

FACHBRIEF NR. 20

CHEMIE

THEMENSCHWERPUNKT:

IMPLEMENTIERUNG DES RAHMENLEHRPLANS FÜR DIE GYMNASIALE OBERSTUFE



1

Die Fachverantwortlichen werden gebeten, den Fachbrief den unterrichtenden Kolleginnen und Kollegen in geeigneter Form zur Verfügung zu stellen.

Zeitgleich wird er ins Netz gestellt unter:

http://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fachbriefe_bln.html

Autorinnen und Autoren des Fachbriefs: Sandra Benad, Kathrin Gütte, Oliver Pechstein, Cornelia Seidel, Dr. Jana Schlösser, Dr. Ilona Siehr

Ihre Ansprechpartnerin/Ihr Ansprechpartner in der Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie:

Dr. Jana Schlösser (Fachaufsicht Naturwissenschaften und WAT

jana.schloesser@senbjf.berlin.de

Oliver Pechstein (Fachaufsicht Physik)

oliver.pechstein@senjf.berlin.de

¹ Bildquelle: <https://pixabay.com/de/photos/anfang-treffen-brainstorming-594090/>

Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Kolleginnen und Kollegen,

im Jahr 2020 hat die KMK neue Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife für die naturwissenschaftlichen Fächer beschlossen. „Die Ausweitung der Bildungsstandards ist ein Bekenntnis zur Stärkung eines gemeinsamen Leistungsniveaus in der Ländergemeinschaft. Die neuen Bildungsstandards ergänzen die Bemühungen zu einer länderübergreifenden Qualitätssicherung und treten neben die für die Allgemeine Hochschulreife bereits bestehenden Standards in Mathematik, Deutsch, Englisch und Französisch. Damit gehen wir innerhalb der föderalen Strukturen weiter den Weg zu mehr Verbindlichkeit und mehr Vergleichbarkeit unter den Ländern.“²

Die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife stellen eine Weiterentwicklung der einheitlichen Prüfungsanforderungen der Abiturprüfung (EPA) dar und lösen diese vollständig ab. Sie geben an, welche Kompetenzen die Lernenden in einem Fach erreichen sollen und sichern die Anschlussfähigkeit an die Bildungsstandards des Mittleren Schulabschlusses.³

Auf dieser Grundlage erfolgte die Neuentwicklung des Rahmenlehrplans für die gesamte gymnasiale Oberstufe. Als länderübergreifendes Projekt mit dem Land Brandenburg wird für den Unterricht in der gymnasialen Oberstufe aller öffentlichen Schulen und Schulen in freier Trägerschaft im Land Berlin ein neuer Rahmenlehrplan zum Schuljahr 2022/23 erstmalig unterrichtswirksam und gestaffelt eingeführt.

Dabei gelten **Teil A** (Bildung und Erziehung in der gymnasialen Oberstufe) und **Teil B** (Fachübergreifende Kompetenzentwicklung) des Rahmenlehrplans **für alle Unterrichtsfächer**. Für die Fächer Biologie, Chemie und Physik sind auf der Grundlage der neuen, bundesweit geltenden Bildungsstandards neue fachliche Vorgaben für den Unterricht in diesen Fächern entwickelt worden, so dass die neu gefassten **Teile C** (fachliche Vorgaben) des Rahmenlehrplans für die gymnasiale Oberstufe für diese Fächer ebenfalls in Kraft gesetzt wurden. Allen Kolleginnen und Kollegen, Fachbereichen Naturwissenschaften und auch den Vertretungen von (Fach-)Verbänden sei für die Kenntnisnahme und die umfangreichen Rückmeldungen in der Anhörungsphase herzlich gedankt.

Mein besonderer Dank gilt allen Entwicklerinnen und Entwicklern des neuen Rahmenlehrplans für die gymnasiale Oberstufe für ihr besonderes Engagement.

Dieser Fachbrief soll den umfangreichen Prozess der Implementierung unterstützen und Ihnen Anregungen für eine schulinterne Umsetzung bieten.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. Jana Schlösser

² Vgl.: <https://www.kmk.org/aktuelles/artikelansicht/kultusministerkonferenz-beschliesst-bildungsstandards-fuer-die-allgemeine-hochschulreife-in-den-naturw.html>, Abruf: 25.01.22

³ Vgl.: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Biologie.pdf, S.4 ff, Abruf: 003.09.21

Inhalt:

<i>1 Allgemeine Aussagen zum neuen Rahmenlehrplans für die gymnasiale Oberstufe.</i>	<i>4</i>
1.1 Struktur des Rahmenlehrplans für die gymnasiale Oberstufe.....	4
1.2 Anschlussfähigkeit.....	4
1.3 Unterrichtswirksamkeit und Implementierung für die Naturwissenschaften	4
1.4 Zeit-Maßnahmen-Plan für schulinterne Steuerung im Fachbereich Naturwissenschaften	5
<i>2 Einführungsphase in Jahrgangsstufe 11 an Integrierten Sekundarschulen, Gemeinschaftsschulen, beruflichen Gymnasien, Kollegs und Abendgymnasien.....</i>	<i>7</i>
2.1 Kompetenzentwicklung am Übergang in die gymnasiale Oberstufe	7
2.2 Gestaltungsmöglichkeiten für schulinterne Festlegungen mit den Themenfeldern der Einführungsphase	8
<i>3 Kompetenzmodell und Standards in den Naturwissenschaften</i>	<i>9</i>
<i>4 Überblick über die Basiskonzepte in den Naturwissenschaften in der gymnasialen Oberstufe.....</i>	<i>11</i>
<i>5 Themenfelder in der Qualifikationsphase.....</i>	<i>12</i>
<i>6 fachspezifische Betrachtungen im Fach Chemie.....</i>	<i>14</i>
6.1 Integrierte Wiederholung und Anschlussfähigkeit.....	14
6.2 Verbindliche Experimente und Untersuchungen	16
6.3 Nanomaterialien.....	20
6.4 Jahrgangsübergreifende Kurse	23
<i>7 Anhörungsbericht und Implementierungsangebote.....</i>	<i>24</i>
<i>8 Hinweise zum Abitur 2022.....</i>	<i>26</i>
<i>9 MINT-Wettbewerbe – digitale Tagung</i>	<i>26</i>
<i>Anlage 1 Übersicht der Kompetenzen und Standards Biologie, Chemie, Physik</i>	
<i>Anlage 2 Vorschlag für die fachbezogenen Vereinbarungen im SchiC (editierbar)</i>	

1 Allgemeine Aussagen zum neuen Rahmenlehrplans für die gymnasiale Oberstufe

1.1 Struktur des Rahmenlehrplans für die gymnasiale Oberstufe

Der neue Rahmenlehrplan für die gymnasiale Oberstufe greift die bewährte Struktur des Rahmenlehrplanes für die Jahrgangsstufen 1 bis 10 Berlin Brandenburg (RLP 1 – 10 Berlin Brandenburg) auf und setzt diese in der gymnasialen Oberstufe fort. Damit ist die Anschlussfähigkeit in den Teilen A, B und C hergestellt. Der Teil A beschreibt bildungspolitische Vorgaben für den Unterricht in der gymnasialen Oberstufe. Im Teil B wird die fachübergreifende Kompetenzentwicklung dargestellt. In Fortsetzung der Gliederung des RLP 1 – 10 Berlin Brandenburg werden die Erweiterung und Vertiefung der bildungssprachlichen Handlungskompetenz, die Vertiefung und Erweiterung der Handlungskompetenzen in der digitalen Welt sowie alle übergreifenden Themen für die Arbeit in der gymnasialen Oberstufe konkretisiert.

In den fachspezifischen Teilen C des Rahmenlehrplans wird einführend der Bildungsbeitrag der Naturwissenschaften, welcher das Kompetenzmodell der Naturwissenschaften und den Bildungsbeitrag des jeweiligen Faches einschließt, dargestellt. Daran schließt sich die fachspezifische Darstellung der Bildungsstandards für die Kompetenzbereiche an, die auch Ausführungen zu den Basiskonzepten umfasst. Schließlich werden Themenfelder und Inhalte strukturiert nach Grund- und Leistungskurs beschrieben.

1.2 Anschlussfähigkeit

Durch die beschriebene Struktur setzt der Rahmenlehrplan für die gymnasiale Oberstufe nahtlos am RLP 1 – 10 Berlin-Brandenburg an. Eine Fortschreibung der schulinternen Curricula ist also nicht nur auf der Ebene der Fächer, sondern auch bezüglich des Teils B möglich. Für die fachliche Sicht auf eine Einbindung der übergreifenden Themen (üT) sind in den Themenfeldern der Fachteile C Anregungen zu finden.

Auch bezüglich der Fortführung der Sprach- und Medienbildung werden fachspezifische Ausschärfungen mit Blick auf das wissenschaftspropädeutische Arbeiten in der Sekundarstufe II vorgenommen. In der Einführungsphase bedeutet dies, dass die Lernenden bezüglich der Sprach- und Medienbildung an die Basiscurricula anknüpfend die Progression und Anschlussfähigkeit an die gymnasiale Oberstufe erreichen. Gleiches trifft auf den Unterricht in der Jahrgangsstufe 10 an Gymnasien zu. In der Qualifikationsphase werden dann die im Teil B des RLP für die gymnasiale Oberstufe beschriebenen Kompetenzen zugrunde gelegt.

1.3 Unterrichtswirksamkeit und Implementierung für die Naturwissenschaften

Für die Einführungsphase an Integrierten Sekundarschulen, Gemeinschaftsschulen, beruflichen Gymnasien, Kollegs und Abendgymnasien wird der Rahmenlehrplan zum Schuljahr 2022/2023 unterrichtswirksam. Für die Qualifikationsphase an Gymnasien/Integrierten

Sekundarschulen/Gemeinschaftsschulen/beruflichen Gymnasien/Kollegs/Abendgymnasien wird der Rahmenlehrplan zum Schuljahr 2023/2024 unterrichtswirksam.

