



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR BILDUNG

LEHRPLAN CHEMIE

Grund- und Leistungsfach in der gymnasialen Oberstufe (Mainzer Studienstufe)



Foto: ©DillionPhotos.com/stock.adobe.com

IMPRESSUM

Herausgeber:

Ministerium für Bildung
Mittlere Bleiche 61
55116 Mainz

Telefon: 06131 16-0 (zentraler Telefondienst)
Telefax: 06131 16-2997
E-Mail: poststelle@bm.rlp.de
Web: www.bm.rlp.de

Verantwortlich:

Volker Tschiedel, Ministerium für Bildung

Redaktion:

Barbara Dolch, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Skriptbearbeitung:

Ute Nagelschmitt, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Satz und Layout:

Harald Goebel, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Erscheinungstermin: 2022

© Ministerium für Bildung

INHALT

	Vorwort	4
	Präliminarien	6
1	Fachpräambel	6
1.1	Bildungsstandards und Lehrplankonzeption	6
1.2	Bildungsbeitrag des Faches Chemie	7
2	Bildungsstandards und Basiskonzepte für das Fach Chemie	8
2.1	Sachkompetenz	11
2.2	Erkenntnisgewinnungskompetenz	12
2.3	Kommunikationskompetenz	14
2.4	Bewertungskompetenz	15
2.5	Basiskonzepte	17
	Arbeiten mit dem Lehrplan	19
3	Das Bausteinprinzip	19
3.1	Aufbau	19
3.2	Zeitansatz	23
4	Die Bausteine	24
4.1	Alphabetische Auflistung der Rahmenbausteine	24
4.2	Auflistung der Bausteine nach Pflicht-, Wahlpflicht- und Wahlbausteinen	24
4.3	Fachinhalte der Bausteine	30
5	Umsetzung im Unterricht	74
5.1	Besonderheiten der Einführungsphase	74
5.2	Reihung der Bausteine	76
5.3	Beispiel für Kompetenzentwicklung	105
5.4	Anknüpfungspunkte für die Umsetzung der Bildung für eine nachhaltige Entwicklung (BNE)	107
5.5	Green Chemistry	108
5.6	Integration der Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ in den Unterricht	109
	Abbildungsverzeichnis	111
	Literaturverzeichnis	111
	Mitglieder der fachdidaktischen Kommission	111

VORWORT



Foto: Peter Bajjer

Liebe Leserinnen und Leser,

die 20er Jahre des 21. Jahrhunderts haben die fundamentale Bedeutung der Naturwissenschaften für das Verständnis unserer Welt schon an ihrem Anfang mehr als deutlich gemacht. Die Auswirkungen der Klimakrise, Energieknappheit und die Corona-Pandemie haben gezeigt: Wer die Welt des 21. Jahrhunderts mit all ihren Herausforderungen, aber auch ihren Durchbrüchen in Forschung und Entwicklung verstehen und gestalten will, braucht naturwissenschaftliche Kompetenzen. Die Klimakrise bewältigen, Biodiversität stärken, auf neue Arten der Energiegewinnung oder Mobilität umstellen – all das braucht die Naturwissenschaften und naturwissenschaftliches Verständnis und all das wird unser Land in den kommenden Jahren prägen.

Junge Menschen zur Gestaltung der Zukunft zu befähigen, heißt deshalb auch und besonders, ihnen die notwendigen Kenntnisse und Fähigkeiten aus dem Feld der Naturwissenschaften zu vermitteln.

Dass die im Jahr 2020 von der Kultusministerkonferenz verabschiedeten Bildungsstandards diese große Bedeutung der Naturwissenschaften für die Durchdringung unserer Welt unterstreichen, ist deshalb richtig und folgerichtig.

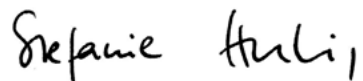
Diese Bildungsstandards für die allgemeine Hochschulreife zu konkretisieren, ist die Aufgabe der vorliegenden Lehrpläne Biologie, Chemie und Physik. Sie knüpfen dabei im Sinne einer kontinuierlichen Kompetenzentwicklung nahtlos an die Lehrpläne der Sekundarstufe I an.

Wo es angezeigt ist, wird eine Strukturierung der Inhalte vorgegeben, wobei die Lehrkräfte eine möglichst große Freiheit zur eigenverantwortlichen Gestaltung und Anpassung des Unterrichts an die jeweilige Lerngruppe haben.

Mit den neuen Lehrplänen für die Sekundarstufe II werden auch zentrale Elemente in den schriftlichen Abiturprüfungen in Biologie, Chemie und Physik eingeführt. Die Konzeption der Lehrpläne stellt die Behandlung aller prüfungsrelevanten Themen in den Pflichtbausteinen sicher. Der modulare Aufbau mit Wahlpflicht- und Wahlbausteinen ermöglicht dabei weiterhin eine individuelle Schwerpunktsetzung unter Berücksichtigung der Interessen der Lernenden.

Mein Dank gilt den Fachdidaktischen Kommissionen für ihre engagierte Arbeit an diesen Lehrplänen und für ihren Einsatz bei der Weiterentwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts in Rheinland-Pfalz. Ich danke auch allen Beteiligten aus Wissenschaft, Lehrerbildung und Schule, die in vielen Fachrunden, Arbeitstreffen und im Anhörungsverfahren die Lehrplanentwicklung mit ihrer Expertise begleitet und mit wertvollen Anregungen bereichert haben.

Ich wünsche allen Lehrkräften viel Freude und Erfolg dabei, mit Hilfe der vorliegenden Lehrpläne den Fachunterricht in den Naturwissenschaften zu gestalten und zum Verständnis der Welt beizutragen.



Dr. Stefanie Hubig
Ministerin für Bildung des Landes Rheinland-Pfalz

1 FACHPRÄAMBEL

1.1 Bildungsstandards und Lehrplankonzeption

Ziel des Chemieunterrichtes ist es, dass die Lernenden chemisches Fachwissen erwerben und dieses kompetent anwenden. Diese fachbezogenen Kompetenzen sind in den bundesweit gültigen Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife [1] aufgeführt. Grundlage ist dabei das Kompetenzmodell der naturwissenschaftlichen Fächer. Die chemische Fachkompetenz ergibt sich aus dem Zusammenwirken der Kompetenzen in den Bereichen Sach-, Erkenntnisgewinnungs-, Kommunikations- und Bewertungskompetenz. Diese vier Kompetenzbereiche lassen sich nicht streng voneinander abgrenzen, sondern sie durchdringen und ergänzen einander. Die Entwicklung der Fachkompetenz in diesen vier Bereichen ist durchgängiges Ziel des Unterrichts und vollzieht sich in der Auseinandersetzung mit Fachinhalten, also dem handelnden Umgang mit Wissen.

Ergänzend zur Darstellung der Kompetenzbereiche in den Bildungsstandards werden in diesen auch grundlegende fachbezogene Basiskonzepte vorgestellt. Diese Basiskonzepte ermöglichen eine Vernetzung fachlicher Inhalte und deren Betrachtung aus verschiedenen Perspektiven.

Der vorliegende Lehrplan Chemie für die gymnasiale Oberstufe berücksichtigt die Vorgaben der Bildungsstandards, indem diese auszugsweise im Wortlaut wiedergegeben werden. Der besseren Lesbarkeit wegen wurde bei diesen Zitaten auf das Kursivsetzen der Schrift verzichtet. Die Inhalte, an denen diese Kompetenzen erworben und entwickelt werden können, werden im bewährten Bausteinprinzip (Kapitel 4) aufgeführt.

Damit bietet der Lehrplan die Voraussetzung für einen kompetenzorientierten Chemieunterricht mit inhaltlicher und methodischer Vielfalt in einer breiten Palette von Unterrichts- und Sozialformen.

Durch das Bausteinprinzip ermöglicht der Lehrplan unterschiedliche didaktische Akzentuierungen, legt aber durch die Angabe von Pflichtbausteinen ein inhaltlich einheitliches Grundwissen fest. Durch die Möglichkeit der Auswahl aus einer Vielzahl von Wahl- und Wahlpflichtbausteinen lässt er gleichzeitig Wahlmöglichkeiten zu und bietet Lehrerinnen und Lehrern auf diese Weise maximale Gestaltungsfreiheit.

1.2 Bildungsbeitrag des Faches Chemie

„Die Naturwissenschaft Chemie beschäftigt sich mit dem Aufbau, den Eigenschaften und der Umwandlung von Stoffen auch unter energetischen Aspekten. Das Experiment ist dabei von zentraler Bedeutung. Die Chemie beschreibt die stoffliche Welt unter besonderer Berücksichtigung der chemischen Reaktion als Einheit aus Stoff- und Energieumwandlung durch Teilchen- und Strukturveränderungen und Umbau chemischer Bindungen. Kennzeichnend sind dabei die wechselnde Betrachtung von Stoffen und Stoffumwandlungen sowohl auf der Stoff- als auch auf der Teilchenebene sowie die Verknüpfung beider Ebenen zur Erklärung von Phänomenen und Sachverhalten. Die Chemie entwickelt und nutzt dazu Theorien und Modelle über die Struktur der Materie und über den Ablauf von Stoffumwandlungen sowie die damit einhergehenden Energieumsätze. Sie liefert den Lernenden einen fachlichen Zugang für die Beurteilung von historischen, aktuellen und zukünftigen Umwelt-, Verbraucher-, Ressourcen- oder Alltagsfragen, von kulturellen und technischen Entwicklungen. Darüber hinaus ist die Chemie für die ökologische und ökonomische Entwicklung unserer Gesellschaft und als Grundlage vieler Berufe von besonderer Bedeutung.

Der Chemieunterricht hat das Ziel, die Lernenden in die Lage zu versetzen, Phänomene auf der Grundlage vertiefter Kenntnisse über den Aufbau der Stoffe und deren Umwandlung zu erklären, zu bewerten und dabei adressatengerecht zu kommunizieren. Von den Lernenden werden zu diesem Zweck im Chemieunterricht Phänomene beobachtet und beschrieben, Fragestellungen formuliert, Hypothesen gebildet, Experimente und Untersuchungen durchgeführt sowie Daten erfasst und interpretiert. Die Lernenden nutzen darüber hinaus geeignete Modelle, um Hypothesen zu prüfen oder experimentelle Ergebnisse zu interpretieren. Durch Nutzung von Modellen trägt der Chemieunterricht zur Entwicklung der Fähigkeiten des abstrakten Denkens bei. Dem kriterien- und theoriegeleiteten Argumentieren und dem Strukturieren fachwissenschaftlicher Erkenntnisse kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Dies ermöglicht den Lernenden zum einen die experimentell erfahrbare Aneignung und Anwendung fachlicher Inhalte, die durch Basiskonzepte strukturiert und systematisiert werden. Zum anderen können Erkenntnisse aus dem Chemieunterricht genutzt werden, um Sachverhalte aus der Perspektive der Chemie zu bewerten.

Der Chemieunterricht vertieft unter Nutzung der Basiskonzepte das Verständnis vom Aufbau der Stoffe und von Stoff- und Energieumwandlungen in der belebten und unbelebten Natur sowie in der Technik auch unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit. In diesen Zusammenhängen sind das selbstständige, sicherheitsgerechte Experimentieren und die korrekte Verwendung von Fachsprache, Mathematisierungen und digitalen Werkzeugen unverzichtbar.

Der Chemieunterricht leistet einen Beitrag zur sozialen, ökologischen und ökonomischen Bildung. Gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklungen sowie Umweltaspekte sind regional und global eng verknüpft mit chemischen Sachverhalten. Die Lernenden gehen in ihrer Lebenswelt täglich mit vielen unterschiedlichen Produkten der chemischen Industrie um. Das Spektrum reicht dabei von einfachen Alltagschemikalien über Kosmetika und Pharmazeutika bis hin zu modernen Textilien und Werkstoffen. Themen der Umweltzerstörung und des Umweltschutzes haben fast ausnahmslos auch einen chemischen Kontext und werden gesellschaftlich und politisch stark diskutiert. Es ist daher unabdingbar, dass die Lernenden ein chemisches Grundverständnis der Eigenschaften von Stoffen und Produkten und insbesondere möglicher persönlicher wie auch ökologischer Gefährdungen durch diese entwickeln. Insbesondere die gesundheitliche, ökologische, ökonomische und gesellschaftliche Einschätzung und Bewertung von Stoffen und Sachverhalten fordert eine Kompetenzentwicklung der Lernenden im Fach Chemie.

Die Chemie bietet der Gesellschaft enorme Möglichkeiten der Entwicklung in allen Lebens- und Umweltbereichen. Damit geht in hohem Maße die gesellschaftliche Aufforderung einher, sich mit den Entwicklungen und Erzeugnissen der Chemie kritisch auseinanderzusetzen, die Chancen, Grenzen und Risiken zu diskutieren und nachhaltige Entwicklungen zu fördern.“ [1, Kapitel 1.3]

2 BILDUNGSSTANDARDS UND BASIS-KONZEPTE FÜR DAS FACH CHEMIE

„Die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife in den naturwissenschaftlichen Fächern knüpfen an die Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss an. Die in der Sekundarstufe I erworbenen Kompetenzen und Inhalte bilden die Grundlage für die unterrichtliche Arbeit in der Sekundarstufe II.

Das den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife zugrunde liegende Modell der naturwissenschaftlichen Kompetenz baut auf den Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss auf [...]“ [1, Kapitel 1.2]

„[...] Naturwissenschaftliche Kompetenz bietet Orientierung in der durch Naturwissenschaften und Technik geprägten Lebenswelt, eröffnet Perspektiven für die berufliche Orientierung und schafft Grundlagen für selbstgesteuertes, lebenslanges, globales und soziales Lernen.

Naturwissenschaftliche Kompetenz leistet somit einen Beitrag zu übergreifenden Zielen wie Bildung für nachhaltige Entwicklung, Medien-, Werte-, Verbraucher-, Demokratiebildung und damit zur Allgemeinbildung.

Die zunehmende Digitalisierung führt zu gesellschaftlichen Veränderungen, die viele Lebens- und Arbeitsbereiche betreffen. Dies führt zu veränderten Anforderungen an naturwissenschaftliche Kompetenz. Daher beschreiben die Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern Möglichkeiten, wie die Nutzung digitaler Medien und Werkzeuge Bildungsprozesse in den Naturwissenschaften unterstützen kann. Kompetenzen des fachlichen Umgangs mit digitalen Medien und Werkzeugen sind ebenfalls integraler Bestandteil der Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern [...]“ [1, Kapitel 1.1]

Kompetenzmodell

„[...] Es werden vier Kompetenzbereiche unterschieden:

Die **Sachkompetenz** der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis naturwissenschaftlicher Konzepte, Theorien und Verfahren und der Fähigkeit, dies 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.

Die vier Kompetenzbereiche Sach-, Erkenntnisgewinnungs-, Kommunikations- und Bewertungskompetenz durchdringen einander und bilden gemeinsam die **Fachkompetenz** im jeweiligen Fach ab. Kompetenzen zeigen sich in der Verbindung von Wissen und Können in den jeweiligen Kompetenzbereichen, also von Kenntnissen und Fähigkeiten, und sind nur im Umgang mit Inhalten zu erwerben. Die Kompetenzbereiche sind in Teilkompetenzbereiche untergliedert.

