium, Neuerburg

Birgit Becher
Realschule plus Kirchheimbolanden, Kirchheimbolanden

Esther Braun
Integrierte Gesamtschule Nieder-Olm, Nieder-Olm

Martin Buchhold
Kurfürst-Balduin-Gymnasium, Münstermaifeld

Andrea Bürgin
Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Silvia Casado-Schneider
Realschule plus Mainz-Lerchenberg, Mainz

Katharina Franke
Gymnasium Nackenheim, Nackenheim

Wolfgang Heuper
Staatliches Studienseminar für das Lehramt an Gymnasien, Koblenz

Benjamin Hinkeldey
Integrierte Gesamtschule Mainz-Hechtsheim, Mainz

Tobias Jung
Gymnasium Nieder-Olm, Nieder-Olm

Matthias Ludwig-Dehm
Ehemals Frauenlob-Gymnasium, Mainz

Cordula Mauch
Peter-Joerres-Gymnasium, Ahrweiler

Markus Monnerjahn
Gutenberg-Gymnasium, Mainz

Christa Müller
Integrierte Gesamtschule Ludwigshafen-Gartenstadt, Ludwigshafen

Monika Nikolaus
Sickingen-Gymnasium, Landstuhl

Lutz Rosenhagen
Integrierte Gesamtschule Ernst Bloch, Ludwigshafen

Nicole Seyler
Realschule plus Lauterecken-Wolfstein, Lauterecken

Beate Tölle
Bischöfliches Angela-Merici-Gymnasium, Trier

Dr. Anke Winkler-Virnau
Lina-Hilger-Gymnasium, Bad Kreuznach

Sofern in der Bildunterschrift nicht anders deklariert, liegen die Urheberrechte beim Pädagogischen Landesinstitut Rheinland-Pfalz oder bei den mitwirkenden Autorinnen und Autoren selbst.

RheinlandPfalz

PÄDAGOGISCHES
LANDESINSTITUT

Pädagogisches Landesinstitut
Butenschönstr. 2
67346 Speyer

pl@pl.rlp.de
www.pl.rlp.de