Eine Orientierung zur Unterrichtswirksamkeit der Fachteile A, B und C gibt folgende Tabelle.

SJ	21/22	22/23	23/24	24/25
Klasse 11 ISS/GemS	Implementierung	neuer RLP unterrichtswirksam	➡	➡
Q1/Q2	Implementierung	Implementierung	neuer RLP unterrichtswirksam	➡
Q3/Q4	Implementierung	Implementierung	Implementierung	neuer RLP unterrichtswirksam
Abitur	nach altem RLP	nach altem RLP	nach altem RLP	nach neuem RLP

Abweichend davon werden die naturwissenschaftlichen Fachteile des Rahmenlehrplan für Schulen mit dreijähriger Qualifikationsphase ab dem Schuljahr 2022/23 in der Qualifikationsphase unterrichtswirksam.

Die stufenweise Implementierung des neuen RLP für die gymnasiale Oberstufe hat mit Beginn des Schuljahres 2021/22 begonnen. Über die Schulberaterinnen und Schulberater der Regionalen Fortbildung haben alle naturwissenschaftlichen Fachbereiche die Möglichkeit, Unterstützung im Prozess der Implementierung zu erhalten. In den Regionalkonferenzen gibt es Gelegenheit, Fragen zu diskutieren und Rat zu erhalten. Die Schulberaterinnen und Schulberater werden durch das LISUM mit vielfältigen Materialien begleitet. Bitte sprechen Sie gern die zuständigen Schulberaterinnen und Schulberater Ihrer Region an.

1.4 Zeit-Maßnahmen-Plan für schulinterne Steuerung im Fachbereich Naturwissenschaften

Die Umsetzung neuer Rahmenlehrpläne erfordert eine systematische Abstimmung in den Fachbereichen. Ein Zeit-Maßnahme-Plan kann Fach(bereichs-)leitungen und Lehrkräfte sinnvoll bei der Prozesssteuerung unterstützen. Einen Vorschlag bietet die folgende Tabelle, die als editierbare Word-Datei im Anhang zur Verfügung gestellt wird.

Zeit-Maßnahme-Plan zur Implementierung des neuen RLP für die gymnasiale Oberstufe in den naturwissenschaftlichen Fächern			
aktualisiert am:			
Zeit	Maßnahme	Material und Quellen	verantwortlich
SJ 2021/22	Kenntnisnahme des neuen RLP	https://www.berlin.de/sen/bildung/unterricht/faecher-rahmenlehrplaene/rahmenlehrplaene/	
	Verabredung eines schulinternen Vorgehens zur Implementierung		
	Erstellung von fachbezogenen Festlegungen für 11. Jahrgangsstufe an ISS/GemS/OSZ/Kollegs und Abendgymnasien für das SchiC	Nutzung der Vorlage SchiC_Nawi_Sek_II	
	Sichtung Lernaufgaben des IQB (Konkretisiert werden die Standards durch illustrierende Lernaufgaben)	https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/UnterrichtSekII/nawi_allg/	
	ggf. Anschaffung neuer Lehr- und Lernmittel/Verbrauchsmaterialien für die 11. Jahrgangsstufe (insbes. in Hinblick auf Untersuchungen, Experimente)		
	Besuch von Regionalkonferenzen und Fortbildungen	Termine im Fortbildungsverzeichnis https://www.fortbildung-regional.de/suchen/index.php	
SJ 2022/23	unterrichtliche Umsetzung des neuen RLP/SchiC in 11. Jahrgangsstufe an ISS/GemS, OSZ, Kollegs und Abendgymnasien	SchiC	
	Erstellung von fachbezogenen Festlegungen für das SchiC für Q1-Q4	Nutzung der Vorlage SchiC_Nawi_Sek_II	
	Kenntnisnahme der Beispielaufgaben des IQB (breites Spektrum möglicher Prüfungsformate ab 2025)	https://www.iqb.hu-berlin.de/abitur/sammlung/naturwissenschaften/	
	Kenntnisnahme von begleitenden Dokumenten zu den Bildungsstandards der Naturwissenschaften: - Kriterien für Aufgaben, Erwartungshorizonte und Bewertungshinweise - Einheitliche Operatorenliste - Beschreibung der Struktur der Aufgaben - Hinweise zur Verwendung von Hilfsmitteln	https://www.iqb.hu-berlin.de/abitur/dokumente/naturwissenschaften/	
	ggf. Anschaffung neuer Lehr- und Lernmittel/Verbrauchsmaterialien (insbes. in Hinblick auf Untersuchungen, Experimente)		
	Besuch von Regionalkonferenzen und Fortbildungen	Termine im Fortbildungsverzeichnis	
SJ 20	unterrichtliche Umsetzung des neuen RLP/SchiC in Q1/Q2,	SchiC	

	Evaluation der fachbezogenen Festlegungen des SchiC für 11. Jahrgangsstufe an ISS/GemS/OSZ/Kollegs und Abendgymnasien		
	Vermittlung und Verwendung der Operatoren im Unterricht entsprechend der jeweiligen Erläuterung in der einheitlichen Operatorenliste		
	Kenntnisnahme der Änderungen zum Abitur 2025		
	Besuch von Regionalkonferenzen und Fortbildungen	Termine im Fortbildungsverzeichnis	
	letztes Abitur nach altem RLP		
SJ 2024/25	unterrichtliche Umsetzung des neuem RLP in Q1-Q4	SchiC	
	Evaluation der fachbezogenen Festlegungen des SchiC für Q1/Q2		
	Besuch von Regionalkonferenzen und Fortbildungen	Termine im Fortbildungsverzeichnis	
	erstes Abitur nach neuem RLP u.a. mit bundesweit zentralen Poolaufgaben		
SJ 2025/	Evaluation der fachbezogenen Festlegungen des SchiC für Q3/Q4		
	...		

2 Einführungsphase in Jahrgangsstufe 11 an Integrierten Sekundarschulen, Gemeinschaftsschulen, beruflichen Gymnasien, Kollegs und Abendgymnasien

Die Einführungsphase der gymnasialen Oberstufe hat eine Brückenfunktion zwischen der Sekundarstufe I und der Qualifikationsphase. Sie bietet den Lernenden Gelegenheit, sich vertieft mit den fachlichen und überfachlichen Inhalten auseinanderzusetzen, zu üben, zu wiederholen und naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen zu verinnerlichen.

2.1 Kompetenzentwicklung am Übergang in die gymnasiale Oberstufe

Für einen erfolgreichen Übergang in die Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe werden in der Jahrgangsstufe 11 die Kompetenzen entsprechend dem Kompetenzstufenmodell der Sekundarstufe I (RLP 1 – 10 Berlin Brandenburg) weiterentwickelt.



Abb. 1 Brückenfunktion der E-Phase

Dabei stellen die formulierten Standards des H-Niveaus der Sek. I die Eingangsvoraussetzung für die Qualifikationsphase dar. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die H-Standards im Kompetenzbereich „Mit Fachwissen umgehen“ inhaltsbezogen formuliert sind. Für die Planung des Unterrichts in der Einführungsphase sind die H-Standards in allen

Kompetenzbereichen auf die Inhalte der in der Einführungsphase zu behandelnden Themenfelder anzuwenden.

2.2 Gestaltungsmöglichkeiten für schulinterne Festlegungen mit den Themenfeldern der Einführungsphase

Die im RLP für die gymnasiale Oberstufe angeführten Themenfelder gelten für beide Kursformen (Fundamental- und Profilkurs) und verstehen sich als Wahlpflichtthemenfelder. Das bedeutet, dass unter Berücksichtigung des aktuellen Standes der Kompetenzentwicklung der Lernenden eine schulspezifische Auswahl an Themenfeldern vorgenommen wird. Zudem ist eine Kombination von Themenfeldern möglich. Das gilt insbesondere für eine kontextorientierte Unterrichtsgestaltung. Möglichkeiten für inhaltliche Vertiefungen in Profilkursen werden durch kursiv gedruckte Stichpunkte aufgezeigt. Die angegebenen Untersuchungen und Experimente tragen empfehlenden Charakter und können entsprechend der schulischen Ausstattung variiert werden. Zusätzlich ist es in beiden Kursformen möglich, dass ein weiteres Themenfeld von der Lehrkraft entwickelt und unterrichtet wird. Es wird somit ausgeschlossen, dass nur ein Themenfeld behandelt wird. Für die Fächer Biologie und Chemie wurde bewusst darauf verzichtet, eine konkrete Anzahl der zu unterrichtenden Themenfelder verbindlich vorzugeben. In der Einführungsphase Physik sind mindestens drei der fünf Themenfelder auszuwählen. Damit wird den Schulen der notwendige Handlungsspielraum eröffnet, passende Unterrichtsangebote für ihre Lernenden zu entwickeln. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht die Grundsätze schulinterner Festlegungen für die Unterrichtsgestaltung in der Einführungsphase.