Die Kompetenzbereiche erfordern jeweils bereichsspezifisches **Fachwissen**. Das Fachwissen besteht somit aus einem breiten Spektrum an Kenntnissen als Grundlage fachlicher Kompetenz. Zu diesem Spektrum gehören naturwissenschaftliche Konzepte, Theorien, Verfahren, Denk- und Arbeitsweisen, Fachsprache, fachtypische Darstellungen und Argumentationsstrukturen, fachliche wie überfachliche Perspektiven und Bewertungsverfahren.

Der Beschreibung von naturwissenschaftlichen Sachverhalten liegen fachspezifische Gemeinsamkeiten zugrunde, die sich in Form von **Basiskonzepten** strukturieren lassen. Die Basiskonzepte des jeweiligen Faches ermöglichen somit die Vernetzung fachlicher Inhalte und deren Betrachtung aus verschiedenen Perspektiven. Die Basiskonzepte werden übergreifend auf alle Kompetenzbereiche bezogen. Sie können kumulatives Lernen, den Aufbau von strukturiertem Wissen und die Erschließung neuer Inhalte fördern. [...]“ [1, Kapitel 1.2]

Differenzierung in Grund- und Leistungskurs

„Die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife definieren die Kompetenzen, die Lernende bis zum Ende der Qualifikationsphase erwerben sollen. Diese werden im Unterricht sowohl auf grundlegendem als auch auf erhöhtem Anforderungsniveau entwickelt.

Unterricht auf grundlegendem Anforderungsniveau repräsentiert gemäß der Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und der Abiturprüfung (i. d. F. vom 15.02.2018, Ziffer 3.2) „das Lernniveau der gymnasialen Oberstufe unter dem Aspekt einer wissenschaftspropädeutischen Bildung. Unterricht mit erhöhtem Anforderungsniveau repräsentiert das Lernniveau der gymnasialen Oberstufe unter dem Aspekt einer wissenschaftspropädeutischen Bildung, die exemplarisch vertieft wird.“

Der Unterschied in den Anforderungen der beiden Anforderungsniveaus liegt im Umfang und in der Tiefe der gewonnenen Kenntnisse und des Wissens über deren Verknüpfungen. Zudem unterscheiden sie sich im Maß der Selbststeuerung bei der Bearbeitung von Problemstellungen.

Das erhöhte Anforderungsniveau äußert sich im Chemieunterricht im Bereich der **Sachkompetenz** darin, dass bestimmte Sachverhalte in höherer Komplexität der verwendeten Modelle detaillierter betrachtet werden. Darüber hinaus nutzen Lernende des erhöhten Anforderungsniveaus auch eine umfangreichere und tiefere Mathematisierung.

Im Bereich der **Erkenntnisgewinnungskompetenz** bedingt das erhöhte Anforderungsniveau eine höhere Komplexität der bearbeiteten Fragestellungen, Modelle und Experimente sowie eine vertiefte Reflexion des Prozesses der Erkenntnisgewinnung. Auch die Vor- und Nachteile und die Aussagekraft verschiedener Mess- und Auswertungsverfahren werden vertieft betrachtet.

Das erhöhte Anforderungsniveau bedingt im Bereich der **Kommunikationskompetenz** ein umfangreicheres Fachvokabular, abstraktere Darstellungsformen – auch im Bereich der Mathematisierung – und erfordert fachlich differenziertere Ausdrucksweisen. Auch müssen Fachtexte zu komplexeren Inhalten verstanden werden.

Im Bereich der **Bewertungskompetenz** zeigt sich das erhöhte Anforderungsniveau darin, dass mehr und komplexere Argumente mit Belegen zur Bewertung naturwissenschaftlicher Sachverhalte herangezogen werden. Auch müssen eigene Standpunkte differenzierter begründet und so besser gegen sachliche Kritik verteidigt werden.

Im Folgenden werden die einzelnen Kompetenzbereiche definiert und näher beschrieben. Sie werden in Form von Standards präzisiert¹. Dabei gelten die formulierten Standards für beide Anforderungsniveaus. [...]“ [1, Kapitel 2]

Die Fachinhalte, an denen die Kompetenzen erworben werden, sind im Kapitel 4.3 aufgeführt. Kompetenzen und Fachinhalte sind strukturierende Elemente bei der Konzeption von Unterricht. Die Lehrkraft stellt im Zuge ihrer Unterrichtsplanung sicher, dass alle Kompetenzen berücksichtigt, geübt und vertieft werden.

¹ Die Verben in den Standards beschreiben zu erwerbende Kompetenzen. Sie sind somit nicht gleichzusetzen mit Operatoren in Aufgaben, sie stehen aber nicht im Widerspruch zu diesen.

2.1 Sachkompetenz

„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.

Im Bereich der Sachkompetenz ist es wichtig, nicht nur das erworbene Wissen nachzuweisen, sondern es sowohl im Fach Chemie als auch fachübergreifend in unterschiedlichen Zusammenhängen und auf verschiedene Problemstellungen anwenden zu können. Im Mittelpunkt steht hierbei die modellhafte Deutung beobachtbarer Phänomene auf Teilchenebene. Dabei werden vier sich überlappende Teilkompetenzbereiche unterschieden. Konzepte und Theorien werden zum Strukturieren von Inhalten und Problemstellungen genutzt, um dadurch die fachliche Perspektive auf Phänomene deutlich zu machen sowie diese aus chemischer Sicht zu interpretieren und zu verstehen. Dazu sind eigenständige fachliche Konstruktionsprozesse und eine Vernetzung von Theorien und Konzepten notwendig. Das Charakteristische der chemischen Betrachtungsweise sind qualitativ-modellhafte und quantitativ-mathematische Beschreibungen der Phänomene.

2.1.1 Chemische Konzepte und Theorien zum Klassifizieren, Strukturieren, Systematisieren und Interpretieren nutzen

Die Lernenden ...

- S 1 beschreiben und begründen Ordnungsprinzipien für Stoffe und wenden diese an;
- S 2 leiten Voraussagen über die Eigenschaften der Stoffe auf Basis chemischer Strukturen und Gesetzmäßigkeiten begründet ab;
- S 3 interpretieren Phänomene der Stoff- und Energieumwandlung bei chemischen Reaktionen;
- S 4 bestimmen Reaktionstypen;
- S 5 beschreiben Stoffkreisläufe in Natur oder Technik als Systeme chemischer Reaktionen.

2.1.2 Chemische Konzepte und Theorien auswählen und vernetzen

Die Lernenden ...

- S 6 unterscheiden konsequent zwischen Stoff- und Teilchenebene;
- S 7 beschreiben die Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen, das dynamische Gleichgewicht und das Donator-Akzeptor-Prinzip und wenden diese an;
- S 8 beschreiben Einflussfaktoren auf chemische Reaktionen und Möglichkeiten der Steuerung durch Variation von Reaktionsbedingungen sowie durch den Einsatz von Katalysatoren;
- S 9 erklären unterschiedliche Reaktivitäten und Reaktionsverläufe;
- S 10 nutzen chemische Konzepte und Theorien zur Vernetzung von Sachverhalten innerhalb der Chemie sowie mit anderen Unterrichtsfächern.

2.1.3 Chemische Zusammenhänge qualitativ-modellhaft erklären

Die Lernenden ...

- S 11 erklären die Vielfalt der Stoffe und ihrer Eigenschaften auf der Basis unterschiedlicher Kombinationen und Anordnungen von Teilchen;
- S 12 deuten Stoff- und Energieumwandlungen hinsichtlich der Veränderung von Teilchen sowie des Umbaus chemischer Bindungen;
- S 13 nutzen Modelle zur chemischen Bindung und zu intra- und intermolekularen Wechselwirkungen;
- S 14 beschreiben ausgewählte Reaktionsmechanismen;
- S 15 grenzen mithilfe von Modellen den statischen Zustand auf Stoffebene vom dynamischen Zustand auf Teilchenebene ab.

2.1.4 Chemische Zusammenhänge quantitativ-mathematisch beschreiben

Die Lernenden ...

- S 16 entwickeln Reaktionsgleichungen;
- S 17 wenden bekannte mathematische Verfahren auf chemische Sachverhalte an.

2.2 Erkenntnisgewinnungskompetenz

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.

Im Bereich der Erkenntnisgewinnungskompetenz ist es wichtig, nicht nur das Experimentieren als chemische Untersuchungsmethode zu kennen und Experimente zur Datengewinnung nutzen zu können, sondern auch Modelle sachgerecht zur Beschreibung eines Phänomens oder zur Gewinnung von Erkenntnissen einsetzen zu können. Dabei werden vier sich überlappende Teilkompetenzbereiche unterschieden. Experimente und Modelle werden eingesetzt, um durch theoriegeleitete Beobachtungen entwickelte weiterführende Fragestellungen und Hypothesen zu überprüfen und um Sachverhalte zu untersuchen. Die experimentellen Ergebnisse und die aus Modellen abgeleiteten Annahmen werden vor dem Hintergrund der theoretischen Erkenntnisse interpretiert und der gesamte Erkenntnisgewinnungsprozess reflektiert. Auf einer Metaebene werden die Merkmale naturwissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisiert und von nichtnaturwissenschaftlichen abgegrenzt.

Das wissenschaftliche Vorgehen umfasst, ausgehend von einem Phänomen, die Verknüpfung der zentralen Schritte des Erkenntnisprozesses:

- Formulierung von Fragestellungen,
- Ableitung von Hypothesen,
- Planung und Durchführung von Untersuchungen,
- Auswertung, Interpretation und methodische Reflexion zur Widerlegung bzw. Stützung der Hypothese sowie zur Beantwortung der Fragestellung.

2.2.1 Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden

Die Lernenden ...

- E 1 leiten chemische Sachverhalte aus Alltagssituationen ab;
- E 2 identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu chemischen Sachverhalten;
- E 3 stellen theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf.

2.2.2 Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen

Die Lernenden ...

- E 4 planen, ggf. unter Berücksichtigung der Variablenkontrolle, experiment- oder modellbasierte Vorgehensweisen, auch zur Prüfung von Hypothesen, Aussagen oder Theorien;
- E 5 führen qualitative und quantitative experimentelle Untersuchungen – den chemischen Arbeitsweisen und Sicherheitsregeln entsprechend – durch, protokollieren sie und werten diese aus;
- E 6 nutzen digitale Werkzeuge und Medien zum Aufnehmen, Darstellen und Auswerten von Messwerten, für Berechnungen, Modellierungen und Simulationen;
- E 7 wählen geeignete Real- oder Denkmodelle (z. B. Atommodelle, Periodensystem der Elemente) aus und nutzen sie, um chemische Fragestellungen zu bearbeiten.

2.2.3 Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren

Die Lernenden ...

- E 8 finden in erhobenen oder recherchierten Daten Strukturen, Beziehungen und Trends, erklären diese theoriebezogen und ziehen Schlussfolgerungen;
- E 9 diskutieren Möglichkeiten und Grenzen von Modellen;
- E 10 reflektieren die eigenen Ergebnisse und den eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung;
- E 11 stellen bei der Interpretation von Untersuchungsbefunden fachübergreifende Bezüge her.

2.2.4 Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren

Die Lernenden ...

- E 12 reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses sowie der gewonnenen Erkenntnisse (z. B. Reproduzierbarkeit, Falsifizierbarkeit, Intersubjektivität, logische Konsistenz, Vorläufigkeit).

2.3 Kommunikationskompetenz

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.

Chemisch kompetent Kommunizieren bedingt ein Durchdringen der Teilkompetenzbereiche Erschließen, Aufbereiten und Austauschen. Im Bereich der Kommunikationskompetenz ist es wichtig, sich nicht darauf zu beschränken, fachlich richtige Sätze zu Aufgabenstellungen zu formulieren, sondern auch fachlich und fachsprachlich richtig mit chemiebezogenen analogen und digitalen Informationsmaterialien umzugehen und unterschiedliche Repräsentationsformen adressatengerecht einzusetzen. Dabei werden drei sich überlappende Teilkompetenzbereiche unterschieden. Fachsprache und andere fachspezifische Repräsentationsformen wie chemische Formeln und Reaktionsgleichungen werden erlernt, um Inhalte aus unterschiedlichen Medien zu erschließen, sie fachgerecht und aufgabenbezogen aufzubereiten und um situationsangemessen agieren zu können. Hierzu zählt der Informationsaustausch im sozialen Umfeld genauso wie die Partizipation in einer wissenschaftlichen Diskussion auf einem angemessenen Niveau. Dazu müssen Aussagen – auch im historischen Kontext – differenziert wahrgenommen, Missverständnisse und Standpunkte geklärt und Lösungen angestrebt werden.

2.3.1 Informationen erschließen

Die Lernenden ...

- K 1 recherchieren zu chemischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus;
- K 2 wählen relevante und aussagekräftige Informationen und Daten zu chemischen Sachverhalten und anwendungsbezogenen Fragestellungen aus und erschließen Informationen aus Quellen mit verschiedenen, auch komplexen Darstellungsformen;
- K 3 prüfen die Übereinstimmung verschiedener Quellen oder Darstellungsformen im Hinblick auf deren Aussagen;
- K 4 überprüfen die Vertrauenswürdigkeit verwendeter Quellen und Medien (z. B. anhand ihrer Herkunft und Qualität).

2.3.2 Informationen aufbereiten

Die Lernenden ...

- K 5 wählen chemische Sachverhalte und Informationen sach-, adressaten- und situationsgerecht aus;
- K 6 unterscheiden zwischen Alltags- und Fachsprache;
- K 7 nutzen geeignete Darstellungsformen für chemische Sachverhalte und überführen diese ineinander;
- K 8 strukturieren und interpretieren ausgewählte Informationen und leiten Schlussfolgerungen ab.

2.3.3 Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren

Die Lernenden ...

- K 9 verwenden Fachbegriffe und -sprache korrekt;
- K 10 erklären chemische Sachverhalte und argumentieren fachlich schlüssig;
- K 11 präsentieren chemische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien;
- K 12 prüfen die Urheberschaft, belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate;
- K 13 tauschen sich mit anderen konstruktiv über chemische Sachverhalte aus, vertreten, reflektieren und korrigieren gegebenenfalls den eigenen Standpunkt.

2.4 Bewertungskompetenz

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 Bereich der Bewertungskompetenz ist es wichtig, sich nicht darauf zu beschränken, Fakten zu vergleichen, sondern Sachverhalte und Informationen fachlich zu beurteilen und ggf. ethisch zu bewerten. Dabei werden drei sich überlappende Teilkompetenzbereiche unterschieden. Um mit Informationen kritisch umgehen zu können, werden Quellen in ihrer Qualität beurteilt. Hierfür ist Wissen über den Bewertungsprozess notwendig. Die Unterscheidung von wissenschaftlichen und nicht-wissenschaftlichen Aussagen erfordert Kenntnisse formaler und inhaltlicher Kriterien zur Prüfung der Glaubwürdigkeit und zur Beurteilung des Einflusses von Werten, Normen und Interessen. Es geht darum, sich kriteriengeleitet eigene Meinungen zu bilden, Entscheidungen zu treffen und Handlungsoptionen abzuleiten. Dazu zählt z. B. bei der Beurteilung und Bewertung von Technologien ein Abwägen von Chancen und Risiken unter Berücksichtigung von Sicherheitsmaßnahmen. Hierbei reichen die Entscheidungsfelder vom eigenen täglichen Leben bis zu gesellschaftlich oder politisch relevanten globalen Entscheidungen. Aus einer Metaperspektive heraus werden die Entscheidungsprozesse reflektiert und daraus entstehende Folgen abgeschätzt. Die Einbindung von Bewertungskompetenz in den Chemieunterricht erfordert, über die sachliche Beurteilung von naturwissenschaftlichen Aussagen hinauszugehen und fachlich relevante Handlungen und Entscheidungen aus persönlicher, gesellschaftlicher und ethischer Perspektive zu betrachten.

2.4.1 Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen

Die Lernenden ...

- B 1 betrachten Aussagen, Modelle und Verfahren aus unterschiedlichen Perspektiven und beurteilen diese sachgerecht auf der Grundlage chemischer Kenntnisse;
- B 2 beurteilen die Inhalte verwendeter Quellen und Medien (z. B. anhand der fachlichen Richtigkeit und Vertrauenswürdigkeit);
- B 3 beurteilen Informationen und Daten hinsichtlich ihrer Angemessenheit, Grenzen und Tragweite;
- B 4 analysieren und beurteilen die Auswahl von Quellen und Darstellungsformen im Zusammenhang mit der Intention der Autorin/des Autors.

2.4.2 Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen

Die Lernenden ...

- B 5 entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie gegeneinander ab;
- B 6 beurteilen Chancen und Risiken ausgewählter Technologien, Produkte und Verhaltensweisen fachlich und bewerten diese;
- B 7 treffen mithilfe fachlicher Kriterien begründete Entscheidungen in Alltagssituationen;
- B 8 beurteilen die Bedeutung fachlicher Kompetenzen in Bezug auf Alltagssituationen und Berufsfelder;
- B 9 beurteilen Möglichkeiten und Grenzen chemischer Sichtweisen;
- B 10 bewerten die gesellschaftliche Relevanz und ökologische Bedeutung der angewandten Chemie;
- B 11 beurteilen grundlegende Aspekte zu Gefahren und Sicherheit in Labor und Alltag und leiten daraus begründet Handlungsoptionen ab.

2.4.3 Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren

Die Lernenden ...

- B 12 beurteilen und bewerten Auswirkungen chemischer Produkte, Methoden, Verfahren und Erkenntnisse in historischen und aktuellen gesellschaftlichen Zusammenhängen;
- B 13 beurteilen und bewerten Auswirkungen chemischer Produkte, Methoden, Verfahren und Erkenntnisse sowie des eigenen Handelns im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Perspektive;
- B 14 reflektieren Kriterien und Strategien für Entscheidungen aus chemischer Perspektive.

2.5 Basiskonzepte

Der Beschreibung von chemischen Sachverhalten liegen fachspezifische Gemeinsamkeiten zugrunde, die sich in Form von Basiskonzepten strukturieren lassen. Die Basiskonzepte im Fach Chemie ermöglichen somit die Vernetzung fachlicher Inhalte und deren Betrachtung aus verschiedenen Perspektiven. Die Basiskonzepte werden übergreifend auf alle Kompetenzbereiche bezogen. Sie können kumulatives Lernen, den Aufbau von strukturiertem Wissen und die Erschließung neuer Inhalte fördern.

Das Fach Chemie ist im Besonderen durch eine Betrachtung der Analyse und Synthese von Stoffen, der Beschreibung ihres Aufbaus und ihrer Eigenschaften und energetischer Zusammenhänge gekennzeichnet, woraus die folgenden drei Basiskonzepte resultieren. Sie beziehen sich auf die Struktur der Stoffe, deren Umwandlungen durch chemische Reaktionen und die damit einhergehenden energetischen Prozesse.

2.5.1 Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen

Die Art, Anordnung und Wechselwirkung der Teilchen bestimmen die Struktur und die Eigenschaften eines Stoffes und können daher durch ein Basiskonzept inhaltlich kohärent beschrieben werden. Insbesondere die Betrachtung sowohl auf der Stoffebene als auch auf der Teilchenebene hat dabei eine große Bedeutung und zeigt sich z. B. in den nachfolgend aufgelisteten Zusammenhängen. Innerhalb dieses Basiskonzeptes werden Typen der chemischen Bindung, Verbindungen mit funktionellen Gruppen, Strukturen ausgewählter organischer und anorganischer Stoffe sowie Natur- und Kunststoffe vorgestellt. Dabei soll auch der Zusammenhang zwischen den Eigenschaften ausgewählter Stoffe und deren Verwendung hergestellt werden:

- Atom- und Molekülbau
- chemische Bindung
- Modifikationen
- funktionelle Gruppen
- Isomerie
- inter- und intramolekulare Wechselwirkungen
- Stoffeigenschaften
- Stoffklassen
- analytische Verfahren (qualitativ/quantitativ)
- Verwendungsmöglichkeiten

So können z. B. Kenntnisse über inter- und intramolekulare Wechselwirkungen genutzt werden, um Eigenschaften von Stoffen auf der Stoffebene zu erklären. Somit werden Phänomene auf der Stoffebene und deren Deutung auf der Teilchenebene konsequent unterschieden.

2.5.2 Konzept der chemischen Reaktion

Chemische Reaktionen spielen in der Chemie eine zentrale Rolle und werden in diesem Basiskonzept in den folgenden Zusammenhängen systematisch betrachtet: Donator-Akzeptor-Prinzipien bei Protonen- und Elektronenübergängen; Reaktionsmechanismen in der organischen Chemie.

- Donator-Akzeptor
- Umkehrbarkeit
- Gleichgewicht
- Reaktionstypen
- Mechanismen
- Steuerung

So können z. B. mit dem Donator-Akzeptor-Prinzip Protonen- und Elektronenübergänge beschrieben werden, um so chemische Reaktionen sowohl in der anorganischen als auch in der organischen Chemie erschließen zu können. [...]

2.5.3 Energiekonzept

Energetische Betrachtungen spielen eine wichtige Rolle zur Beschreibung von Teilchen- und Stoffumwandlungen. In diesem Zusammenhang ist auch die Beeinflussung von Reaktionsabläufen durch die Änderung energetischer Parameter bedeutsam. So können z. B. folgende Zusammenhänge betrachtet werden: Thermodynamische Prinzipien beim Ablauf chemischer und physikalisch-chemischer Vorgänge, kinetische Prinzipien beim Ablauf chemischer Reaktionen. Hierbei werden die Reaktionsverläufe auch mechanistisch betrachtet.

- Energieformen, -umwandlung, -kreislauf
- Aktivierungsenergie/Katalyse
- Energie chemischer Bindungen/Wechselwirkungen
- Reaktionskinetik
- Enthalpie/Entropie

So kann z. B. die energetische Betrachtung sowohl auf chemische Reaktionen (z. B. Aktivierungsenergie) als auch auf einzelne Teilchen (z. B. Ionisierungsenergie) bezogen und zur Erklärung von Prozessen herangezogen werden.“ [1, Kapitel 2.1-2.5]

3 DAS BAUSTEINPRINZIP

3.1 Aufbau

Durch das **Bausteinprinzip** ist der Lehrplan keiner einseitigen Konzeption verpflichtet und bietet große **didaktische und methodische Freiheit**. Auch hinsichtlich der Inhalte gibt er keine Reihenfolge vor, sondern ermöglicht durch Vernetzung, Verzahnung und Integration von verschiedenen Bausteinen eine an der gewählten didaktischen Konzeption sowie der jeweils angestrebten Kompetenzentwicklung ausgerichtete Vorgehensweise.

Die Fachinhalte, an denen die Kompetenzen erworben werden, sind - wo sinnvoll möglich - fachsystematisch strukturiert in sogenannten Rahmenbausteinen zusammengefasst (siehe 4.1), z. B. „Carbonylverbindungen“ oder „Energetik“. Nach dem Titel wird ein Fließtext aufgeführt, der eine kurze Darstellung der Relevanz des Themas und der Anknüpfungspunkte an die Sekundarstufe I enthält. Danach folgen tabellarisch die zugehörigen Bausteine mit einer Auflistung der zu unterrichtenden Fachinhalte.

Am Ende eines Rahmenbausteins sind exemplarisch Vertiefungs- bzw. Verzahnungsmöglichkeiten mit anderen Bausteinen aufgezeigt, deren Aufzählung weder abschließend noch ausschließlich zu verstehen ist.

Die inhaltliche Präzisierung der Bausteine legen die Fachkonferenzen der Schulen fest.

Bausteinarten

Rahmenbausteine können drei Arten von Bausteinen umfassen:

- Pflichtbausteine, P (Stundenansätze rot hinterlegt)
- Wahlpflichtbausteine, WP (Stundenansätze rosa hinterlegt)
- Wahlbausteine, W (Stundenansätze hellrosa hinterlegt)

Pflichtbausteine (P) müssen vollumfänglich bearbeitet werden. Sie umfassen im Grundkurs 58,4 %, im Leistungskurs 56,3 % der zur Verfügung stehenden Stunden.

Im Grundkurs muss mindestens ein **Rahmenbaustein mit Wahlpflichtcharakter (WP)** ausgewählt werden (mindestens 9 Stunden), im Leistungskurs sind es mindestens zwei (mindestens 30 Stunden). Ist die Mindestanforderung bezüglich des Wahlpflichtbereichs erfüllt, so werden weitere Unterrichtsstunden aus dem genannten Bereich automatisch der Stundenanzahl im Wahlbereich zugeordnet. Entsprechend sind Wahlpflichtbausteine, die nicht ausgewählt wurden, als **Wahlbausteine (W)** zu betrachten.

Insgesamt sind mit Blick auf die Wahlbausteine im Grundkurs mindestens 35 Stunden (entspricht ca. 7-9 Bausteinen) beziehungsweise im Leistungskurs mindestens 50 Stunden (entspricht ca. 10-12 Bausteinen) zu erfüllen. Die in den jeweiligen Wahlbausteinen ausgewiesenen Inhalte müssen nicht vollumfänglich, jedoch in hinreichender Breite und Tiefe behandelt werden, um den Schülerinnen und Schülern das Wesentliche des Bausteinthemas kompetenzorientiert zu vermitteln.

Sofern Inhalte aus Pflichtbausteinen vor Beginn der Qualifikationsphase unterrichtet bzw. behandelt werden, ist sicherzustellen, dass diese Inhalte in der Qualifikationsphase noch einmal aufgegriffen (wiederholt) und ggf. vertieft bzw. erweitert werden.

Bausteinlayout

Die äußerliche Gestaltung der Bausteine folgt immer dem gleichen Muster.

Die Bausteinart ist in der zweiten Zeile der Bausteine rechts bzw. links am Rand ausgewiesen. Dort befindet sich ein Stundenansatz, der nach individuellem Ermessen verlängert werden kann, sofern noch freie Zeit zur Verfügung steht (siehe 3.2 Zeitansatz).

Die Benennung der Bausteine ist im Grund- und Leistungsfach identisch, sie enthalten aber nicht notwendigerweise die gleichen fachlichen Inhalte. Aufgrund der unterschiedlichen Zielsetzungen von Unterricht im Grund- und Leistungsfach ist eine andere Gestaltung beispielsweise hinsichtlich Mathematisierung, Umfang und Tiefe der gewonnenen Erkenntnisse und deren Verknüpfungen erforderlich und berücksichtigt.

Der Leistungskurs erhält den gleichen Stundenansatz wie der Grundkurs zuzüglich der rechts mit einem „+“-Zeichen ausgewiesenen Stundenzahl. Die Inhalte des Fundamentums gelten demnach sowohl für den Grund- als auch für den Leistungskurs, die des Additums nur für den Leistungskurs (siehe Beispiel 1).

Beispiel 1

4.2 Galvanische Zellen			
P 6 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	P + 4 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ elektrochemisches Gleichgewicht (Lösungspotential) <p>Es handelt sich um einen Pflichtbaustein, daher rot hinterlegt. Für ihn sind im Grundkurs sechs Stunden veranschlagt.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Konzentrationszelle ■ Nernst'sche Gleichung <p>Es handelt sich um einen Pflichtbaustein, für den im Leistungskurs 6 + 4 = 10 Stunden veranschlagt sind.</p>	

Beispiel 2

Falls Fundamentuminhalte für den Leistungskurs Pflicht sind, für den Grundkurs aber zur Wahl stehen, wird dies wie folgt dargestellt.

8.3 Aromaten I			
W 6 h	Grundfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	P + 1 h
P 6 h	Leistungsfach (Fundamentum)		
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Entwicklung von Strukturformeln des Benzolrings <p>Es handelt sich für den Grundkurs um einen Wahlbaustein, für den Leistungskurs ist es aber ein Pflichtbaustein.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Mechanismus der elektrophilen Aromatisierung <p>Es handelt sich um einen Pflichtbaustein, für den im Leistungskurs 6 + 1 = 7 Stunden veranschlagt sind.</p>	

Beispiel 3

In manchen Fällen fällt das Additum für den Leistungskurs in den Wahlbereich, das Fundamentum hingegen ist für den Grund- und Leistungskurs verpflichtend.

13.1 Syntheseverfahren			
P 4 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	W + 2 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Mechanismus der radikalischen Polymerisation (Acrylnitril, Acrylamide) <p>Es handelt sich um einen Pflichtbaustein, sowohl für den Leistungs- als auch den Grundkurs.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Mechanismus der Polyester-Bildung (Esterbildung) <p>Das Additum kann wahlweise vom Leistungskurs bearbeitet werden. Es stehen dafür zwei zusätzliche Stunden zur Verfügung.</p>	

Beispiel 4

Sollten Grund- und Leistungskurs die gleichen Inhalte haben, wird nicht zwischen Fundamentum und Additum differenziert und in beiden Fällen werden gleiche Zeiteinsätze ohne Notation eines „+“-Zeichens ausgewiesen.

6.3 Einsatz organischer Farbstoffe		
W 4 h	Grundfach- und Leistungsfach	WP 4 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ zum Färben von Textilien <p>Die Inhalte sind für den Grund- und Leistungskurs identisch (→ nur ein Inhaltsfeld).</p>	<p>Es handelt sich für den Leistungskurs um einen Wahlpflichtbaustein mit vier Stunden (→ rosa, ohne „+“-Zeichen).</p>

Beispiel 5

Gelten die Inhalte nur für den Leistungskurs, so wird der Baustein wie folgt dargestellt.

1.1 Chromatografie	
Leistungsfach	P 4 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ Grundlagen: stationäre Phase, mobile Phase (Laufmittel, Fließmittel), Chromatogramme auswerten 	

Es handelt sich um einen Pflichtbaustein für den Leistungskurs mit vier Stunden (→ rot, ohne „+“-Zeichen).

Beispiel 6

Kursiv geschrieben sind Hinweise, in welchem Rahmenbaustein bzw. Baustein die Stundenzahl für den davor betrachteten Inhalt verortet wurde.