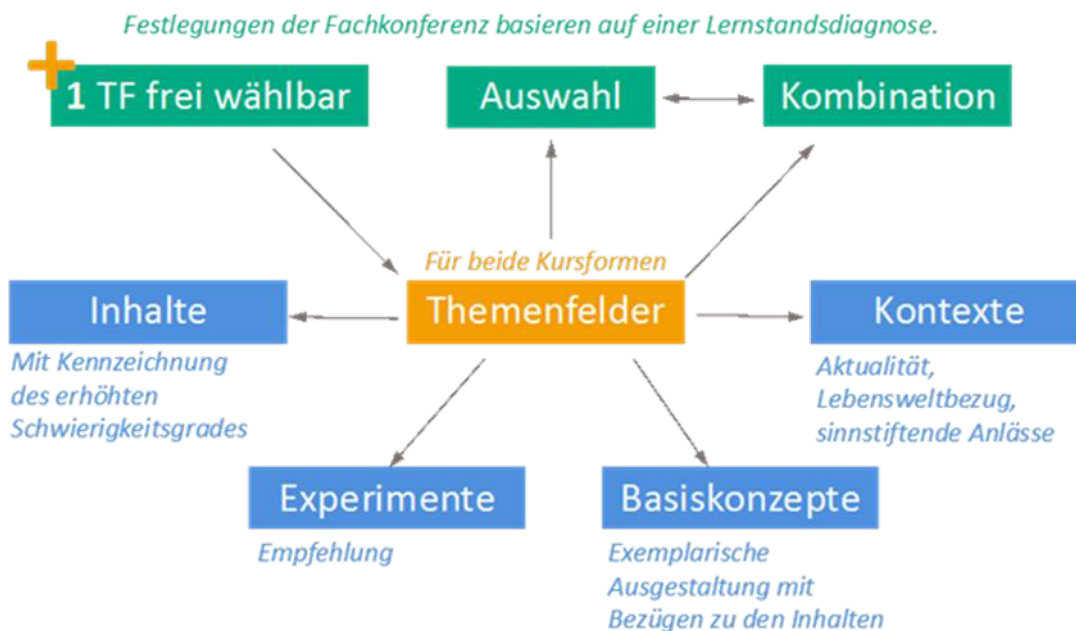


Abb. 2 Vom RLP zu Festlegungen der Fachkonferenz für die Einführungsphase

Die Fachkonferenz der Schule erarbeitet inhaltliche Präzisierungen innerhalb der Themenfelder. Dabei stützt sie sich auf geeignete Formen einer Lernstandsdiagnose und berücksichtigt bei der Planung der Unterrichtsreihen die Kompetenzentwicklung der Lernenden zur Erreichung der fachbezogenen Standards auf der Niveaustufe H. Zu vermeiden ist, dass lediglich Inhalte aus der Sekundarstufe I wiederholt oder solche aus der Qualifikationsphase vorweggenommen werden. Die folgende Abbildung zeigt exemplarisch die Gestaltung der fachbezogenen Festlegungen für das schulinterne Curriculum der Einführungsphase. Eine editierbare Worddatei wird im Anhang des Fachbriefes zur Verfügung gestellt.

The diagram illustrates a curriculum template for chemistry, divided into three main columns: **Themenfeld**, **Ggf. Unterthema**, and **11. Jgst.**. The **Themenfeld** column is further divided into **Inhalte**, **Untersuchungen/Experimente**, and **Fachbegriffe**. The **Ggf. Unterthema** column is divided into **Basiskonzepte aus RLP Sek II**, **Beiträge zur Kompetenzentwicklung**, **mögliche Kontexte**, **Bezüge zum Teil B des RLP**, and **Bezüge zum RLP 1-10**. The **11. Jgst.** column is divided into **zeitlicher Rahmen:**, **mögliche Lehr- und Lernmittel:**, and **Formate der Leistungsbewertung:**.

Callouts provide additional information:

- ausgewählte bzw. kombinierte Inhalte der Themenfelder** (points to the **Inhalte** section)
- an der schulischen Ausstattung und am gewählten Kontext orientierte Untersuchungen und Experimente** (points to the **Untersuchungen/Experimente** section)
- Wiederholung und Festigung der Fachbegriffe des RLP der Jgst. 1 bis 10 und themenfeldspezifische Fachbegriffe** (points to the **Fachbegriffe** section)
- Bezüge zum Teil B des RLP der Sekundarstufe II und fächerübergreifende Bezüge** (points to the **Bezüge zum Teil B des RLP** section)
- angestrebte Kompetenzentwicklung der Lernenden zur Erreichung der fachbezogenen Standards in der Niveaustufe H Standards der Niveaustufe H des RLP für die Jgst. 1 bis 10** (points to the **Bezüge zum RLP 1-10** section)
- schwerpunktmäßig berücksichtigte Basiskonzepte entsprechend des RLP der Sekundarstufe II** (points to the **Basiskonzepte aus RLP Sek II** section)

Themenfeld	Ggf. Unterthema	11. Jgst.
Inhalte	Untersuchungen/Experimente	Fachbegriffe
–	–	–
Basiskonzepte aus RLP Sek II ☐ fachspez. Basiskonzept 1 ☐ fachspez. Basiskonzept 3 ☐ fachspez. Basiskonzept 2 ☐ fachspez. Basiskonzept 4		zeitlicher Rahmen:
Beiträge zur Kompetenzentwicklung Die Lernenden – Verwendung der Standards der Kompetenzstufe H aus dem RLP der Jahrgangsstufen 1 bis 10		mögliche Lehr- und Lernmittel:
mögliche Kontexte		
Bezüge zum Teil B des RLP	Bezüge zum RLP 1-10	Formate der Leistungsbewertung:

Abb. 3 Vorschlag für fachbezogenen Festlegungen für das schulinterne Curriculum der Einführungsphase

3 Kompetenzmodell und Standards in den Naturwissenschaften

Die Grundlage der Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife sind die in der Sekundarstufe I erworbenen Kompetenzen. Das Kompetenzmodell der Sekundarstufe I setzt sich aus den Kompetenzbereichen „Umgang mit Fachwissen“, „Erkenntnisse gewinnen“, „Kommunizieren“ und „Bewerten“ zusammen (RLP 1-10 Berlin Brandenburg).

Was ist neu und anders und warum ist das sinnvoll?

Für die allgemeine Hochschulreife werden nun die Kompetenzbereiche *Sach-, Erkenntnisgewinnungs-, Kommunikations- und Bewertungskompetenz* beschrieben. Diese durchdringen einander und bilden insgesamt die **Fachkompetenz** im jeweiligen Fach. Fachkompetenz zeigt sich in der Verbindung von Wissen und Können und wird durch den Umgang mit

Inhalten aufgebaut. Die in den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife für alle naturwissenschaftlichen Fächer beschriebene **Sachkompetenz** ersetzt den in den Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss beschriebenen Kompetenzbereich „**Fachwissen**“ (KMK, 2004) bzw. „**Umgang mit Fachwissen**“ (RLP 1 – 10 Berlin Brandenburg) begrifflich und schließt inhaltlich an ihn an.

Die Bezeichnung „Fachwissen“ als Bezeichnung für einen Kompetenzbereich ist irreführend, da Kompetenz mehr ist als Wissen und Fachkompetenz aus allen Kompetenzbereichen umfasst. Um Missverständnisse zu vermeiden, wurde der Name dieses Kompetenzbereichs auf „Sachkompetenz“ geändert, verstanden als inhaltliches Wissen und Können in einem bestimmten Sachgebiet. Die Beschreibung der Kompetenzbereiche im RLP für die gymnasiale Oberstufe ist den Bildungsstandards der Allgemeinen Hochschulreife entnommen.

Die **Sachkompetenz** der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis naturwissenschaftlicher Konzepte, Theorien und Verfahren und der Fähigkeit, diese zu beschreiben und zu erklären sowie geeignet auszuwählen und zu nutzen, um Sachverhalte aus fach- und alltagsbezogenen Anwendungsbereichen zu verarbeiten.

Die **Erkenntnisgewinnungskompetenz** der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen und in der Fähigkeit, diese zu beschreiben, zu erklären und zu verknüpfen, um Erkenntnisprozesse nachvollziehen oder gestalten zu können und deren Möglichkeiten und Grenzen zu reflektieren.

Die **Kommunikationskompetenz** der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis von Fachsprache, fachtypischen Darstellungen und Argumentationsstrukturen und in der Fähigkeit, diese zu nutzen, um fachbezogene Informationen zu erschließen, adressaten- und situationsgerecht darzustellen und auszutauschen.

Die **Bewertungskompetenz** der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis von fachlichen und überfachlichen Perspektiven und Bewertungsverfahren und in der Fähigkeit, diese zu nutzen, um Aussagen bzw. Daten anhand verschiedener Kriterien zu beurteilen, sich dazu begründet Meinungen zu bilden, Entscheidungen auch auf ethischer Grundlage zu treffen und Entscheidungsprozesse und deren Folgen zu reflektieren

Im Anhang ist eine Gegenüberstellung von Kompetenzen und Standards aller drei Naturwissenschaften zu finden. Darin ist zu erkennen, dass die jeweiligen Teilkompetenzen einander angenähert sind. Fachspezifische Unterschiede ergeben sich jedoch in den Standards. Insbesondere Lehrkräfte, die in mehr als einem naturwissenschaftlichen Fach unterrichten, können so die fachspezifischen Unterschiede leicht erkennen.

4 Überblick über die Basiskonzepte in den Naturwissenschaften in der gymnasialen Oberstufe

Der Beschreibung von naturwissenschaftlichen Sachverhalten liegen fachspezifische Gemeinsamkeiten zugrunde, die sich in Form von Basiskonzepten strukturieren lassen. Sie ermöglichen die Vernetzung fachlicher Inhalte und deren Betrachtung aus verschiedenen Perspektiven. Basiskonzepte beziehen sich übergreifend auf alle Kompetenzbereiche, fördern kumulatives Lernen, den Aufbau von strukturiertem Wissen und die Erschließung neuer Inhalte.

Im Rahmen der Entwicklung der neuen Bildungsstandards wurden bereits vorhandene Basiskonzepte überarbeitet und im Fach Physik neu erarbeitet. Damit stehen für alle drei Fächer in der gymnasialen Oberstufe trennscharfe Basiskonzepte für die Unterrichtspraxis zur Verfügung. Fachspezifische Konkretisierungen zu den Änderungen sind im jeweiligen Fachteil C des RLP für die gymnasiale Oberstufe zu finden. Die folgende Grafik gibt einen Überblick über die Basiskonzepte. Dabei sind die Änderungen und die Neuentwicklungen durch rote Schrift gekennzeichnet.