1.4 nasschemische Analyse		
P 3 h	Grund- und Leistungsfach	P 3 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ Prinzipien von Nachweisreaktionen (Fällungsreaktion, Farbreaktion, Flammenfärbung, Gasentwicklung) <ul style="list-style-type: none"> • qualitative Analyse ausgewählter Ionen (Chlorid-, Bromid-, Carbonat-, Ammonium-Ion ...) • Analyse von funktionellen Gruppen → „Stoffklassen“-Bausteine 		

Für den Baustein „nasschemische Analyse“ sind drei Stunden für die qualitative Analyse einiger Ionen vorgesehen. Die Zeit für die Analyse von funktionellen Gruppen, beispielsweise der Aldehyd-Gruppe, ist in dem Stoffklassenbaustein „Alkanale (Aldehyde) und Alkanone (Ketone)“ enthalten.

3.2 Zeitansatz

In den Bausteinen werden jeweils am rechten bzw. linken Rand Stundenansätze ausgewiesen. Diese sind nicht verpflichtend, sondern dienen als Anhaltspunkt. Sie dienen bei der Unterrichtsplanung als Orientierung; man kann daraus eine inhaltliche Breite und Tiefe ablesen. Die Zeitvorgaben sollen die Schülerinnen und Schüler vor einer zu starken fachlichen Ausweitung und Überfrachtung eines Themas schützen und gewährleisten, dass alle Lehrplanvorgaben in der zur Verfügung stehenden Zeit erfüllt werden können.

Die Oberstufe besteht aus der Einführungs- und der Qualifikationsphase; sie umfasst im Mittel 94-100 Schulwochen.

Sofern Inhalte aus Pflichtbausteinen vor Beginn der Qualifikationsphase unterrichtet bzw. behandelt werden, ist sicherzustellen, dass diese Inhalte in der Qualifikationsphase noch einmal aufgegriffen (wiederholt) und ggf. vertieft bzw. erweitert werden.

Von der zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit stehen bei realistischer Einschätzung circa 60 % für die Erfüllung der Lehrplanvorgaben zur Verfügung. Von der restlichen Zeit entfällt etwa die Hälfte auf schulbedingte Unterrichtsausfälle, Kursarbeiten, Klassenfahrten u. Ä., die andere Hälfte ist für einen individuellen pädagogischen Freiraum vorgesehen.

Aus diesen Vorgaben ergeben sich für die Stundenverteilung im Grund- und Leistungsfach in der Oberstufe folgende Richtwerte:

	Grundfach		Leistungsfach	
	Wochen	Stunden	Wochen	Stunden
Unterrichtswochen in der Oberstufe	100	300	100	500
■ davon für den Lehrplan verplant	62	186	61,6	308
■ davon pädagogischer Freiraum	19	57	19,4	97
■ davon schulbedingte Ausfälle	19	57	19	95
	Stunden	Prozent	Stunden	Prozent
zu haltender Unterricht in der Oberstufe	243	100	405	100
■ davon für den Lehrplan verplante Stunden	186	76,5	308	76,0
• für Pflichtbausteine verplante Stunden	142	58,4	228	56,3
• für Wahlpflichtbausteine verplante Stunden	9	3,7	30	7,4
• für Wahlbausteine verplante Stunden	35	14,4	50	12,3
■ davon pädagogischer Freiraum	57	23,5	97	24,0

4 DIE BAUSTEINE

4.1 Alphabetische Auflistung der Rahmenbausteine

	Integrationsphase	9	Komplexchemie
1	Analytik	10	Lipide
2	Arzneimittel	11	Makromoleküle I – Kohlenhydrate
3	Carbonylverbindungen	12	Makromoleküle II – Proteine
4	Elektronenübertragungsreaktionen	13	Makromoleküle III – Kunststoffe
5	Energetik	14	Moderne Werkstoffe
6	Farbstoffe	15	Protonenübertragungsreaktionen
7	Gleichgewicht und Kinetik	16	Tenside
8	(Halogen-)Kohlenwasserstoffe	17	Umweltchemie

4.2 Auflistung der Bausteine nach Pflicht-, Wahlpflicht- und Wahlbausteinen

4.2.1 Grundkurs

Pflichtbausteine Grundkurs

Rahmenbausteine		Pflichtbausteine	Stunden
	Integrationsphase	Wiederholung (Aufbau der Materie, chemische Bindungen, Struktur und Eigenschaften, Stöchiometrie)	25 P
1	Analytik	1.2 Maßanalyse	4 P
		1.4 nasschemische Analyse	3 P
3	Carbonylverbindungen	3.1 Alkanale (Aldehyde) und Alkanone (Ketone)	4 P
		3.2 Carbonsäuren und Carbonsäurederivate	3 P
		3.3 Esterbildung und Esterspaltung	4 P

4	Elektronenübertragungsreaktionen	4.1	Donator-Akzeptor-Prinzip, Redoxreaktionen	5 P
		4.2	Galvanische Zellen	6 P
		4.3	Elektrolysezellen	4 P
		4.4	chemische Energiespeicherung	6 P
		4.5	Korrosion	5 P
5	Energetik	5.1	Energie	2 P
		5.2	Enthalpie [und Entropie]	8 P
7	Gleichgewicht und Kinetik	7.1	chemisches Gleichgewicht	5 P
		7.2	Reaktionsgeschwindigkeit	7 P
		7.3	Massenwirkungsgesetz	5 P
		7.5	angewandte Verfahren	2 P
8	(Halogen-)Kohlenwasserstoffe	8.1	Aliphaten I – Alkane	3 P
		8.2	Aliphaten II – Alkene und Alkine	4 P
13	Makromoleküle III – Kunststoffe	13.1	Syntheseverfahren	4 P
		13.2	Struktur und Eigenschaften	5 P
		13.4	ökologisch-ökonomische Betrachtungen	5 P
15	Protonenübertragungsreaktionen	15.1	Donator-Akzeptor-Prinzip (BRØNSTED-Konzept)	3 P
		15.2	Lösungen von Säuren und Basen	6 P
		15.3	Säure-Base-Indikatoren	1 P
		15.4	Puffersysteme	1 P
17	Umweltchemie	17.1	Umweltprobleme und Umweltschutz	12 P
Summe				142 P

Wahlpflichtbausteine Grundkurs

Rahmenbausteine		Wahlpflichtbausteine	Stunden
10	Lipide	10.1 Struktur und Eigenschaften	5 WP
		10.2 Vorkommen und Verwendung	4 WP
11	Makromoleküle I – Kohlenhydrate	11.1 Monosaccharide	3 WP
		11.2 Disaccharide und Polysaccharide	6 WP
12	Makromoleküle II – Proteine	12.1 Aminosäuren	2 WP
		12.2 Struktur der Proteinmoleküle	3 WP
		12.3 Funktion der Proteine	4 WP
Summe, davon mindestens 9 h Pflicht			27 WP

Wahlbausteine Grundkurs

Rahmenbausteine		Wahlbausteine	Stunden
1	Analytik	1.5 Spektroskopie	4 W
2	Arzneimittel	2.1 Grundlagen	5 W
		2.2 Pharmakokinetik	2 W
		2.3 Arzneimittelforschung	5 W
4	Elektronenübertragungsreaktionen	4.6 Solarzellen und Leuchtmittel	5 W
6	Farbstoffe	6.1 Grundlagen von Farbigkeit	3 W
		6.2 organische Farbstoffklassen	4 W
		6.3 Einsatz organischer Farbstoffe	4 W
		6.4 Geschichte organischer Farbstoffe	3 W
		6.5 Pigmente	3 W
8	(Halogen-)Kohlenwasserstoffe	8.3 Aromaten I	6 W
		8.5 fossile Energieträger	4 W
13	Makromoleküle III – Kunststoffe	13.3 Spezialkunststoffe	3 W
14	moderne Werkstoffe – Nanomaterialien u. a.	14.1 Struktur und Eigenschaften von Nanomaterialien	2 W
		14.2 Anwendungsgebiete von Nanomaterialien	4 W
		14.3 Potentiale und Risiken von Nanomaterialien	2 W
		14.4 weitere innovative Materialien	3 W

16	Tenside	16.1	Struktur und Eigenschaften	4	W
		16.2	Herstellung und Verwendung	4	W
17	Umweltchemie	17.2	Umweltanalytik	5	W
Summe, davon mindestens 35 h Pflicht				75	W

4.2.2 Leistungskurs

Pflichtbausteine Leistungskurs

Rahmenbausteine		Pflichtbausteine		Stunden	
	Integrationsphase		Wiederholung (Aufbau der Materie, chemische Bindungen, Struktur und Eigenschaften, Stöchiometrie)	30	P
1	Analytik	1.1	Chromatografie	4	P
		1.2	Maßanalyse	10	P
		1.4	nasschemische Analyse	3	P
3	Carbonylverbindungen	3.1	Alkanale (Aldehyde) und Alkanone (Ketone)	4	P
		3.2	Carbonsäuren und Carbonsäurederivate	3	P
		3.3	Esterbildung und Esterspaltung	8	P
4	Elektronenübertragungsreaktionen	4.1	Donator-Akzeptor-Prinzip (Redoxreaktionen)	6	P
		4.2	Galvanische Zellen	10	P
		4.3	Elektrolysezellen	8	P
		4.4	chemische Energiespeicherung	9	P
		4.5	Korrosion	5	P
5	Energetik	5.1	Energie	2	P
		5.2	Enthalpie und Entropie	15	P
7	Gleichgewicht und Kinetik	7.1	chemisches Gleichgewicht	5	P
		7.2	Reaktionsgeschwindigkeit	11	P
		7.3	Massenwirkungsgesetz	5	P
		7.4	Löslichkeit	2	P
		7.5	angewandte Verfahren	2	P
8	(Halogen-)Kohlenwasserstoffe	8.1	Aliphaten I – Alkane	6	P
		8.2	Aliphaten II – Alkene und Alkine	10	P
		8.3	Aromaten I	7	P
9	Komplexchemie	9.1	Komplexchemie I – Grundlagen	5	P

13	Makromoleküle III – Kunststoffe	13.1	Syntheseverfahren	4 P
		13.2	Struktur und Eigenschaften	5 P
		13.4	ökologisch-ökonomische Betrachtungen	5 P
14	moderne Werkstoffe – Nanomaterialien u. a.	14.1	Struktur und Eigenschaften von Nanomaterialien	2 P
		14.2	Anwendungsgebiete von Nanomaterialien	4 P
		14.3	Potentiale und Risiken von Nanomaterialien	2 P
15	Protonenübertragungs- reaktionen	15.1	Donator-Akzeptor-Prinzip, BRØNSTED-Konzept	3 P
		15.2	Lösungen von Säuren und Basen	10 P
		15.3	Säure-Base-Indikatoren	2 P
		15.4	Puffersysteme	3 P
17	Umweltchemie	17.1	Umweltprobleme und Umweltschutz	18 P
Summe				228 P

Wahlpflichtbausteine Leistungskurs

Rahmenbausteine		Wahlpflichtbausteine		Stunden
6	Farbmittel	6.1	Grundlagen von Farbigkeit	5 WP
		6.2	organische Farbmittelklassen	8 WP
		6.3	Einsatz organischer Farbmittel	4 WP
10	Lipide	10.1	Struktur und Eigenschaften	6 WP
		10.2	Vorkommen und Verwendung	4 WP
11	Makromoleküle I – Kohlenhydrate	11.1	Monosaccharide	5 WP
		11.2	Disaccharide und Polysaccharide	8 WP
12	Makromoleküle II – Proteine	12.1	Aminosäuren	3 WP
		12.2	Struktur der Proteinmoleküle	4 WP
		12.3	Funktion der Proteine	6 WP
Summe, davon mindestens 30 h Pflicht				53 WP

Wahlbausteine Leistungskurs

Rahmenbausteine	Wahlbausteine	Stunden
1 Analytik	1.3 Massenspektrometrie	2 W
	1.5 Spektroskopie	7 W
2 Arzneimittel	2.1 Grundlagen	5 W
	2.2 Pharmakokinetik	2 W
	2.3 Arzneimittelforschung	5 W
4 Elektronenübertragungsreaktionen	4.6 Solarzellen und Leuchtmittel	5 W
6 Farbstoffe	6.4 Geschichte organischer Farbstoffe	3 W
	6.5 Pigmente	3 W
8 (Halogen-)Kohlenwasserstoffe	8.4 Aromaten II	6 W
	8.5 fossile Energieträger	4 W
	8.6 Halogenkohlenwasserstoffe	3 W
	8.7 Orbitalmodell	5 W
9 Komplexchemie	9.2 Komplexchemie II – Ergänzung	5 W
13 Makromoleküle III – Kunststoffe	13.1 Syntheseverfahren	2 W
	13.2 Struktur und Eigenschaften	2 W
	13.3 Spezialkunststoffe	5 W
	13.4 ökologisch-ökonomische Betrachtungen	1 W
14 moderne Werkstoffe – Nanomaterialien u. a.	14.4 weitere innovative Materialien	3 W
16 Tenside	16.1 Struktur und Eigenschaften	4 W
	16.2 Herstellung und Verwendung	4 W
17 Umweltchemie	17.2 Umweltanalytik	8 W
Summe, davon mindestens 50 h Pflicht		84 W

4.3 Fachinhalte der Bausteine

Bausteinübergreifend gelten Leitlinien, die immer wieder zu thematisieren und mit geeigneten Fachinhalten zu verzahnen sind. Um die Übersichtlichkeit zu wahren, wurde auf eine Darstellung der vielfältigen Verzahnungsmöglichkeiten der Leitlinien innerhalb und zwischen den Bausteinen verzichtet. Ferner sind sie sehr variabel und unter Umständen kurzlebig.

Die Umsetzung muss nicht nur an den Kenntnisstand der Schülerinnen und Schüler, sondern auch an den aktuellen Stand der Technik und Werteentwicklung angepasst werden. Sie erfolgt spiralförmig und kumulativ über die gesamte Oberstufe hinweg. Die Leitlinien werden ausgehend vom Entwicklungsstand und den individuellen Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler schrittweise vertieft und weiterentwickelt.

Aus dem breiten Spektrum an Leitlinien sind nachstehend drei Beispiele aufgeführt.