BASISKONZEPTE	Chemie	• Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen • Konzept der chemischen Reaktion • Energiekonzept
	Physik	• Erhaltung und Gleichgewicht • Superposition und Komponenten • Mathematisieren und Vorhersagen • Zufall und Determiniertheit
	Biologie	• Struktur und Funktion • Stoff- und Energieumwandlung • Information und Kommunikation • Steuerung und Regelung • individuelle und evolutive Entwicklung

Abb. 4 Überblick über die Basiskonzepte der naturwissenschaftlichen Fächer in der Sekundarstufe II

5 Themenfelder in der Qualifikationsphase

Die inhaltlichen Vorgaben der Bildungsstandards wurden im RLP der gymnasialen Oberstufe für die Qualifikationsphase in sinnvoll untergliederte Themenfelder überführt. Die Themenfelder sind den Kurshalbjahren zugeordnet. Ihre Reihenfolge ist in Grund- und Leistungskurs identisch. Dies ist im Fach Chemie eine wesentliche Änderung zum RLP der gymnasialen Oberstufe aus dem Jahr 2006.

In allen drei Fächern unterscheidet sich die Anzahl der Themenfelder. Während in Biologie vier Themenfelder vier Kurshalbjahren zugeordnet sind, sind es in Physik acht und in Chemie neun Themenfelder. In den Fächern Chemie und Physik besteht daher die Möglichkeit, innerhalb eines Kurshalbjahres die Reihenfolge der Themenfelder zu ändern. Eines der Themenfelder im Fach Chemie gilt ausschließlich für den Leistungskurs. Dies resultiert aus einer Wahlmöglichkeit für dieses Kursniveau in den Bildungsstandards.

Themenfeld: Titel		
Einführungstext mit Hinweisen zu Struktur, zu den Niveauunterschieden und Bezügen zu übergreifenden Themen		
	Grundkurs	Leistungskurs (zusätzlich zum Grundkurs)
Inhalte	Teilüberschrift	
Fachbegriffe		
Untersuchungen, Experimente		
Basiskonzepte		
mögliche Beiträge zur Kompetenzentwicklung		
mögliche Kontexte		

Abb. 5 Struktur der Themenfelder im RLP

Ein Themenfeld beinhaltet jeweils die Vorgaben und Anregungen für beide Kursniveaus. Die für das Grundkursniveau gemachten Angaben gelten für beide Kursniveaus, die unter dem Leistungskurs gemachten Angaben sind in diesem Kursniveau zusätzlich zu vermitteln.

Angegebene Inhalte, Untersuchungen und Experimente sowie Fachbegriffe stellen verbindliche Vorgaben dar. Als Fachbegriffe sind nur die angegeben, die nicht bereits unter den Inhalten aufgeführt sind bzw. die über verbindlichen Fachbegriffe des RLP 1 - 10 Berlin Brandenburg hinausgehen.

Bei der Umsetzung im Unterricht sind demzufolge die spiralcurriculare Verknüpfung und Erweiterung des Fachwortschatzes in den Blick zu nehmen. Die Angaben zu verbindlichen Experimenten und Untersuchungen sind so gestaltet, dass entsprechend der schulischen Ausstattung und der konkreten unterrichtlichen Einbindung variiert werden kann, sofern

die Intentionen gewahrt bleiben. Im Ermessen der unterrichtenden Lehrkraft liegt auch die Entscheidung zwischen Lehrer- und Schülerexperiment.

Die Abwägung erfolgt jeweils auch mit Blick auf die Gefährdungsbeurteilung. Hierzu empfiehlt sich eine Abstimmung innerhalb des Fachbereiches.

Neu und hilfreich für die unterrichtende Lehrkraft sind Formulierungen für themenfeldspezifische Bezüge zu den Basiskonzepten, die jeweils exemplarisch herausgearbeitet wurden. Die Nutzung der Basiskonzepte kann so systematisch und inhaltsbezogen erfolgen. Die nach Grund- und Leistungskurs getrennte Darstellung ermöglicht eine deutlich ablesbare Differenzierung zwischen dem grundlegenden Niveau und dem erweiterten Niveau. Im Laufe des Entwicklungsprozesses des RLP für die gymnasiale Oberstufe war es ein besonders Anliegen der Fachexperten und Fachexpertinnen, Beiträge zur Kompetenzentwicklung exemplarisch zu formulieren, um zu veranschaulichen, wie die Bildungsstandards mit den Inhalten für den Grund- und Leistungskurs des Themenfeldes verknüpft werden können (Standardbezug in Klammern).

Dies stellt gegenüber dem RLP 1 - 10 Berlin Brandenburg eine deutliche Innovation dar. Es wurde bei der Entwicklung im Besonderen darauf geachtet, dass dies für alle Kompetenzbereiche über die Themenfelder hinweg erfolgt. Damit wird gezeigt, wie verschiedene Kompetenzbereiche spiralcurricular innerhalb der vier Kurshalbjahre entwickelt werden können. Die inhaltsbezogene Formulierung von Standards ist eine spezifische Aufgabe der Unterrichtsplanung. Mit den in jedem Themenfeld gemachten Vorschlägen wird nun aufgezeigt, wie dies differiert und bezogen auf den Unterrichtsgegenstand erfolgen kann. Die Fachkonferenzen der Schulen sind aufgerufen, in den schulspezifischen Curricula gemeinsam über die inhalts- und kontextbezogene Auswahl von zu erreichenden Standards zu entscheiden.

6 fachspezifische Betrachtungen im Fach Chemie

6.1 Integrierte Wiederholung und Anschlussfähigkeit

Für die Anschlussfähigkeit der Kompetenzentwicklung in der gymnasialen Oberstufe ist es von größter Bedeutung, dass die spiralcurriculare Arbeit in den Blick genommen wird. Besonders wichtig ist dies zu Beginn der Qualifikationsphase. Die nachfolgende Übersicht veranschaulicht, wie die im Themenfeld 3.2.1 Proteine angegebenen integrierten Wiederholungen sinnvoll in den Unterricht eingebunden werden können. Die roten Pfeile verweisen jeweils auf fachliche Inhalte des Themenfeldes, bei denen die Wiederholung fachlich sinnvoll angebunden werden kann. Die integrierte Wiederholung ist nicht als eigenständiger Baustein vor der Vermittlung zu verstehen.

TF: Proteine

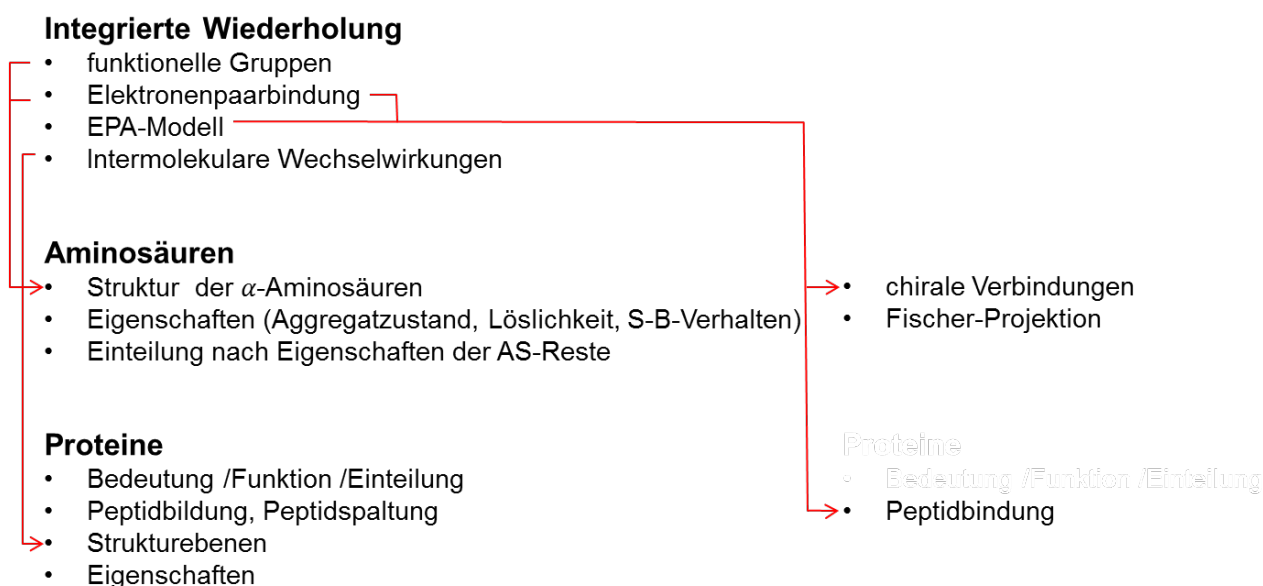


Abb. 6 Möglichkeiten der integrierten Wiederholung im Themenfeld Proteine

Grundsätzlich ist in allen Themenfeldern der Abgleich der Lernvoraussetzungen erforderlich. Der RLP für die gymnasiale Oberstufe setzt erfolgreiches Lernen in der Sekundarstufe I voraus. Anschlussmöglichkeiten an die Vorgaben des RLP 1 – 10 Berlin Brandenburg soll die folgende Grafik exemplarisch verdeutlichen. Die Pfeile zeigen, wie sich die Begriffsbildung aus der Sekundarstufe I in der Qualifikationsphase fortsetzt.