Leitlinie: Bildung für nachhaltige Entwicklung → Kapitel 5.4

Die 17 Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development Goals = SDGs) der Agenda 2030:

1. Keine Armut
2. Kein Hunger
3. Gesundheit und Wohlergehen
4. Hochwertige Bildung
5. Geschlechtergleichheit
6. Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen
7. Bezahlbare und saubere Energie
8. Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum
9. Industrie, Innovation und Infrastruktur
10. Weniger Ungleichheiten
11. Nachhaltige Städte und Gemeinden
12. Nachhaltige/r Konsum und Produktion
13. Maßnahmen zum Klimaschutz
14. Leben unter Wasser
15. Leben an Land
16. Frieden, Gerechtigkeit und starke Institutionen
17. Partnerschaften zur Erreichung der Ziele

Leitlinie: Green Chemistry → Kapitel 5.5

Grundprinzipien der Green Chemistry nach ANASTAS und WARNER:

- Abfall vermeiden, Kreislaufwirtschaft fördern
- Atomeffizienz erhöhen
- sicherere chemische Umwandlungen bevorzugen
- sicherere Stoffe entwickeln
- sicherere Lösungsmittel und Hilfsmittel einsetzen
- energieeffizient arbeiten
- erneuerbare Ressourcen bevorzugen
- Derivate und Anzahl der Zwischenstufen reduzieren
- Katalysatoren nutzen
- natürlich abbaubare Produkte bevorzugen
- Echtzeitüberwachung durchführen, um Abfälle zu vermeiden
- grundsätzliche Risikovermeidung, z. B. durch risikoarme Edukte

Leitlinie: Bildung in einer digitalen Welt → Kapitel 5.6

nach der Strategie der Kultusministerkonferenz

- Zielsetzung ist
 - eine kritische Reflektion in Bezug auf den Umgang mit Medien und über die digitale Welt zu ermöglichen;
 - angemessen auf das Leben in der derzeitigen und künftigen Gesellschaft vorzubereiten;
 - zu einer aktiven und verantwortlichen Teilhabe am kulturellen, gesellschaftlichen, politischen, beruflichen und wirtschaftlichen Leben zu befähigen;
 - zum kompetenten Umgang mit digitalen Medien zu befähigen;
 - ...
- Kompetenzen sind
 - Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren
 - Kommunizieren und Kooperieren
 - Produzieren und Präsentieren
 - Schützen und sicher Agieren
 - Problemlösen und Handeln
 - Analysieren und Reflektieren

Integrationsphase

Die Integrationsphase dient dazu, eine gemeinsame Ausgangsbasis für das weitere Verständnis der Oberstufenchemie zu schaffen. Dafür sind im Grundkurs 25 Stunden und im Leistungskurs 30 Stunden vorgesehen.

Hierzu werden grundlegende Kenntnisse wiederholt und um weitere Aspekte wie z. B. dem chemischen Rechnen erweitert.

In der Sekundarstufe I wird frühzeitig ein differenziertes Atommodell zur Beschreibung von Stoffen auf der Teilchenebene eingeführt. Dieses reicht aus, um die klassischen Bindungstypen (Ionenbindung, Elektronenpaarbindung und Metallbindung) erklären zu können. Die in der Integrationsphase gefestigte Vorstellung vom Aufbau der Atome kann insbesondere im Leistungskurs an dieser Stelle oder später durch das Orbitalmodell vertieft werden. Eine Erweiterung der bekannten Modelle ist zum Verständnis einiger Bausteine, insbesondere im Leistungskurs, sinnvoll.

Aus der Mittelstufe ist bereits eine temporäre oder permanente Ungleichverteilung der Elektronen in Teilchen bekannt. Dies führt zu Wechselwirkungen zwischen den Teilchen und damit zu bestimmten Eigenschaften der Stoffe, die in der Oberstufe erweitert und vertiefend betrachtet werden.

Die in der Mittelstufe behandelten Stoffklassen (Alkane, Alkene, Alkanole, Alkansäuren) sind gut zur Wiederholung von Basiskonzepten geeignet. Eine Verzahnung mit anderen Rahmenbausteinen, wie z. B. (Halogen-)Kohlenwasserstoffe, ist möglich.

Aufbau der Materie		
P	Grund- und Leistungsfach	P
<ul style="list-style-type: none"> ■ Atommodell <ul style="list-style-type: none"> • Ionisierungsenergien • Energiestufenmodell ■ Aufbau des PSE: Elektronenkonfiguration und Atommasse 		

chemische Bindungen		
P	Grund- und Leistungsfach	P
<ul style="list-style-type: none"> ■ Ionenbindung (Bildung eines Ionengitters), Salze, Ionengruppe, Verhältnisformel ■ Elektronenpaarbindung, Einfach- und Mehrfachbindungen <ul style="list-style-type: none"> • Darstellung von Molekülen und Molekül-Ionen: Summen-, Lewis-, Skelett-, Halbstrukturformel, Formalladungen • Elektronegativität, polare Atombindung, Partialladung, Molekülgeometrie, Dipol • Konstitutionsisomerie (weitere Isomerieformen → <i>Aliphaten I und II (8.1 und 8.2)</i>), IUPAC-Nomenklatur ■ Metallbindung (Bildung eines Metallgitters), Elektronengasmodell 		

Struktur und Eigenschaften		
P	Grund- und Leistungsfach	P
<ul style="list-style-type: none"> ■ Wechselwirkungen <ul style="list-style-type: none"> • Dipol-Dipol-Wechselwirkungen (temporäre Dipole, permanente Dipole) • Wasserstoffbrücken • Ion-Dipol-Wechselwirkungen ■ Folgen von Wechselwirkungen, wie z. B. Schmelz- und Siedetemperaturen, Löslichkeit (z. B. Vergleich von Alkanen mit Alkanolen ...) 		

Stöchiometrie		
P	Grund- und Leistungsfach	P
<ul style="list-style-type: none"> ■ Reaktionsgleichungen auf Stoff-, Teilchen- und Formelebene ■ chemisches Rechnen (Grundlagen, die kontinuierlich bei anderen Bausteinen angewandt und vertieft werden) <ul style="list-style-type: none"> • Stoffmenge • molare Größen: molare Masse, molares Volumen • Gehaltsangaben: Massenkonzentration, Stoffmengenkonzentration 		

1. Analytik

Die qualitative und quantitative Analyse chemischer Substanzen hat aus gesellschaftlicher, ökologischer und ökonomischer Sicht eine große Bedeutung (z. B. Lebensmittelanalytik, Umweltanalytik, forensische Analytik, klinische Analytik, Qualitätskontrollen).

Im Verlauf der Sekundarstufe I werden die Grundlagen der Maßanalyse, Fotometrie und Chromatografie gelegt. In der Sekundarstufe II werden diese Grundlagen vertieft und um weitere Verfahren der analytischen Chemie ergänzt.

Hierbei sollen die nachstehend aufgeführten Inhalte keineswegs in einer geschlossenen Unterrichtsreihe thematisiert, sondern sinnvoll mit anderen Lehrplanbausteinen verzahnt werden (z. B. Protonenübertragungsreaktionen, Elektronenübertragungsreaktionen, Stoffklassen-Bausteine).

1.1 Chromatografie	
Leistungsfach	P 4 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ Grundlagen: stationäre Phase, mobile Phase (Laufmittel, Fließmittel), Chromatogramm, Verteilungs- bzw. Adsorptionschromatografie, Retentionszeit, Retentionsfaktor ■ zwei ausgewählte Verfahren, z. B. Papier-, Dünnschicht-, Säulen- oder Gaschromatografie 	

1.2 Maßanalyse			
P 4 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	P + 6 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Grundlagen: Maßlösung (Titerlösung), Bürette, Probelösung (Vorlage), Äquivalenzpunkt ■ Säure-Base-Titration einprotoniger Säuren bzw. Basen ■ Neutralisation, Neutralpunkt, indikatorgestützte ÄP-Identifikation 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Säure-Base-Titration mehrprotoniger Säuren bzw. Basen ■ Titrationskurven (Berechnungen von charakteristischen Punkten und Bereichen), potentiometrische ÄP-Identifikation (pH-Elektrode) ■ Redox Titration ein ausgewähltes Verfahren (z. B. Manganometrie, Iodometrie) 	

1.3 Massenspektrometrie	
Leistungsfach	W 2 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ Massenspektrometer (Aufbau und Funktion): Ionisierung, Fragmentierung, Ladung, Masse, Isotope, Ablenkung ■ Massenspektrum (Auswertung) 	

1.4 nasschemische Analyse		
P 3 h	Grund- und Leistungsfach	P 3 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ Prinzipien von Nachweisreaktionen (Fällungsreaktion, Farbreaktion, Flammenfärbung, Gasentwicklung) <ul style="list-style-type: none"> • qualitative Analyse ausgewählter Ionen (Chlorid-, Bromid-, Carbonat-, Ammonium-Ion...) • Analyse von funktionellen Gruppen → „Stoffklassen“-Bausteine 		

1.5 Spektroskopie			
W 4 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	W + 3 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ Grundlagen: <ul style="list-style-type: none"> • elektromagnetische Strahlung (Zusammenhang zwischen Wellenlänge und Energie, elektromagnetisches Spektrum) • Wechselwirkung zwischen Strahlung und Materie (Elektronenanregung) • Absorption, Emission, Transmission, Reflektion, Spektren ■ Fotometrie (UV/VIS-Spektroskopie): <ul style="list-style-type: none"> • Fotometer (Aufbau und Funktion), Elektronenanregungen, Extinktion (E) als Absorptionsmaß • einfache Spektrenauswertung (z. B. zur Bestimmung von λ_{\max}) • einfache Konzentrationsbestimmung (z. B. durch graphische Auswertung einer Kalibriergeraden) 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Fotometrie (UV/VIS-Spektroskopie): LAMBERT-BEER'SCHES GESETZ 	

Vertiefungs- bzw. Verzahnungsmöglichkeiten

- Ableitung von Strukturen organischer Moleküle auf Basis zusammengehöriger Spektrensätze
- Atomabsorptions- und Atomemissionsspektroskopie
- Fällungstiteration (z. B. Argentometrie)
- Gegenüberstellung halbquantitativer und quantitativer Analysen von Ionen, Nachweisgrenzen
- Gravimetrie
- Infrarotspektroskopie: Spektrometer (Aufbau und Funktion), Wechselwirkung zwischen Strahlung und Materie (Molekülschwingungsanregungen ...), Spektrenauswertung
- Kernmagnetische Resonanzspektroskopie (NMR): Spektrometer (Aufbau und Funktion), Wechselwirkung zwischen Strahlung und Materie (Kernspinnanregungen, Beschränkung auf ^1H -NMR und ^{13}C -NMR), Spektrenauswertung
- Komplexometrie (Komplexone, Metallindikatoren)
→ *Komplexchemie II (9.2)*
- Konduktometrie
- Kopplung von Massenspektrometrie und Gaschromatografie bzw. Spektroskopie
- Polarimetrie: Polarimeter (Aufbau und Funktion), optische Aktivität, Drehwinkel
→ *Makromoleküle I – Kohlenhydrate (11)*
→ *Makromoleküle II – Proteine (12)*
- Trennung von Stoffgemischen zur quantitativen Reinstoffgewinnung (präparative Chromatografie)
- ...

2. Arzneimittel

Die Abhängigkeit unseres Wohlbefindens und unserer Gesundheit von Arzneimitteln ist riesig und beeinflusst unser Leben bzw. unsere Lebensqualität enorm.

Die Chemie leistet einen wichtigen Beitrag für Fortschritte in Pharmazie und Medizin. Dies zeigt sich insbesondere an der Erforschung und Entwicklung immer wirkungsvollerer Medikamente, die gleichzeitig weniger unerwünschte Nebenwirkungen zeigen.

Daher bietet dieser Baustein mannigfache Möglichkeiten, bisher erworbene Kenntnisse der organischen Chemie zu wiederholen, grundgelegtes Wissen zu vernetzen und sinnstiftend anzuwenden (z. B. Carbonylverbindungen, Aromaten, Analytik ...).

Gefahren und Wirkungsweisen von Medikamenten zu kennen, hilft beim sinnvollen Umgang mit Arzneimitteln, vermeidet Abhängigkeiten und führt zu einem verantwortungsvollen Handeln.

Da die Fülle an möglichen Beispielen groß ist, muss im Unterricht eine Auswahl erfolgen.

2.1 Grundlagen		
W 5 h	Grund- und Leistungsfach	W 5 h
<ul style="list-style-type: none">■ Definition und Abgrenzung: Arzneimittel, Wirkstoff, Droge, Medikament, Hilfsmittel, Biopharmazeutika, Homöopathika■ Klassifikationssysteme (z. B. Analgetika, Antipyretika...)■ Entwicklungsgeschichte der Arzneimittellkunde hin zur modernen (molekularen) Pharmakologie■ Patente, Generik■ personalisierte Medizin■ Medikamenten-Missbrauch und -Abhängigkeit■ Galenik (Definition, ausgewählte Beispiele, Freisetzungsverhalten (z. B. Retard-Arzneimittel))		

2.2 Pharmakokinetik		
W 2 h	Grund- und Leistungsfach	W 2 h
<ul style="list-style-type: none">■ Aufnahme■ Wirkung■ Abbau■ Wechselwirkung, z. B. mit anderen Medikamenten bzw. Stoffen, mit Licht (Fotosensibilität) ...		

2.3 Arzneimittelforschung		
W 5 h	Grund- und Leistungsfach	W 5 h
<ul style="list-style-type: none">■ Evaluation■ Grundlagen (Krankheitserforschung, Targetsuche, Screening (Hit-Suche), Leitstruktur ...)■ Klinische Phase■ Präklinische Phase■ Qualitätskontrolle: gute Herstellungspraxis, Arzneimittelgesetz, Analytik (z. B. → <i>Chromatographie (1.1)</i>, <i>Maßanalyse (1.2)</i> ...)■ Synthese		

3. Carbonylverbindungen

Zu den organischen Carbonylverbindungen zählen unter anderem Aldehyde, Ketone, Carbonsäuren und Carbonsäurederivate. Aus diesem breiten Spektrum an Stoffklassen und der damit einhergehenden Fülle an chemischen Verbindungen ergeben sich zahlreiche Kontexte aus Alltag und Technik. Diese beziehen sich zum einen auf diverse Stoffeigenschaften und erstrecken sich zum anderen über das ökologisch-ökonomisch bedeutsame Feld der chemischen Synthese.

Aus der Sekundarstufe I könnten organische Carbonylverbindungen – unter der Voraussetzung leistungsstarker Lerngruppen – im Zuge der Kunststoffchemie am Beispiel von Carbonsäuren, Polyestern und Polyamiden thematisiert worden sein, wobei vermutlich auf eine Betrachtung der jeweils zugehörigen Reaktionsmechanismen verzichtet wurde.

Im Verlauf der Sekundarstufe II werden bezüglich der organischen Carbonylverbindungen Oxidationsprodukte der Alkohole sowie deren Derivate und das chemische Verhalten in Gegenwart von Nucleophilen behandelt. Die nachstehend aufgeführten Inhalte sind keineswegs (chronologisch) in einer geschlossenen Unterrichtsreihe zu thematisieren, sondern sinnvoll mit anderen Lehrplanbausteinen zu verzahnen (z. B. Protonenübertragungsreaktionen, Elektronenübertragungsreaktionen, Analytik, Gleichgewicht und Kinetik, Energetik, Makromoleküle I-III (Kunststoffe, Kohlenhydrate, Proteine)).