3.2.6 Säure-Base-Reaktionen		
	Grundkurs	Leistungskurs (zusätzlich zum Grundkurs)
↑ ↑ ↑ ↑ ↑	Säure-Base-Theorie von Brönsted	mehrstufige Protolysereaktionen induktiver Effekt: Einfluss auf die Acidität organischer Säuren
	Donator-Akzeptor-Prinzip von Protolysereaktionen Definition und typische Strukturmerkmale von Säure- und Base-Teilchen nach Brönsted Umkehrbarkeit von Protolysereaktionen Nachweisreaktionen	
	Säure-Base-Reaktionen im wässrigen Milieu	Säure-Base-Konstanten herleiten pOH-Wert, $pK_w = pH + pOH$ pH-Wert bei unvollständiger Protolyse für starke bzw. mittelstarke bis schwache Säuren berechnen mittels: $c(H_3O^+) = -\frac{K_S}{2} + \sqrt{\left(\frac{K_S}{2}\right)^2 + K_S \cdot c_0(HA)}$ bzw. $pH = \frac{1}{2}(pK_S - \lg c_0(HA))$ pH-Werte von Salzlösungen koordinative Bindung am Beispiel von hydratisierten Metall-Ionen
	das MWG auf Protolysereaktionen anwenden Interpretation von Säure-Base-Konstanten und pK_S und pK_B -Werten Autoprotolyse des Wassers das Ionenprodukt des Wassers herleiten pH-Wert pH-Wert bei vollständiger Protolyse berechnen: $pH = -\lg c(H_3O^+)$	
	Quantitative Analyse auf Grundlage von Säure-Base-Reaktionen	Verlauf und Interpretation verschiedener Titrationskurven (einpotoniger und mehrprotoniger Säuren bzw. starker Säuren mit schwachen Basen oder umgekehrt) charakteristische Punkte einer Titrationskurve ermitteln
↑ ↑ ↑		Puffersysteme Definition, Zusammensetzung, Beispiele Bedeutung in Natur und Technik Puffervirkung
	Brönsted-Säure, Brönsted-Base Protonendonator, -akzeptor korrespondierende Säure-Base- Paare Oxonium-Ion amphoter, Ampholyt Neutralisationstiteration Umschlagpunkt Äquivalenzpunkt	Neutralpunkt Halbäquivalenzpunkt Ligand, Zentraltelchen, koordinative Bindung

3.2.7 Indikatorfarbstoffe (nur LK)

Auszug aus dem RLP 1-10 Teil C Chemie

3.8 Säuren und Laugen – echt ätzend	Inhalte	Experimentelle/Untersuchungen
- Indikatoren – Hilfsmittel zum Erkennen und Unterscheiden von sauren, neutralen und basischen (alkalischen) Lösungen - pH-Wert (Maß für den sauren, neutralen oder basischen Charakter einer Lösung) - Säure-Base-Begriff - Bildung von sauren und alkalischen Lösungen - Neutralisationsreaktion	- Untersuchung von Haushalts- und Laborchemikalien mithilfe von Indikatoren - Reaktion von Nichtmetalloxiden und Metalloxyden mit Wasser - Reaktion von sauren Lösungen mit Metallen und mit Carbonaten - Neutralisationsreaktion	Fachbegriffe - Indikatoren - Säuren, saure Lösungen - Wasserstoff-Ion/Hydronium- bzw. Oxonium-Ionen - Basen, basische/alkalische Lösungen (Laugen) - Hydroxid-Ion - Neutralisation

Abb. 7 Anschlussfähigkeit im Themenfeld Säuren und Laugen

6.2 Verbindliche Experimente und Untersuchungen

Experimente sind das zentrale Medium des Chemieunterrichts. Sie tragen wesentlich zum Erkenntnisgewinn bei oder ermöglichen ihn erst. Die folgende Tabelle liefert Anregungen für einen experimentellen Zugang für jedes Themenfeld. Es sind sowohl Links zu Anleitungen aber auch Links zu Videosequenzen aufgelistet. Es liegt in der Entscheidung der unterrichtenden Lehrkraft, wie die experimentellen Fertigkeiten der Lernenden entwickelt werden sollen. Dazu gehört auch die geeignete Einbindung der verbindlichen Experimente und Untersuchungen. Vorrang hat selbstverständlich das im Rahmen des Unterrichts durchgeführte Realexperiment. Ein Video ist in einigen Fällen eine sinnvolle Erweiterung und ggf. eine Backuplösung. Insbesondere sind Videos geeignet zur Wiederholung von selbst erprobten oder beobachteten Experimenten sowie für Experimente mit in der Schule nicht erlaubten Chemikalien. Die folgenden Anregungen müssen ggf. entsprechend den aktuellen Vorgaben der RiSU angepasst werden. Das Erstellen von Gefährdungsbeurteilungen ist immer notwendig.

Zu ausgewählten Experimenten gibt es auch Angebote in Schülerlaboren des Netzwerks GenaU.

Themenfeld	Experiment	Hinweise
3.2.1 Proteine	Proteine	Unterrichtsreihe zum Thema Eiweiße https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/didaktik_der_chemie/schulorientiertes/ws0607/ausarbeitungen/eiweiss.pdf Proteinnachweis in Lebensmitteln https://www.lehrplanplus.bayern.de/sixcms/media.php/72/IA_C13_LB2_Proteinnachweis%20in%20LM.pdf
	Ninhydrin-Reaktion	Anleitung http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/11-12/V11-366.pdf Video (stumm, Fingerabdruck) https://www.youtube.com/watch?v=IjQJIn6nLSA
	Biuret-Reaktion	Anleitung http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/11-12/V11-363.pdf Video (mit Angaben zur Herstellung der Lösungen) https://www.youtube.com/watch?v=IUrGrOFWv4k
	Denaturierung	Anleitung https://www.chids.de/dachs/praktikumsprotokolle/PP0084Denaturierung_Eiweisse.pdf Anleitung https://www.u-helmich.de/el/04-Proteine/proteine07.html Video (stumm) https://www.chemie-experimente.com/experimenteliste/denaturieren-von-proteinen
3.2.2 Kunststoffe – problematische Alleskönner	Reaktionsmechanismen	Video: Verschiedene Reaktionsmechanismen - Stopp-Motion Video https://www.youtube.com/watch?v=3GHm9JNIOGY
	Herstellung von PS	Anleitung mit Cumolhydroperoxid als Starter https://www.chemieunterricht.de/dc2/haus/v121.htm Video (stumm) mit Benzoylperoxid als Starter https://www.youtube.com/watch?v=r3dvWV1dHfY
	Herstellung von Nylon	Anleitung

		http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/experimente/standard/alt_html/1107_nylon_herstellung.htm Video (stumm), Übersichten gut erkennbar https://www.bcp.fu-berlin.de/en/chemie/chemie/forschung/OrgChem/schall/Teaching/OCI_Videos/Versuch11_09/index.html mit Indikator https://www.youtube.com/watch?v=amMV_qYCKh4
	Herstellung von PMMA	Anleitung für dieses und viele weitere Experimente zur Herstellung von Kunststoffen auf Erdölbasis https://www.chemieexperimente.de/exp-19_21.html Video (kommentiert), tempern wird gezeigt https://www.youtube.com/watch?v=uqvw8ACXO6Y Video, flache, gefärbte Scheibe herstellen mit UV-Licht https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5253&L=1
3.2.3 Chemische Thermodynamik	Einfluss der Entropie	Anleitung http://unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/7-8/V7-317.pdf Video (stumm) mit Wärmebildkamera und Temperaturfühler als Feststoffreaktion https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5486&L=1 allgemein Anleitung zu Versuchen zur Energetik: https://fdchemie.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/fd_zentrum_chemie/Arbeitsanleitungen_Schulversuche_AC/Woche4.pdf
	Bildungsenthalpie	Anleitung LDV http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/11-12/V11-192.pdf
3.2.4 Reaktionsgeschwindigkeit und Katalyse	Autokatalyse	Anleitung https://www.chemieunterricht.de/dc2/katalyse/autokat.htm
	Abhängigkeit der v_R	Video (stumm) Mangan/Oxalsäure Temperaturabhängigkeit https://www.youtube.com/watch?v=xeQ7yRC3wel Video (stumm) Mangan/Oxalsäure Konzentrationsabhängigkeit https://www.youtube.com/watch?v=vzSdzW0IXQ Video (stumm) Zerfall von Natriumthiosulfat mit Salzsäure Konzentrationsabhängigkeit https://www.youtube.com/watch?v=xo56KONPVOI
3.2.5 Chemisches Gleichgewicht	Modellversuch	Anleitung http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/11-12/V11-273.pdf Video (stumm, aber musikalisch unterlegt) https://www.youtube.com/watch?v=zdfz_Lj1vOw
	Verschiebung des chem. GG	Anleitung (Druck, Temperatur und Konzentration) http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/11-12/V11-106.pdf Video (Druck - Mineralwasser, Temperatur - NO_2 , kommentiert) https://www.youtube.com/watch?v=WvR50mkpk-A Video (Druck - Carbonat- CO_2 , stumm) https://www.youtube.com/watch?v=W-t3WbERI5A Video (Konzentration - Kaliumthiocyanat, stumm) https://www.youtube.com/watch?v=OCbIsqjEohQ
	konduktometrische Fällungstiteration	Anleitung zur konduktometrischen Titration (Einführung, keine Fällung) https://www.tu-chemnitz.de/chemie/elchem/anleitungen/pcae4.pdf Anleitung zur Fällungstiteration von Chlorid (ohne Konduktometrie) https://www.chem.uni-potsdam.de/groups/anorganik2018/Argentometrie.pdf#