3.1 Alkanale (Aldehyde) und Alkanone (Ketone)		
P 4 h	Grund- und Leistungsfach	P 4 h
<ul style="list-style-type: none">■ Synthese von Alkanalen bzw. Alkanonen durch Oxidation primärer bzw. sekundärer Alkanole■ funktionelle Gruppen (Aldehyd-Gruppe, Keto-Gruppe), homologe Reihen, Nomenklatur■ exemplarische Auswahl, z. B. Vorkommen, Verwendung, Struktur-Eigenschafts-Beziehungen■ Nachweis der Aldehyd-Gruppe, z. B. FEHLING-Probe, BENEDICT-Reagenz, TOLLENS-Probe		

3.2 Carbonsäuren und Carbonsäurederivate		
P 3 h	Grund- und Leistungsfach	P 3 h
Carbonsäuren <ul style="list-style-type: none">■ Synthese von Alkansäuren durch Oxidation von primären Alkanolen und Alkanalen■ funktionelle Gruppe (Carboxy-Gruppe), homologe Reihe, Nomenklatur■ Exemplarische Auswahl: z. B. Vorkommen, Verwendung, Struktur-Eigenschafts-Beziehungen		
Carbonsäurederivate <ul style="list-style-type: none">■ Carbonsäureester<ul style="list-style-type: none">→ Esterbildung und Esterspaltung (3.3)■ Carbonsäuresalze<ul style="list-style-type: none">→ Protonenübertragungsreaktionen (15), Tenside (16)		

3.3 Esterbildung und Esterspaltung			
P 4 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	P + 4 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Esterbildung (Kondensation): Ester-Synthese am Beispiel der Carbonsäure-alkylester, Vorkommen, Verwendung, Nomenklatur 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Reaktionsmechanismus der nukleophilen Substitution (Additions-Eliminierungs-Mechanismus) ■ Reaktionsmechanismus der sauren und alkalischen Hydrolyse z. B. <ul style="list-style-type: none"> • Biodieselherstellung (Umesterung) → <i>Lipide (10.2)</i> • Seifenherstellung (Verseifung) → <i>Lipide (10.2), Tenside (16)</i> • biologisch abbaubare Polyester, → <i>ökologisch-ökonomische Betrachtungen bei Kunststoffen (13.4)</i> • ... 	

Vertiefungs- bzw. Verzahnungsmöglichkeiten

- Bildung von
 - Aldolen (nukleophile Addition)
 - Iminen, Oximen, Hydrazone (nukleophile Substitution)
- Carbonsäurederivate, weitere mögliche Beispiele
 - Carbonsäureamide
→ *Makromoleküle II – III (Proteine (12), Kunststoffe (13))*
 - Carbonsäureanhydride
→ *Arzneimittelforschung (2.3)*
 - Carbonsäurechloride
→ bei Kunststoffen *Syntheseverfahren (13.1), Struktur und Eigenschaften (13.2)*
- Einfluss der Carbonylaktivität auf die Reaktionsgeschwindigkeit und Gleichgewichtslage
→ *Energetik (5) und Gleichgewicht und Kinetik (7)*
- Ester anorganischer Säuren (z. B. Phosphorsäure-, Schwefelsäure- und Salpetersäureester)
- Identifizierung der Carbonyl-Gruppe mittels IR-Spektroskopie
→ *Analytik (1)*
- Paracetamol, Aspirin®
→ *Arzneimittel (2)*
- ...

4. Elektronenübertragungsreaktionen (Redox- und Elektrochemie)

Redoxreaktionen stellen als natürliche oder künstliche, energieliefernde oder -speichernde Reaktionen einen sehr wichtigen Beitrag zur Energiebereitstellung und -sicherung dar. Damit sind auch ökologische und ökonomische Aspekte verbunden, die hier eingehend betrachtet werden.

Die in der Sekundarstufe I eingeführten Vorstellungen von Oxidation (Elektronenabgabe), Reduktion (Elektronenaufnahme) und Redoxreaktion (Elektronenübertragung) sowie von Oxidations- und Reduktionsmittel werden reaktiviert und vertieft.

Den Schülerinnen und Schülern werden weiterhin die volkswirtschaftliche Bedeutung der Korrosion und die Notwendigkeit geeigneter Maßnahmen zum Korrosionsschutz bewusst. Darüber hinaus bietet es sich an, die redoxchemische Funktionsweise von Solarzellen und Leuchtmitteln zu betrachten.

Sonnenlicht wird als der Energieträger der Zukunft angesehen. Ein Vorbild für die Nutzung dieses Energieträgers ist die Photosynthese. Diesen Energietransfer über technische Prozesse nutzbar zu machen, stellt sowohl eine Herausforderung als auch Chance im Hinblick auf eine nachhaltige Energieversorgung dar.

4.1 Donator-Akzeptor-Prinzip Redoxreaktionen			
P 5 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	P + 1 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Oxidationszahlen ■ (korrespondierende) Redoxpaare ■ anorganische Redoxreaktionen einrichten im sauren und alkalischen Milieu (organische Redoxreaktionen → <i>Carbonylverbindungen (3)</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Syn- und Disproportionierung ■ Redoxtitration → <i>Maßanalyse (1.2)</i> 	

4.2 Galvanische Zellen			
P 6 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	P + 4 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ elektrochemisches Gleichgewicht (Lösungstension, Elektronendruck, elektrisches Potential, elektrochemische Doppelschicht) ■ galvanische Zellen: Anode (Oxidation), Kathode (Reduktion), Polung, Zellspannung ■ Standardwasserstoffhalbzelle (Standardelektrodenpotential, elektrochemische Spannungsreihe) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Konzentrationszelle ■ NERNST'sche-Gleichung inkl. pH-Abhängigkeit bei Standardtemperatur 	

4.3 Elektrolysezellen			
P 4 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	P + 4 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Elektrolysezellen: Anode (Oxidation), Kathode (Reduktion), Polung ■ elektrolytische Rohstoffgewinnung an einem Beispiel ■ ökologische Aspekte der Rohstoffgewinnung, z. B. Wasserstoff, Aluminium, Chlor ... 	<ul style="list-style-type: none"> ■ FARADAY'sche Gesetze ■ Zersetzungsspannung, Abscheidungs-potential, Überspannung ■ ein weiteres technisches Verfahren zur elektrolytischen Rohstoffgewinnung 	

4.4 chemische Energiespeicherung			
P 6 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	P + 3 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ elektrochemische Strom- und Spannungs-quellen: Primärelemente, Sekundärelemente, Brennstoffzellen (jeweils ein Beispiel) ■ ökologische, ökonomische und gesellschaftliche Relevanz 	<ul style="list-style-type: none"> ■ aktuelle Entwicklung der chemischen Energiespeicherung ■ weitere Beispiele von elektrochemischen Strom- und Spannungsquellen 	

4.5 Korrosion		
P 5 h	Grund- und Leistungsfach	P 5 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Korrosionsvorgänge (Säure- und Sauerstoffkorrosion) ■ Korrosionsschutz (aktiv, passiv) ■ ökologische und ökonomische Folgen 	

4.6 Solarzellen und Leuchtmittel

W 5 h	Grund- und Leistungsfach	W 5 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Grundlagen: Leiter, Halbleiter (wahlweise inkl. Dotierung), Isolator ■ Schwerpunktsetzung (Solarzellen oder Leuchtmittel) <p>Schwerpunkt 1: Solarzellen, Energietransfer: Licht → Elektrizität</p> <ul style="list-style-type: none"> • fotovoltaischer Effekt, Halbleiterfotoeffekt • Fotospannung, Fotostrom <p>mögliche Beispiele für Solarzellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • fotogalvanische Zelle (mit einem Netto-Stoffumsatz) • fotoelektrochemische Zellen (ohne einen Netto-Stoffumsatz), Fotosensibilisierung mit (pflanzlichen) Farbstoffen (vgl. GRÄTZEL-Zelle) • anorganische Solarzelle (z. B. Silicium, III-V-Halbleiter, II-VI-Halbleiter ...) • organische Solarzelle (z. B. PEDOT:PSS, P3HT:PCBM ...) • Perowskit-Solarzelle • Tandem-Solarzellen • ... <p>Schwerpunkt 2: Leuchtmittel, Energietransfer: Elektrizität → Licht</p> <p>mögliche Beispiele für Leuchtmittel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektrolumineszenz-Devices (EL-Devices), z. B. anorganische Leuchtdiode (LED), organische Leuchtdiode (OLED), Elektrolumineszenz-Folie (EL-Folie) ... • Elektrochemolumineszenz-Devices (ECL-Devices) <ul style="list-style-type: none"> ■ bei beiden Schwerpunkten möglich – Betrachtung ausgewählter Merkmale: • Wirkungsgrad und Flächenbedarf • Materialeigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten • Herstellungskosten und Amortisierung • Langzeitstabilität und ökologischer Fußabdruck • ... 	

Vertiefungs- bzw. Verzahnungsmöglichkeiten

- Lichtreaktion der Fotosynthese (inklusive Fotosensibilisatoren) bzw. Zellatmung als Beispiel für elektrochemische Spannungsreihe
- Energietransfer: Licht → Materie
Herstellung von Wasserstoff, synthetischen Kraftstoffen und Grundchemikalien mit Hilfe von elektromagnetischer Strahlung (Möglichkeiten und Herausforderungen der Solartechnik und künstlichen Fotosynthese)
- oszillierende Reaktionen
- pH- und Temperaturabhängigkeit des elektrischen Potentials
- ...

5. Energetik

In der Sekundarstufe I werden energetische Aspekte am Beispiel der Exothermie, Endothermie, Aktivierungsenergie, Katalyse und Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen behandelt, wobei unterschiedliche Energieträger (z. B. Brennstoffe, inkl. Brennwert) und Energieübertragungen (inkl. Energiebilanz) zu beleuchten sind. Hierbei wird der Energietransfer – neben der Stoffumwandlung – sowohl auf Stoffebene als auch auf Teilchenebene gedeutet und als Charakteristikum chemischer Reaktionen definiert.

Diese qualitativen Grundlagen bilden ein tragfähiges Fundament für die quantitativen Betrachtungen der Energetik in der Sekundarstufe II, die auf den Hauptsätzen der Thermodynamik basieren und eine ökologische bzw. ökonomische Bewertung chemischer Verfahren ermöglichen.

5.1 Energie		
P 2 h	Grund- und Leistungsfach	P 2 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ Energieträger, Energietransfer ■ thermodynamische Systeme (offen, geschlossen, isoliert) ■ 1. Hauptsatz der Thermodynamik (Energieerhaltungssatz) 		

5.2 Enthalpie und Entropie			
P 8 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	P + 7 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Reaktionsenthalpie $\Delta_r H$ <ul style="list-style-type: none"> • exotherme und endotherme Reaktionen • Enthalpiediagramme • Bestimmung mittels Kalorimetrie ■ Bindungsenthalpie, Abschätzung von molaren Standardreaktionsenthalpien ($\Delta_r H_m^0$) aus molaren Standardbindungsenthalpien ($\Delta_b H_m^0$) ■ Bildungsenthalpie, Berechnung von molaren Standardreaktionsenthalpien ($\Delta_r H_m^0$) aus molaren Standardbildungsenthalpien ($\Delta_f H_m^0$) ■ Satz von Hess, Enthalpiezyklus 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2. Hauptsatz der Thermodynamik (Entropiesatz) $\Delta S_{ges} \geq 0$, $\Delta S_{ges} = \Delta S_{Sys} + \Delta S_{Umg}$, $\Delta H = - T \cdot \Delta S_{Umg}$ ■ Triebkräfte chemischer Reaktionen hinsichtlich Entropie und Enthalpie ■ Berechnung von molaren Standardreaktionsentropien ($\Delta_r S_m^0$) aus molaren Standardentropien (S_m^0) ■ Freie Reaktionsenthalpie $\Delta_r G$, exergonische und endergonische Reaktionen ■ GIBBS-HELMHOLTZ-Gleichung ($\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S_{sys} = - T \cdot \Delta S_{ges}$), Voraussage der Richtung chemischer Reaktionen ■ Berechnung von molaren freien Standardreaktionsenthalpien ($\Delta_r G_m^0$) aus molaren freien Standardbildungsenthalpien ($\Delta_f G_m^0$) 	

Vertiefungs- bzw. Verzahnungsmöglichkeiten

- Brennstoffe im Vergleich (Energiedichte, ökologische und ökonomische Betrachtungen
→ *Umweltchemie (17.1)* ...)
- Wirkungsgradoptimierung durch angepasste Technologien
- dissipative Systeme, oszillierende Reaktionen, Strukturbildungsprozesse ...
- Reaktionsvolumen $\Delta_r V$, „Volumenarbeit“ $W_v = -p \cdot \Delta_r V = -\Delta_r n \cdot R \cdot T$
- Reaktionsenergie $\Delta_r U = \Delta_r H + W_v$
- Zusammenhang zwischen der molaren freien Standardreaktionsenthalpie ($\Delta_r G_m^0$)
und der Gleichgewichtskonstante (K)
- ...

6. Farbmittel

Eine Welt ohne Farbmittel (Pigmente, Farbstoffe) wäre trüb und grau. Farbmittel haben in nahezu allen Bereichen unseres Alltags Einzug gehalten und prägen Kultur und Gesellschaft. Die Fülle an Farbmitteln lässt sich aufgrund unterschiedlicher Kriterien vielschichtig klassifizieren. Da die Entstehung vieler chemischer Großbetriebe auf Farbstofffabriken zurückgeht, bietet sich ein historischer Exkurs an.

Das Phänomen Licht und Farbigekeit wird mit Hilfe unterschiedlicher Modellvorstellungen erklärt. Zu diesem komplexen Themengebiet bringen die Schülerinnen und Schüler wenig Vorkenntnisse aus der Sekundarstufe I mit.

Besonders im Leistungskurs ist das Thema gut geeignet, um Grundlegendes wie Elektronen- und Protonenübertragungsreaktionen, pH-Wert oder das chemische Gleichgewicht zu wiederholen. Exemplarisch, beispielsweise anhand von Lebensmittelfarbstoffen oder Färbeverfahren, werden auch gesundheitliche und ökologische Aspekte diskutiert.

6.1 Grundlagen von Farbigekeit			
W 3 h	Grundfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	WP + 2 h
WP 3 h	Leistungsfach (Fundamentum)		
	<ul style="list-style-type: none"> ■ elektromagnetische Strahlung, Wechselwirkung zwischen Strahlung und Materie ... → <i>Spektroskopie (1.5)</i> ■ additive und subtraktive Farbmischung, Komplementärfarben ■ Chromophor 	<ul style="list-style-type: none"> ■ auxochrome und antiauxochrome Gruppen 	

6.2 organische Farbmittelklassen			
W 4 h	Grundfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	WP + 4 h
WP 4 h	Leistungsfach (Fundamentum)		
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vorstellung ausgewählter Klassen und Einteilungsmöglichkeiten, z. B. nach <ul style="list-style-type: none"> • Molekülstruktur (Polyene, Azo-, Carbonylfarbstoffe ...) • Löslichkeit (Pigment bzw. Farbstoff) • Herkunft natürlich (tierisch, pflanzlich) und synthetisch • Färbemethode (Direktfarbstoffe, Küpenfarbstoffe ...) • Verwendung (Lebensmittelfarben, Indikatorfarbstoffe ...) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Azofarbstoffe und Mechanismus der Synthese ■ mindestens zwei weitere Farbstoffklassen (mechanistische Betrachtungen nicht notwendig), z. B. Triphenylmethanfarbstoffe, Anthocyane ... 	

6.3 Einsatz organischer Farbstoffe		
W 4 h	Grundfach- und Leistungsfach	WP 4 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ zum Färben von Textilien <ul style="list-style-type: none"> • mindestens ein Färbeverfahren • Haftung auf der Faser • Eignung des Farbstoffes ■ mindestens eine weitere Verwendung z. B. <ul style="list-style-type: none"> • zum Schreiben (z. B. Tinte und Tintenkiller) • zum Färben von Haaren • zum Färben von Lebensmitteln • pH-Indikatoren ■ Berücksichtigung von ökologischen und gesundheitlichen Aspekten 		

6.4 Geschichte organischer Farbstoffe		
W 3 h	Grundfach- und Leistungsfach	W 3 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ vorindustrielle Nutzung ■ Bedeutung des Kohlenteers, Anilin ■ Geschichte der deutschen Chemiefabriken ■ Rolle der IG-Farben im ersten und zweiten Weltkrieg ■ Farbstoffe als Wirtschaftsfaktor ■ Meilensteine in der synthetischen Farbstoffentwicklung (Mauvein, Alizarin ...) ■ Entwicklung eines Farbstoffes am Beispiel von Indigo (historische Produktion - moderne Herstellung ...) ■ Patentwesen ■ ... 		

6.5 Pigmente

W 3 h	Grundfach- und Leistungsfach	W 3 h
<ul style="list-style-type: none">■ natürliche Pigmente (z. B. Erdfarben, Ultramarin ...), synthetische Pigmente (z. B. französisches Ultramarin, Berliner Blau → <i>Komplexchemie I (9.1) ...</i>)■ Weißpigmente■ Malfarben■ Lackfarben■ ...		

Vertiefungs- bzw. Verzahnungsmöglichkeiten

- delokalisiertes π -Elektronensystem, mesomere Grenzformeln
→ *Orbitalmodell (8.7)*
- Chemolumineszenz
- Fotolumineszenz (Fluoreszenz, Phosphoreszenz, Leuchtfarben ...)
- funktionelle Farbstoffe (Thermochrome, Fotochrome, Solvatochrome, Elektrochrome ...)
- Teststäbchen (z. B. Glucose-Teststäbchen, Nitrat-Teststäbchen ...)
- ...

7. Gleichgewicht und Kinetik

Die fachliche Auseinandersetzung mit Gleichgewichtsreaktionen und Reaktionsgeschwindigkeiten liefert die naturwissenschaftliche Grundlage für das Verständnis der Dynamik und die Möglichkeit der (kinetischen) Steuerung chemischer Prozesse, was mit einer Fülle an Kontexten aus Alltag und Technik einhergeht.

In der Sekundarstufe I werden Inhalte des chemischen Gleichgewichtes und der Kinetik chemischer Reaktionen in aller Regel nicht oder nur diffus beleuchtet. Allerdings sind aus der Sekundarstufe I die Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen, das Prinzip der Aktivierungsenergie und der Einsatz von Katalysatoren bekannt. Daraus ergeben sich für die Sekundarstufe II sinnstiftende Anknüpfungspunkte für die Behandlung der Gleichgewichtsreaktion und der Reaktionsgeschwindigkeit.

7.1 chemisches Gleichgewicht		
P 5 h	Grund- und Leistungsfach	P 5 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ Gleichgewichtsreaktion (Hin- und Rückreaktion, Gleichgewichtseinstellung und Gleichgewichtszustand, dynamisches Gleichgewicht) ■ Gleichgewichtsstörung (qualitative Betrachtung), Prinzip von LE CHATELIER (Temperatur, Konzentration, Druck) 		

7.2 Reaktionsgeschwindigkeit			
P 7 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	P + 4 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ Definition als zeitliche Änderung der Konzentration ■ Einflussfaktoren <ul style="list-style-type: none"> • Temperatur (RGT-Regel) • Konzentration • Druck • Zerteilungsgrad • Katalysator (homogene und heterogene Katalyse) ■ vereinfachte Betrachtung der Kollisions- bzw. Stoßtheorie, Geschwindigkeitsgesetz ■ kinetische Deutung der Gleichgewichtseinstellung ($v_{\text{hin}} \neq v_{\text{rück}}, v_{\text{ges}} \neq 0$) und des Gleichgewichtszustandes ($v_{\text{hin}} = v_{\text{rück}}, v_{\text{ges}} = 0$) 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Interpretation von Konzentrations-Zeit-Diagrammen ■ Mindestenergie, Energieverteilungskurven nach BOLTZMANN 	

7.3 Massenwirkungsgesetz		
P 5 h	Grund- und Leistungsfach	P 5 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ Gleichgewichtskonstante ($K_c = k_{\text{hin}} / k_{\text{rück}}$) herleiten über den Gleichgewichtszustand ($v_{\text{hin}} = v_{\text{rück}}$) am Beispiel von Elementarreaktionen ■ einfache Berechnungen von c_{Gl} (K_c bekannt) bzw. K_c (c_{Gl} bekannt) ■ Interpretation der Gleichgewichtslage mit K_c ■ Gleichgewichtsstörung (quantitative Betrachtung), mathematische Deutung des Prinzips von LE CHATELIER 		

7.4 Löslichkeit		
Leistungsfach		P 2 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ Löslichkeitsgleichgewicht ■ Löslichkeitsprodukt (K_L, pK_L) ■ einfache Berechnungen 		

7.5 angewandte Verfahren		
P 2 h	Grund- und Leistungsfach	P 2 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ Auswahl eines Beispiels (HABER-BOSCH-, Kontakt- oder OSTWALD-Verfahren ...) ■ Optimierung von Produktionsraten (Ausbeuten) durch zielgerichtete Gleichgewichtsstörung (Temperatur, Konzentration, Druck) und beschleunigte Gleichgewichtseinstellung (Temperatur, Katalysator) 		

Vertiefungs- bzw. Verzahnungsmöglichkeiten

- Arrhenius-Gleichung
- Autokatalyse, Fotokatalyse
- dissipative Systeme, oszillierende Reaktionen, Strukturbildungsprozesse ...
- Fließgleichgewicht
- fotostationäres Gleichgewicht
- Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm
- komplexere Berechnungen von c_{Gi} unter Einbezug von K_c und Ausgangskonzentrationen c_0
- K_p , ideales Gasgesetz (Allgemeine Gasgleichung)
- Reaktionsordnung, Zeitgesetze
- Sekanten- bzw. Tangentensteigung im Konzentrations-Zeit-Diagramm (Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit)
- ...

8. Kohlenwasserstoffe, Halogenkohlenwasserstoffe

Kohlenwasserstoffe lassen sich in Aliphaten und Aromaten unterteilen, wobei im Fall der aliphatischen Kohlenwasserstoffe noch einmal zwischen gesättigten (z. B. Alkane) und ungesättigten (z. B. Alkene und Alkine) differenziert werden kann. Aus diesem breiten Spektrum an Stoffklassen und der damit einhergehenden Fülle an chemischen Verbindungen ergeben sich zahlreiche Kontexte aus Alltag und Technik. Diese beziehen sich zum einen auf diverse Stoffeigenschaften und erstrecken sich zum anderen über das ökologisch-ökonomisch bedeutsame Feld der chemischen Synthese.

Im Verlauf der Sekundarstufe I werden Nomenklatur, Eigenschaften und Reaktionsverhalten (Stoff-, Teilchen- und Formelebene) der Alkane und ggf. der Alkene behandelt. Aus diesem Grund eignen sich auch beide Stoffklassen, um beispielsweise das Grundlagenwissen im Verlauf der Integrationsphase zu wiederholen bzw. zu vertiefen. Alkine und Aromaten werden in aller Regel nicht in der Sekundarstufe I thematisiert.

In der Sekundarstufe II werden Nomenklatur, Eigenschaften und Reaktionsverhalten der Kohlenwasserstoffe vertieft und hierbei insbesondere die Bildung von Halogenkohlenwasserstoffen umfassend erarbeitet. In diesem Zusammenhang ist auch eine intensive Auseinandersetzung mit Reaktionsmechanismen – insbesondere im Leistungskurs – intendiert. Hierbei sollen die nachstehend aufgeführten Inhalte keineswegs in einer geschlossenen Unterrichtsreihe thematisiert, sondern sinnvoll mit anderen Lehrplanbausteinen verzahnt werden (z. B. Integrationsphase, Umweltchemie, Analytik, Protonenübertragungsreaktionen, Farbstoffe, Tenside, Arzneimittel).

8.1 Aliphaten I – Alkane			
P 3 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	P + 3 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Nomenklatur unverzweigter und verzweigter Alkan-Moleküle, Konstitutionsisomerie → <i>Integrationsphase</i> ■ Vorkommen und Verwendung an ausgewählten Beispielen → <i>Integrationsphase</i> ■ Struktur-Eigenschafts-Beziehungen → <i>Integrationsphase</i> ■ Reaktion <ul style="list-style-type: none"> • mit Sauerstoff (vollständige und unvollständige Verbrennung, ökologische Aspekte) • mit Halogenen, Mechanismus der radikalischen Substitution, Fotolyse, Fotoinitiator 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Konformationsisomerie, Sägebock- oder NEWMAN-Projektion ■ Regioselektivität beim Mechanismus der radikalischen Substitution, induktiver Effekt 	

8.2 Aliphaten II – Alkene und Alkine			
P 4 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	P + 6 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Homologe Reihe, Konstitutionsisomerie, Konfigurationsisomerie (geometrische Isomerie), Nomenklatur (Prioritätsregeln) ■ Vorkommen, Verwendung und Struktur-Eigenschafts-Beziehungen an ausgewählten Beispielen ■ Reaktion mit Halogenen <ul style="list-style-type: none"> • Nachweis von Mehrfachbindungen • Mechanismus der elektrophilen Addition 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Konfigurationsisomerie (optische Isomerie) am Beispiel chiraler Halogenalkan-Moleküle (Enantiomere), Nomenklatur (R/S-System gemäß CAHN-INGOLD-PRELOG-Konvention) ■ Mechanismus der elektrophilen Addition <ul style="list-style-type: none"> • mit Halogenwasserstoffen, MARKOWNIKOW-Regel, induktiver Effekt • mit Wasser ■ Darstellung von Alkenen, Mechanismus der Eliminierung 	

8.3 Aromaten I			
W 6 h	Grundfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	P + 1 h
P 6 h	Leistungsfach (Fundamentum)		
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Entwicklung gängiger Strukturformeln des Benzol-Moleküls (KEKULÉ-Formel, ROBINSON-Formel) ■ aromatischer Zustand: Mesomeriemodell, Delokalisation von Elektronen, konjugiertes Doppelbindungssystem, HÜCKEL-Regel ■ Mechanismus der elektrophilen (aromatischen) Erstsitution an einem Beispiel ■ Gegenüberstellung von elektrophiler (aromatischer) Substitution und elektrophiler Substitution ■ Relevanz ausgewählter Benzolderivate 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Mechanismus der elektrophilen (aromatischen) Erstsitution an einem weiteren Beispiel 	

8.4 Aromaten II	
Leistungsfach	W 6 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ Zweit- bzw. Mehrfachsubstitution (aktivierende, deaktivierende und dirigierende Wirkung von Substituenten, induktiver Effekt, mesomerer Effekt) ■ KKK-Regel und SSS-Regel ■ Acidität des Phenol-Moleküls, Basizität des Anilin-Moleküls, Wasserlöslichkeit von Benzolsulfonsäurederivaten 	

8.5 fossile Energieträger		
W 4 h	Grund- und Leistungsfach	W 4 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ Entstehung, Zusammensetzung und Vorkommen von Erdöl ■ Erdöl als Wirtschaftsfaktor im Rohstoff- und Energiesektor ■ Raffination von Erdöl, Produktpalette (Benzin, Diesel, Kerosin, Heizöl) ■ Ottomotor, Oktanzahl, Dieselmotor, Cetanzahl, Klopfestigkeit, Zündwilligkeit ... ■ Umweltaspekte → <i>Umweltprobleme und Umweltschutz (17.1)</i> 		

8.6 Halogenkohlenwasserstoffe	
Leistungsfach	W 3 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ Darstellung → <i>Aliphaten I und II, Aromaten I und II (8.1 - 8.4)</i> ■ exemplarische Auswahl: z. B. Verwendung und Eigenschaften (Lösemittel, Kältemittel, Treibgas, Pestizid, Ausgangsstoff für chemische Synthesen) ■ Reaktionsverhalten der Halogenalkane: nukleophile Substitution ■ Umweltaspekte → <i>Umweltprobleme und Umweltschutz (17.1)</i> 	

8.7 Orbitalmodell	
Leistungsfach	W 5 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ Atomorbitale, Quantenzahlen ■ Valenzbindungstheorie, Kästchenschema, σ- und π-Bindungen, Hybridisierung, delokalisiertes π-Elektronensystem ■ Molekülorbitaltheorie ■ Energiebändermodell ■ ... 	

Vertiefungs- bzw. Verzahnungsmöglichkeiten

- Cycloalkane, -alkene, -alkine
- Ether
- Gaschromatografie
→ *Chromatografie (1.1)*
- Synthese von Arzneimitteln wie Aspirin®, Paracetamol
→ *Arzneimittelforschung (2.3)*
- Wahrnehmung von Synergieeffekten mit Blick auf das Fach Physik: Quantisierung atomarer Vorgänge
- ...

9. Komplexchemie

Komplexreaktionen und Komplexverbindungen sind an zahlreichen Vorgängen in Organismen, Medizin und Technik beteiligt. Die fachliche Auseinandersetzung mit komplexchemischen Inhalten soll aufgrund einer anspruchsvollen Erweiterung des Bindungsbegriffs ausschließlich im Leistungsfach erfolgen.

Die Komplexchemie erlaubt zahlreiche theoretische und praktische Verzahnungsmöglichkeiten mit anderen Lehrplanbausteinen (z. B. Analytik, Gleichgewicht und Kinetik, Elektronenübertragungsreaktionen, Makromoleküle III – Kunststoffe, Farbstoffe, Energetik).

9.1 Komplexchemie I Grundlagen	
Leistungsfach	P 5 h
<ul style="list-style-type: none">■ Bindungstyp von Komplexverbindungen<ul style="list-style-type: none">• Zentralteilchen als Lewis-Säure (Elektronenpaarakzeptor), Liganden als Lewis-Basen (Elektronenpaardonator)• koordinative Bindung■ Benennung und Klassifizierungsmöglichkeiten von Komplexverbindungen (IUPAC-Nomenklatur, Ladungszustand der Komplexe, Koordinationszahl ...)■ Bedeutung und Anwendung von Komplexbildungsreaktionen an mindestens zwei ausgewählten Beispielen (z. B. Aluminium-, Silber- und Goldkomplexe in der Metallgewinnung, Platin- und Metallocenkomplexe in der Krebstherapie, Metallocenkomplexe als Polymerisationskatalysatoren, Komplexverbindungen in der Analytik, Komplexverbindungen als Farbstoffe ...)	