3.2.6 Säure-Base-Reaktionen	Nachweis von Ionen	Anleitung (Chlorid-Nachweis und Lebensmitteluntersuchung) https://www.tu-braunschweig.de/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=42148&to-ken=5adaba5855d9457bf2750f3b285a94a11c298ccc Anleitung (Chlorid-Nachweis) http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/exp_neu.php?id=1453 Anleitung (Halogenid-Nachweis mit Silbernitratlösung) https://www.chemische-experimente.com/analytische_chemie2.htm Video (Cl⁻ - Nachweis, kommentiert) https://www.youtube.com/watch?v=S29zVkuHE2o Video (Bromid- und Jodid-Nachweis, kommentiert) https://www.youtube.com/watch?v=oj-hWWGv8sc Anleitung (Varbonation-Nachweis) https://www.tu-braunschweig.de/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=41694&to-ken=dff2099f8bafb66e2a4c1cf2677ebc2ab0e32cc8 Video (Carbonationen-Nachweis, kommentiert) https://www.youtube.com/watch?v=ZPrIvDU8Up4 https://www.youtube.com/watch?v=2bw2vXlZFjs Anleitung (Hydroxid-Ionen) http://unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/9-10/V9-276.pdf Anleitung (Oxonium-Ionen mit Rotkohlsaft – U-Reihe „Die Zunge der Chemiker“) https://www.mint-ec.de/fileadmin/content/schriftenreihe_pdfs/neu_Chemie_B_22_ON-LINE_c.pdf Anleitung (Nachweis von OH⁻ und H₃O⁺-Ionen mit verschiedenen Indikatoren – Hibiskus, Rotkohl, Brombeermarmelade) http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/exp_neu.php?id=1725 Anleitung (Ammonium-Ionen) http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/experimente/standard/alt_html/1301a_deo_nh3nachweis.htm Anleitung (Ammonium-Ionen im Deo) http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/experimente/standard/alt_html/1301b_deo-stift.htm Video (Ammoniumion-Nachweis in Mikrogaskammer, unkommentiert) https://laborecke.de/praktika/qualitative-analysen/kationennachweise/ammonium-in-der-mikrogaskammer/
	Titration	Anleitung (Säure-Base-Titration) Video (Säure-Base-Titration, kommentiert) https://www.youtube.com/watch?v=2lBldLCiM30 Anleitung (pH-Wert von Salzlösungen) http://www.phywe-es.com/index.php/fuseaction/download/lrn_file/versuchsanleitung-gen/p7510400/p7510400d.pdf
	Puffer	Anleitung (Pufferwirkung Trinkwasser vs. dest. Wasser) http://unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/9-10/V9-196.pdf
3.2.7 Indikatorfarbstoffe (nur LK)	Indikatorfarbstoffe	Anleitung (Rotkohlfarbstoff Anthocyan) https://www.simplyscience.ch/teens/experimente/rotkohl-als-indikator Anleitung (verschiedene Indikatorfarbstoffe – Phenolphthalein, Bromthymolblau...) https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/chemie/bs/6bg/6bg1/lpe_7_saeuren_laugen_neutralisation/703_versuch.html Anleitung (verschiedene Chromatografieversuche) https://www.chemie-biologie.uni-siegen.de/chemiedidaktik/service/fund-grube/chrom5.html?lang=de
	Chromatografie	Anleitung + Unterrichtsmaterial (Chromatografie Filzstiftfarbstoffe und Smarties) https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/didaktik_der_chemie/schulorientiertes/ws0506/chromatographie_fulde_schmitz_david_sendas.pdf Video (Blattchromatographie, kommentiert) https://www.youtube.com/watch?v=VLXIR2-Tnyw

3.2.8 Redoxreaktionen	Metalle aus Metallsalzlösungen abscheiden	Anleitung (Metallabscheidung) http://www.phywe.fr/index.php/fuseaction/download/lrn_file/versuchsanleitungen/p1033000/p1033000d.pdf Video (Metalle in verschiedenen Metallsalzlösungen, unkommentiert) https://www.youtube.com/watch?v=W5b2bu_6HG4 https://www.youtube.com/watch?v=mSmfC3ulPM4
	Nachweis reduzieren-der Wirkung	Anleitung (Fehling-Probe) https://www.chids.de/dachs/wiss_hausarbeiten/Kohlenhydrate_Gemer/versuche/protokolle/fehling_glucose.pdf http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/exp_neu.php?id=50 Video (Fehling, unkommentiert) https://www.bcp.fu-berlin.de/en/chemie/chemie/forschung/OrgChem/schalley/Teaching/OCI_Videos/Versuch10_02/index.html Video (Erklärung der Fehling-Probe, kommentiert) https://www.youtube.com/watch?v=luCnye9iUzs Anleitung (Tollensprobe) http://www.uni-koeln.de/math-nat-fak/didaktiken/chemie/schokomaterialien/v1.pdf Video (Tollensprobe, unkommentiert)
	Oxidation von Alkanolen	Anleitung (Oxidation von Alkanolen, S.209 ff) https://rosdok.uni-rostock.de/file/rosdok_disshab_0000001371/rosdok_derivate_0000027866/Dissertation_Anscheit_2015.pdf Video (Oxidation von Alkanolen mit Kaliumpermanganatlsg., kommentiert und erklärt) https://www.youtube.com/watch?v=8X4DmBbjHok
	Redox-titration	Anleitung (Redox Titration – Sulfidgehalt in Weißwein) http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/9-10/V9-568.pdf Anleitung (Redox Titration – Masse an Ascorbinsäure in Fruchtsäften, S.47) https://ti-unterrichtsmaterialien.net/fileadmin/documents/T3_Titrationen_INH.pdf
3.2.9 Elektrochemie	Galvanisches Element bauen und Zellspannung messen	Anleitung (einfache Batterie bauen) http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/11-12/V11-500.pdf Anleitung (Bau eines Daniellelements + Material) https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/chemie/gym/bp2004/fb3/modul1/2_mat_2/e2_030/ Anleitung (Spannung galvanischer Zellen) https://www.ipc.uni-jena.de/ipcmedia/lehre/bbc/pr_zellspannung_2019neut+(1).pdf
	Vorgänge bei der Korrosion	Anleitung (Korrosion + Material Sek I) https://www.conatex.com/media/experiments/VADE/VADE_Chemie_Korrosion.pdf Anleitung (Korrosion mit Indikator Kaliumhexacyanoferrat) https://www2.chemie.uni-erlangen.de/projects/vsc/chemie-mediziner-neu/redox/korrosion.html
	Konzentrationszelle (LK)	Anleitung (Konzentrationszelle) https://www.experimentas.de/experiments/view/2339 Video (Simulation Konzentrationszelle – Ag) https://www.youtube.com/watch?v=CpVukCmGiUo
	Elektrolyse (LK)	Anleitung (Kochsalz-Elektrolyse) https://www.simplyscience.ch/teens/wissen/die-kochsalz-elektrolyse-salz-wasser-strom-ergibt Anleitung (Zinkjodid-Elektrolyse) http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/9-10/V9-471.pdf Video (Zinkjodid-Elektrolyse, unkommentiert) https://www.youtube.com/watch?v=ISs5QZ-MdRU

	superhydrophobe Beschichtung	Anleitung (Lotuseffekt bei Glas, Stoff, Holz, S.10.ff) http://www.swissnanocube.ch/uploads/tx_rfnanoteachbox/Lehreranleitung_Lotus_V2_01.pdf Kupfer mit Laurinsäure https://www.plus.ac.at/wp-content/uploads/2021/02/Projektbericht_Hiwa_Aydin.pdf Eine Anleitung ist auch in der Materialsammlung Material
--	------------------------------	--

(Abruf aller Links Dezember 2021)

6.3 Nanomaterialien

Im Themenfeld 3.2.9 Elektrochemie sind bei den verbindlichen Vorgaben für den Leistungskurs Beispiele für Strukturen und Oberflächeneigenschaften eines Nanomaterials angegeben. Aus den Vorgaben der Bildungsstandards ergibt sich diese inhaltliche Schwerpunktsetzung, die jedoch im Rahmen des Themenfeldes nur einen kurzen Exkurs darstellen soll. Dazu wurde in den Vorgaben beispielhaft auf ein Experiment hingewiesen, dass für die Umsetzung in Unterricht geeignet erscheint. Zur Unterstützung der Implementierung soll dieses Experiment nachfolgend beschrieben werden.

Superhydrophobe Beschichtung – der Lotus-Effekt

Der Lotuseffekt stellt einen Klassiker der Bionik dar, wenn es darum geht, naturwissenschaftliche Phänomene auf die Technik zu übertragen. Das Abperlen von Wasser und Schmutz von den Blättern und die damit einhergehende Selbstreinigung der Lotusblume galt als Vorbild für die Herstellung selbstreinigender Oberflächen wie z.B. Häuserfassaden, Dachziegel und Sensoren für Mautsysteme.⁴

Beim Lotuseffekt spielen zwei Aspekte eine wesentliche Rolle: die chemische Zusammensetzung des Feststoffs und die Rauheit seiner Oberfläche.

Glatte Oberflächen sind hydrophil, wenn der Tropfen einen Kontaktwinkel von kleiner als 90° einnimmt. Bei 0° würde die Flüssigkeit zerfließen und die gesamte Oberfläche benetzen.

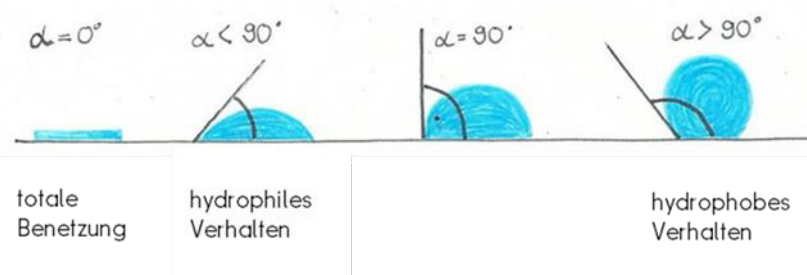


Abb. 8 verschiedene Kontaktwinkel⁵

Ist der Kontaktwinkel jedoch größer als 90° , spricht man von hydrophoben Oberflächen. Die Flüssigkeit nimmt hierbei die Form einer Halbkugel an (siehe Abb.1). Die größten Kontaktwinkel bei glatten Oberflächen mit 120° weisen Fluorpolymere und Silikonmaterialien auf. Durch Modifikation der Oberfläche (Veränderung der Rauheit), können jedoch deutlich höhere Kontaktwinkel (über 160°) erzielt werden. Hierbei spricht man dann von superhydrophoben Oberflächen, wie es auch bei der Lotusblume der Fall ist.⁶

⁴ Vgl.: <https://www.br.de/wissen/bionik-lotuseffekt-vorbild-natur-technik-100.html>, letzter Aufruf 27.12.2021

⁵ eigene Abbildung

⁶ Vgl.: Sören Kaps: Paktikumsanleitung zu Versuch M301 : Nanostructuring of Copper Surfaces, Universität Kiel; 27.10.2017

Die Oberflächen der Blätter sind hierbei durch zahllose Wachskristalle bedeckt, wodurch der Kontakt zwischen Wasser bzw. Schmutzpartikel mit der Blattoberfläche deutlich verringert wird. Die Adhäsionskräfte zwischen Wasser und Blatt sind dadurch kleiner als bei glatten Oberflächen. Die hydrophoben Wachskristalle und die umgebende hydrophobe Luft führen schließlich dazu, dass das Wasser aufgrund seiner Oberflächenspannung eine kugelige Form annimmt (Kontaktwinkel $\geq 160^\circ$) und vom Blatt herunterrollt.



Abb.9: Lotusoberfläche⁷

Dabei können hydrophobe Schmutzpartikel mitgerissen werden, wodurch sich die Selbstreinigung der Pflanze ergibt.⁸ Dies liegt daran, dass sich das Schmutzteilchen lediglich auf der äußersten Spitze der Wachskristalle befindet und die Adhäsionskräfte gegenüber dem Wassertropfen größer sind als zum Wachskristall.⁹ Entsprechend dieses Phänomens werden in der Technik die Oberflächen nun so behandelt, dass sie im Nanobereich kleinste Erhebungen zeigen, ähnlich wie die Wachskristalle auf dem Blatt. Im Beispiel bildet sich durch das Eintauchen des Kupfers in die basische Kaliumperoxodisulfatlösung Kupferhydroxid in orthorhombischer Struktur aus. Diese Oberfläche wird durch die Laurinsäure noch modifiziert und es bildet sich eine Monoschicht aus Kupfercarboxylat, die nun einen gemessenen Kontaktwinkel von ca. 160° aufweist. Die Oberfläche ist folglich superhydrophob.¹⁰

Diese Effekte lassen sich am Kupfer gut beobachten. Betrachtet man das reine, glänzende Metall und lässt einen Wassertropfen darauf herunterfließen, so erkennt man, dass das Wasser nur wenig an der hydrophilen Oberfläche haftet und relativ langsam herunterrollt. Der Kontaktwinkel wurde auf 88° gemessen.¹¹ Nach der Nanobeschichtung zeigt sich jedoch, dass der Wassertropfen deutlich schneller herunterrollt und weniger zerfließt - die Oberfläche ist nun superhydrophob. Der nachfolgende Link führt zu einem Video, das das Experiment sowie das Ergebnis zeigt und im Unterricht eingesetzt werden kann.

Link zum Video: <https://youtu.be/uS9wHQUDO64>

⁷ Lotus2mq, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lotus2mq.jpg> (CC BY-SA 3.0) , William Thielicke, 07.01.22

⁸ Vgl.: <https://www.leifiphysik.de/uebergreifend/bionik/grundwissen/der-lotuseffekt-selbstreinigende-oberflaeche>; letzter Aufruf 27.12.2021

⁹ Vgl.: FCI „Informationsserie - Wunderwelt der Nanomaterialien“, FCI Frankfurt, September 2005, S.15

¹⁰ Vgl.: Quinmin Pan, Haizu Jin und Hongbo Wang: Fabrication of superhydrophobic surfaces on interconnected Cu(OH)₂ nanowires via solution-immersion, IOP Publishing - Nanotechnology 18; 07.08.2007

¹¹ Vgl.: Quinmin Pan, Haizu Jin und Hongbo Wang: Fabrication of superhydrophobic surfaces on interconnected Cu(OH)₂ nanowires via solution-immersion, IOP Publishing - Nanotechnology 18; 07.08.2007

Für den Versuch zur superhydrophoben Beschichtung werden Chemikalien benötigt, die entsprechend der DGUV einer Tätigkeitsbeschränkung für Schülerinnen und Schüler bis zur 4. Jahrgangsstufe unterliegen, in höheren Jahrgangsstufen aber eingesetzt werden dürfen. Für die Nutzung von Kaliumperoxodisulfat wird eine Ersatzstoffprüfung verlangt.¹²

Hinweis: Laurinsäure (Dodecansäure) ist im Chemikalienhandel erhältlich, jedoch findet sich diese nicht in den Katalogen und muss per E-Mail bzw. telefonisch geordert werden (100g/ ca. 43 Euro). Die in Kokosfett enthaltene natürliche Laurinsäure hat sich für den Versuch nicht bewährt.

Versuchsbeschreibung:

Materialien: zwei Bechergläser, drei Spatellöffel, Waage, Messzylinder, Magnetrührer mit Rührfisch, Pinzette, Pipette, Papiertücher

Chemikalien: Kupferblech (2x2,5cm)

Kaliumperoxodisulfat



Natriumhydroxid



Ethanol (Brennspiritus funktioniert auch)



Vorbereitung: Eventuell muss das Kupferblech gereinigt werden, wenn dieses nicht glänzend rot erscheint. Dazu das Kupfer mit Schleifpapier abschmirlgeln und anschließend den Staub mit 2-Propanol entfernen. (Im gezeigten Video wurde darauf verzichtet.)

- Versuchsdurchführung¹³:
1. Wiege 4g Natriumhydroxid und 1,35g Kaliumperoxodisulfat ab.
 2. Löse beide Feststoffe in 50 mL destilliertem Wasser (2M NaOH; 0,1M K₂S₂O₈). Stelle dazu das Becherglas auf den Magnetrührer und gib den Rührfisch dazu. Stelle den Magnetrührer an, so dass sich der Rührfisch gleichmäßig bewegt und sich die Feststoffe lösen.
 3. Sobald die Feststoffe gelöst sind, stelle das Becherglas auf den Tisch und nimm den Rührfisch heraus.
 4. Stelle ein Stück Kupferblech hinein und warte 20-30 Minuten (das Kupferblech sollte sich langsam schwarz färben).
 5. Nimm das Kupferblech heraus und lege es zum Trocknen auf ein Papiertuch.

¹² Vgl.: <https://degintu.dguv.de/>

¹³ Vgl.: Sören Kaps: Paktikumsanleitung zu Versuch M301: Nanostructuring of Copper Surfaces, Universität Kiel; 27.10.2017

6. Bereite eine 5M Laurinsäurelösung in Ethanol vor. Gib dazu 40g Laurinsäure und 40 mL Ethanol in ein Becherglas. Rühre mit dem Spatellöffel so lange um, bis sich der Feststoff gelöst hat.
(Im Video ist eine 0,12 M Laurinsäurelösung verwendet worden – 1g Laurinsäure in 40 ml Ethanol)
7. Lege das Kupferblech für 15 Minuten mit seiner schwarzen Seite in die Lösung.
8. Hole das Kupferblech aus der Lösung und lege es abermals zum Trocknen auf ein Papiertuch.
9. Fülle die Pipette mit Wasser und lass Wassertropfen jeweils auf der schwarzen als auch auf der Kupferseite hinunterlaufen.

Beobachtung: Das Kupferblech färbt sich nach dem Eintauchen in die basische Kaliumpersulfatlösung langsam schwarz. Nachdem Laurinsäurebad sind leichte farblose Erhebungen auf der schwarzen Oberfläche zu erkennen.

Auswertung: Kaliumperoxodisulfat ist ein starkes Oxidationsmittel und wird in der Reaktion mit Kupfer zu Sulfationen reduziert. Kupfer wird oxidiert und bildet Kupfer-(II)-hydroxid-Nanodrähte, welche in orthorhombischer Struktur auskristallisieren. Durch die dadurch entstehende Rauheit der Oberfläche wird das gesamte Licht absorbiert und die Fläche erscheint schwarz. Die Kupferionen können schließlich in einer Ion-Ion-Wechselwirkung Carboxylat-Ionen binden, wodurch sich eine Kupfercarboxylatschicht aus $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{COO})_2$ bildet, dessen Alkylschwänze der Luft ausgesetzt sind, und so zu einer superhydrophoben Beschichtung beitragen.

6.4 Jahrgangsübergreifende Kurse

Auch mit den neuen RLP für die gymnasiale Oberstufe besteht weiterhin die Möglichkeit, jahrgangsübergreifende Kurse anzubieten. Mit diesem anspruchsvollen Konzept gelingt es einigen Schulen Kursangebote speziell in den Fächern Chemie und Physik aufrecht zu erhalten. Damit wird bei geringeren Anwahlzahlen dieser Kurse den Schülerinnen und Schülern einer Schule ermöglicht, ihre Kompetenzentwicklung in diesen Fächern auszubauen und das Fach im 3. Aufgabenfeld im Abitur anzuwählen. An dieser Stelle sei den besonders engagierten Kolleginnen und Kollegen, die diese Kurse anbieten, herzlich gedankt. Die Umsetzung von jahrgangsübergreifenden Kursen erfordert eine sehr gute Strukturierung und einen konsequent differenzierten Unterricht. Die Einführung des neuen RLP für die gymnasiale Oberstufe schafft für diese Kurse zusätzliche Herausforderungen, die sich insbesondere im Schuljahr 2023/24 ergeben werden. Deshalb wurde für jahrgangsübergreifende Kurse in den naturwissenschaftlichen Fächern als Übergangsregelung für das

Schuljahr 2023/24 die Bindung der Themenfelder an die Kurshalbjahre aufgehoben. Hinweise zur Unterrichtsplanung in jahrgangsübergreifenden Kursen im Hinblick auf die schriftlichen Abiturprüfungen werden auf Nachfrage von der Fachaufsicht für naturwissenschaftliche Fächer angeboten.

7 Anhörungsbericht und Implementierungsangebote

Ein umfangreicher Anhörungsprozess zum RLP der gymnasialen Oberstufe fand im Schuljahr 2020/21 statt. Ein besonderer Dank gilt allen Kolleginnen und Kollegen, Fachbereichen Naturwissenschaften und auch den Vertretungen von (Fach-)Verbänden für die Kenntnisnahme und die umfangreichen Rückmeldungen. Besonders zum Fachteil C Chemie wurde aufgrund von zumeist sachlichen und fachkompetenten Hinweisen eine deutliche Überarbeitung des Fachteils C vorgenommen.

Berücksichtigte Anregungen:

1. Die Reihenfolge der Themenfelder wurde geändert.
2. Die Themenfelder der organischen Chemie wurden in Q1 angeordnet.
3. Das Themenfeld 10 wurde gestrichen und die Reaktionsmechanismen in die anderen Themenfelder integriert.

Einige Rückmeldungen haben sich auch auf die durch die Bildungsstandards vorgegebenen Bereiche bezogen. Hier konnte keine Anpassung vorgenommen werden, da die von der KMK verabschiedeten Bildungsstandards die Grundlage für die ab 2025 geplante Verwendung von bundesweiten Poolaufgaben bilden.

Der vollständige Anhörungsbericht ist veröffentlicht unter: https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/gymnasiale_oberstufe/Materialien_RLP_GOST_Nawi/2021_12_13_Anhoerungsbericht_RLP_GOST_2021.pdf

Die Implementierung des neuen Rahmenlehrplans für die gymnasiale Oberstufe ist eine zentrale Aufgabe der Fachbereiche Naturwissenschaften in den kommenden Jahren. Da in der Rahmenlehrplanentwicklung zunächst mit der Entwicklung der Fachteile C in diesen Fächern begonnen wurde, sind die Naturwissenschaften Vorreiter in einem kontinuierlichen Überarbeitungsprozess der fachbezogenen Festlegungen für das schulinterne Curriculum. Dieser Prozess wird begleitet von einer Reihe flankierender Maßnahmen, die die Kolleginnen und Kollegen dabei unterstützen sollen.

Im Schuljahr 2021/22 hat dieser Prozess mit einer Fortbildungsreihe für Schulberaterinnen und Schulberater begonnen. Hier werden fachliche und überfachliche Sachverhalte zum neuen RLP der gymnasialen Oberstufe unter Leitung der Referentin für Naturwissenschaften Frau Dr. Ilona Siehr, ihrem NAWI-Team und Mitgliedern aus den RLP-Entwicklergruppen beider Länder am LISUM für die Implementation aufbereitet, die dann jeweils in den Regionalkonferenzen mit den fachverantwortlichen Lehrkräften multipliziert werden. Es ist essenziell, dass aus allen Schulen Vertreter und Vertreterinnen der Fächer an den Regionalkonferenzen teilnehmen, um den schulinternen Prozess der Umsetzung des RLP für die gymnasiale Oberstufe steuern zu können.

Einen Überblick über die für die jeweiligen Regionen angebotenen Regionalkonferenzen, regionale und überregionale Fortbildungen finden Sie in der Fortbildungsdatenbank der Regionalen Fortbildung. <https://www.fortbildung-regional.de/suchen/index.php>

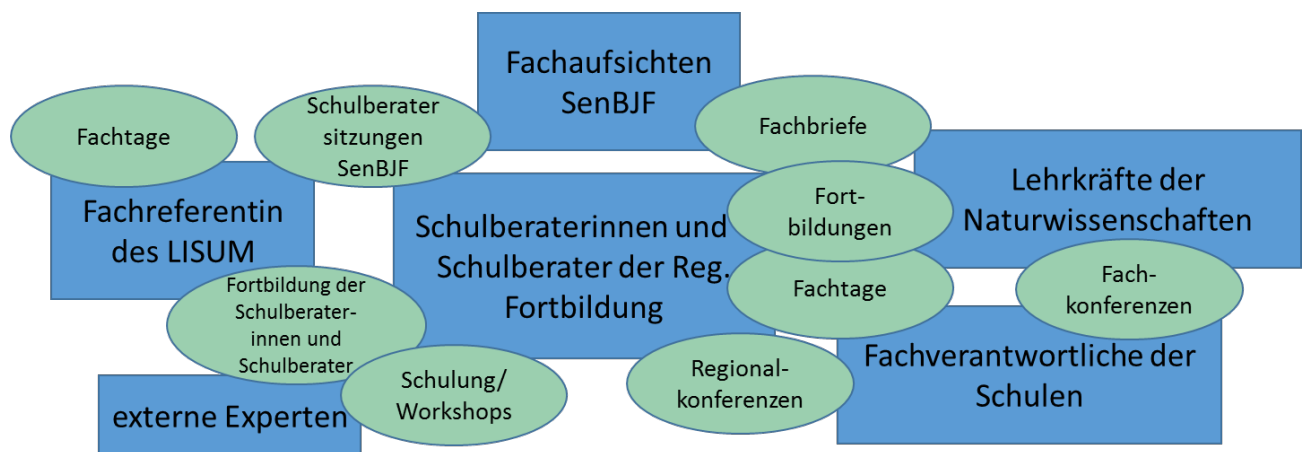
Im Auftrag der Regionalen Fortbildung stehen in Berlin überregional fachspezifische Ansprechpersonen für Fragen der Implementierung zur Verfügung. Sie sind Mitautoren dieses Fachbriefes und stehen neben den regionalen Schulberatenden zur Verfügung.

Biologie: Frau Cornelia Seidel seidel@sportschule-olympiapark-poelchau.de

Chemie: Frau Kathrin Gütte guette@ellen-key-schule.de

Physik: Oliver Pechstein oliver.pechstein@senbjf.berlin.de

Die folgende Übersicht zeigt, in welchen Formaten der Implementierungsprozess umgesetzt wird.



8 Hinweise zum Abitur 2022

Für das Abitur 2022 sollen hier noch einmal die wichtigsten Regelungen zusammengefasst werden.

- Die Kursleiterin/der Kursleiter prüft, ob das Experiment im Hinblick auf die erreichte Kompetenzentwicklung der Prüflinge angemessen erscheint. Konnten die entsprechenden Kompetenzen nicht entwickelt werden, ist in Ausnahmefällen die Verwendung der regelhaft angebotenen Ersatzaufgabe zum Experiment für diese Prüfungsgruppe sinnvoll.
- Jeder Aufgabenvorschlag umfasst vier Aufgabenstellungen. Jede der vier Aufgabenstellungen bezieht sich in ihrem Schwerpunkt auf ein anderes Kurshalbjahr (Q1-Q4). Die Kursleiterin/der Kursleiter legt vier Aufgabenstellungen den Prüflingen vor. Die Schülerinnen und Schüler wählen zwei Aufgabenstellungen aus und bearbeiten diese.
- Die Bearbeitungszeit beträgt im Grundkurs 210 Minuten inkl. Auswahlzeit. Zusätzlich stehen weitere 30 Minuten als Bearbeitungszeit zur Verfügung (Gesamtbearbeitungszeit: 240 Minuten inkl. Lese- und Auswahlzeit).
- Die Bearbeitungszeit beträgt im Leistungskurs 270 Minuten inkl. Auswahlzeit. Zusätzlich stehen weitere 30 Minuten als Bearbeitungszeit zur Verfügung (Gesamtbearbeitungszeit: 300 Minuten inkl. Lese- und Auswahlzeit).
- Der Lieferung der Druckexemplare liegen separat 3 Erwartungshorizonte bei.
- Für Kurse mit fünf und weniger Schülerinnen und Schülern im schriftlichen Zentralabitur erfolgt keine Lieferung von Druckexemplaren. Die Schulen werden gebeten die Unterlagen in eigener Verantwortung bereitzustellen. Die Schulleitungen erhalten diesen Hinweis in einem gesonderten Schreiben.

9 MINT-Wettbewerbe – digitale Tagung

Mit der Teilnahme an MINT-Wettbewerben können Lehrkräfte viele unterschiedliche Ziele erreichen, beispielsweise die Entwicklung von fachübergreifenden Kompetenzen fördern, Berufs- und Studienorientierung aufzeigen oder unterschiedliche Begabungen identifizieren.

Auf der digitalen Tagung „zukunftsrichtungen 22: MINT-Wettbewerbe, das können doch alle!“ erhalten Lehrkräfte am 17.03.2022 die Möglichkeit eine Vielzahl unterschiedlicher MINT-Wettbewerbe durch direkten Kontakt mit den Wettbewerbsleitungen kennen zu lernen. Zusätzlich stellen sich mehrere Schülerforschungszentren und Schülerlabore vor, die Lehrkräfte bei der Betreuung, und Schülerinnen und Schüler bei der Durchführung von MINT-Wettbewerben unterstützen. Die Tagungsreihe „zukunftsrichtungen“ wird organisiert und durchgeführt von junior1stein, einer Initiative der Berliner Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie für MINT-Bildung in Kita und Schule.

Weitere Informationen und Anmeldung unter: <https://www.junior1stein.de/PROJEKTE/>

Anlage 1 Übersicht der Kompetenzen und Standards Biologie, Chemie, Physik
Anlage 2 Vorschlag für die fachbezogenen Vereinbarungen im SchiC (editierbar)