9.2 Komplexchemie II Ergänzung	
Leistungsfach	W 5 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ Bedeutung und Anwendung von Chelatliganden und Chelatkomplexen an mindestens zwei ausgewählten Beispielen (z. B. Häm, Chlorophyll und Vitamin B₁₂ in Organismen, Chelattherapie in der Medizin, Chelatkomplexe in der Analytik, Metallkomplexfarbstoffe) ■ Komplexbildungsgleichgewicht, Ligandenaustauschgleichgewicht, Stabilität von Komplexverbindungen (Komplexbildungs- bzw. Stabilitätskonstante, statistischer und entropischer Effekt) ■ Isomerie von Komplexverbindungen (Konstitutionsisomerie, Konfigurationsisomerie) ■ Vergleich von Leistungen und Grenzen der Valenzbindungstheorie und mindestens einer weiteren Theorie (z. B. Kristallfeldtheorie, Ligandenfeldtheorie, Molekülorbitaltheorie) bezüglich der Erklärung ausgewählter Aspekte (nur sofern der Wahlbaustein 8.7 <i>Orbitalmodell</i> behandelt wurde): <ul style="list-style-type: none"> • Bindungstyp (vgl. elektrostatischer und kovalenter Bindungsanteil) • Koordinationspolyeder (vgl. VSEPR-Modell und Hybridisierungen) • Komplexeigenschaften (vgl. Magnetismus und Farbigkeit) ■ ... 	

Vertiefungs- bzw. Verzahnungsmöglichkeiten

- Charge-Transfer-Komplexe
- ...

10. Lipide

Der Begriff „Lipid“ stellt eine Sammelbezeichnung für nahezu nicht in Wasser lösliche Stoffe dar. In diesem Rahmenbaustein soll er sich nur auf Lipid-Moleküle mit Esterbindungen beschränken.

Sowohl aus der Sekundarstufe I als auch aus diversen Bausteinen der Sekundarstufe II sind zwischenmolekulare Wechselwirkungen und die damit einhergehenden Eigenschaften bekannt.

Auch andere Inhalte, wie z. B. die Additionsreaktion, die Titration oder die E/Z-Nomenklatur werden hier angewandt und vertieft. Somit bietet sich dieser Baustein sehr gut an, um Altbekanntes neu zu kontextualisieren.

Darüber hinaus haben Lipide in allen Lebensformen wichtige Funktionen. So spielen die Nahrungsfette als energiedichteste Nährstoffe eine bedeutende Rolle in unserer Ernährung und gehören damit zum unmittelbaren Erfahrungsbereich der Schülerinnen und Schüler.

10.1 Struktur und Eigenschaften			
WP 5 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	WP + 1 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Esterbindung → <i>Esterbildung und Esterspaltung (3.3)</i> ■ Struktur-Eigenschafts-Beziehungen ■ Monoester, z. B. natürliche Wachse ■ Diester, z. B. Ethylenglycoldiester ■ Triester, z. B. Fette und Öle <ul style="list-style-type: none"> • gesättigte und ungesättigte Fettsäuren • Interpretation von Kennzahlen: z. B. Schmelz- und Siedebereiche, Säurezahl, Verseifungszahl, Iodzahl 	<ul style="list-style-type: none"> ■ vertiefte Betrachtung 	

10.2 Vorkommen und Verwendung		
WP 4 h	Grund- und Leistungsfach	WP 4 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Monoester: ausgewählte Wachse ■ Diester, z. B. Ethylenglycoldiester als Perlglanz-, Trübungs- und Dispergiermittel bei Seifen, Shampoos und Lotionen ■ Triester: ausgewählte Fette und Öle <ul style="list-style-type: none"> • Reserve- und Speicherstoff, gesunde Ernährung, Zivilisationskrankheiten, Brennwert, Margarineherstellung (Fetthärtung), Fettverderb • Lösemittel, z. B. für Ölfarben, Trocknen von Ölen • als nachwachsende Rohstoffe, z. B. Biodiesel (Umesterung), Palmölproblematik • Emulgatoren • Seifen → <i>Tenside (16)</i> 	

11. Makromoleküle I – Kohlenhydrate

Kohlenhydrate sind neben Fetten die wichtigsten Energielieferanten der menschlichen Ernährung. Als Produkt der Fotosynthese machen sie einen Großteil der weltweiten Biomasse aus. Cellulose wird als Bestandteil der Zellwand von allen Pflanzen gebildet. Spricht man von nachwachsenden Rohstoffen, so sind überwiegend pflanzliche Makromoleküle dieser Stoffklasse gemeint.

Ob sich Kohlenhydrate aber zur Ernährung eignen, weil sie vom Körper verstoffwechselt werden können, oder nicht, hängt von ihrem molekularen Aufbau und der Enzymausstattung des Körpers ab. Daher sollen die Monosaccharide und deren Umsetzung zu Di- und Polysacchariden im Unterricht thematisiert werden.

Wegen des fachübergreifenden Aspektes ist eine Abstimmung mit dem Biologieunterricht empfehlenswert.

11.1 Monosaccharide			
WP 3 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	WP + 2 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Grundstruktur von ausgewählten Aldosen und Ketosen jeweils in FISCHER- und HAWORTH-Projektion ■ Bedeutung 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Reaktionsmechanismus der nukleophilen Addition bei Aldehyden bzw. Ketonen, z. B. Bildung von Halbacetalen bzw. Halbketalen 	

11.2 Disaccharide und Polysaccharide			
WP 6 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	WP + 2 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Kondensation und Polykondensation, glycosidische Bindung, α- und β-Stellung <ul style="list-style-type: none"> • Maltose, Cellobiose • Saccharose, Lactose • Stärke, Cellulose ■ Bedeutung <ul style="list-style-type: none"> • (Energie-) Speicherstoffe • Baustoffe • nachwachsende Rohstoffe, z. B. alkoholische Gärung (Bioethanol) ... ■ Unterscheidung zwischen reduzierend und nicht reduzierend wirkenden Kohlenhydrat-Molekülen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Reaktionsmechanismus der nukleophilen Substitution (Additions-Eliminierungs-Mechanismus) bei Aldehyden bzw. Ketonen, z. B. Bildung von Vollacetalen bzw. Vollketalen 	

Vertiefungs- bzw. Verzahnungsmöglichkeiten

- Lactoseintoleranz oder Diabetes
- MAILLARD-Reaktion
- Oligosaccharide (z. B. Cyclodextrine, Blutgruppenantigene, Inulin)
- optische Aktivität, optische Isomerie
→ *Aliphaten II (8.2)*
- Polarimetrie
- Zuckeraustauschstoffe
- Zuckergewinnung
- ...

12. Makromoleküle II – Proteine

Als natürliche Polykondensate erfüllen die Proteine wichtige Funktionen bei Lebewesen, beispielsweise sind sie strukturgebend, aber auch regulatorisch tätig. Um diese Funktionen verstehen zu können, muss zunächst die Molekülstruktur erarbeitet werden.

Wegen des fachübergreifenden Aspektes ist eine Abstimmung mit dem Biologieunterricht empfehlenswert.

12.1 Aminosäuren			
WP 2 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	WP + 1 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Struktur-Eigenschafts-Beziehungen, Klassifizierung nach Resten 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Zwitterion ■ isoelektrischer Punkt 	

12.2 Struktur der Proteinmoleküle			
WP 3 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	WP + 1 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Peptidbildung und -bindung, Kondensation und Polykondensation ■ Primär-, Sekundär- Tertiär- und Quartärstruktur ■ Denaturierung ■ mindestens eine Nachweisreaktion, z. B. Biuret-Reaktion, Xanthoprotein-Reaktion 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Geometrie (Mesomerie) der Peptidbindung 	

12.3 Funktion der Proteine

WP 4 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	WP + 2 h
	<ul style="list-style-type: none">■ in der Natur, z. B.:<ul style="list-style-type: none">• Strukturproteine, z. B. Kollagen• regulatorische Proteine, z. B. Insulin• Enzyme, z. B. Amylase• ...■ in der Technik, z. B.<ul style="list-style-type: none">• Waschmittel• Nahrungsmittelherstellung• Haarumformung• ...	<ul style="list-style-type: none">■ eingehendere Betrachtungen	

Vertiefungs- bzw. Verzahnungsmöglichkeiten

- aktives Zentrum
- Elektrophorese
- optische Aktivität, optische Isomerie
→ *Aliphaten II* (8.2)
- Polarimetrie
- ...

13. Makromoleküle III – Kunststoffe

Ein Leben ohne Kunststoffe ist derzeit kaum vorstellbar, haben sie doch alle Lebensräume – gewollt oder ungewollt – erobert. Besonders bei den Kunststoffen zeigt sich, wie weit der Mensch in der Lage ist, künstliche Stoffe zu synthetisieren und sie gezielt seinen Bedürfnissen anzupassen. Hier soll der Zusammenhang zwischen der Teilchenstruktur und den Stoffeigenschaften herausgearbeitet werden.

Aus der Sekundarstufe I sind bereits die Verknüpfung von Monomeren zu Polymeren, die Klassifizierung von Kunststoffen und der Zusammenhang zwischen Makromolekülstruktur, Stoffeigenschaften und Kunststoffverwendung grundlegend bekannt. In Abgrenzung zur Sekundarstufe I werden in der Oberstufe unter anderem die verschiedenen Reaktionsmechanismen thematisiert. Teilweise werden diese, wie die Additions- oder Eliminierungsreaktion, auch in anderen thematischen Zusammenhängen behandelt.

Ein besonderes Augenmerk gilt den Problemen, die dadurch entstehen, dass Kunststoffe unsachgemäß in die Umwelt gelangen. Daher sollen die verschiedenen Möglichkeiten des Recyclings näher betrachtet werden. Um Fragen der Nachhaltigkeit beantworten zu können, sollen weiterhin die Biokunststoffe im Unterricht thematisiert werden.

13.1 Syntheseverfahren			
P 4 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	W + 2 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Mechanismus der radikalischen Polymerisation, Fotolyse, Fotoinitiator ■ Polykondensation (Polyester, Polyamide) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Mechanismus der Polyester-Bildung → <i>Esterbildung und Esterspaltung (3.3)</i> ■ Mechanismus der Polyamid-Bildung 	

13.2 Struktur und Eigenschaften			
P 5 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	W + 2 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Einfluss der Makromolekülstruktur auf mechanisch-thermische Kunststoffeigenschaften (Vernetzungsgrad, zwischenmolekulare Wechselwirkungen) ■ Einteilung in Thermoplaste, Duroplaste und Elastomere ■ Verarbeitungstechnologien (Urformen, Umformen, Fügeverfahren) ■ Additive 	<ul style="list-style-type: none"> ■ weitere Möglichkeiten der Beeinflussung von Kunststoffeigenschaften (z. B. Kristallinitätsgrad, Taktizität, Copolymere, Druckvariation, Blends, Aufschäumen, Verstrecken ...) 	

13.3 Spezialkunststoffe			
W 3 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	W + 2 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ z. B. Faserstoffe, Medizinprodukte, Klebstoffe, Baustoffe, Kautschuk, Verbundwerkstoffe, Silicone, Ionenaustauscher, Superabsorber, Carbonfasern, Lacke, Halbleiterpolymere ... 	<ul style="list-style-type: none"> ■ eingehendere Betrachtung der Spezialkunststoffe 	

13.4 ökologisch-ökonomische Betrachtungen			
P 5 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	W + 1 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Müllproblematik ■ Recyclingarten (werkstofflich, rohstofflich, thermisch) ■ Biokunststoffe (biobasiert, biologisch abbaubar) ■ Additive (Weichmacher, Stabilisatoren, Flammschutzmittel ...) ■ Mikro- und Nanoplastik ■ ... 	<ul style="list-style-type: none"> ■ eingehendere Betrachtung der ökologisch-ökonomischen Beziehungen 	

Vertiefungs- bzw. Verzahnungsmöglichkeiten

- Mechanismus der Polyaddition
- Polyaddukte (z. B. Polyurethan, Epoxidharz ...)
- ...

14. Moderne Werkstoffe – Nanomaterialien u. a.

Man schätzt, dass über zwei Drittel aller technischen Neuerungen direkt oder indirekt auf neue Materialien zurückgeführt werden können. Ein Ausblick auf diese zeigt die Bedeutung der Chemie für unseren Alltag. Eine Diskussion der sich aus den Neuerungen ergebenden Vor- und Nachteile fördert die Bewertungskompetenz.

Ein Beispiel für moderne Werkstoffe sind neben innovativen Kunststoffen (siehe Makromoleküle III – Kunststoffe) Nanomaterialien. Die Nanotechnologie zählt zu den Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts und wird ganze Technologiebereiche verändern. Sie befasst sich mit der Erforschung, Erzeugung und Anwendung von Strukturen, die sich in mindestens einer Dimension im Bereich zwischen einem und 100 Nanometern bewegen. Bereits heute werden z. B. Nano-Titandioxid, Nano-Silber oder Nano-Ruß (Carbon Black) im Tonnenmaßstab hergestellt.

Ein wichtiger Aspekt der Nanotechnologie beruht darauf, dass Stoffe beim Übergang zum Nanogrößenbereich einen Teil ihrer Eigenschaften stark verändern können.

Für Schülerinnen und Schüler stellt die Nanotechnologie ein wichtiges und spannendes Thema mit großen Zukunftsaussichten dar, weil sich unter anderem im industriellen Bereich neue Betätigungsfelder ergeben werden.

Anmerkung: Da es sich zur Zeit der Drucklegung um einen aufstrebenden Forschungsbereich handelt, werden hier in besonderem Maße Vorschläge für Kontexte genannt. Diese sind exemplarisch zu verstehen. Sie geben den Stand der Wissenschaft zur Zeit der Drucklegung wieder und sollen aktuellen Forschungsergebnissen angepasst werden.

14.1 Struktur und Eigenschaften von Nanomaterialien		
W 2 h	Grund- und Leistungsfach	P 2 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Definition, Einteilung ■ natürliches Vorkommen (z. B. Lotos-Pflanze, Insektenbeine, DNA-Strang, Caseinmicellen ...) ■ mindestens eine Nanostruktur (z. B. Plättchen, Kugel, Röhrchen, Fasern, Poren ...) ■ mindestens eine Eigenschaft von Nanostrukturen (z. B. Lotus-Effekt, Farbwirkung und optische Effekte, Fotokatalyse, Nanopartikel in der Halbleitertechnik, magnetische Nanopartikel, Reflektoren, Nanobehälter, Schutz- und Pflegezusätze in Kosmetika ...) 	

14.2 Anwendungsgebiete von Nanomaterialien

W 4 h	Grund- und Leistungsfach	P 4 h
<ul style="list-style-type: none">■ Anwendungen von Nanomaterialien (mindestens zwei), z. B.:<ul style="list-style-type: none">• Kunststoffe, z. B. Verstärkung durch Kohlenstoffnanoröhrchen, kratzfeste Kunststofflacke ...• Lebensmittel, z. B. Nanocontainer für Geschmacksträger, Verbesserung der Löslichkeit von Stoffen, Optimierung von Antioxidation, bessere Bioverfügbarkeit von Vitaminen ...• Kosmetik, z. B. Titandioxid in Sonnencreme ...• Reinigungs- und Pflegemittel, z. B. Imprägnierspray ...• Keramiken, z. B. als Katalysatorträger, Ultrafilter, Elektrolytschichten für Brennstoffzellen ...• Energietechnik, z. B. Nanotinten zur Herstellung flexibler Solarzellen, Nanochips in Smartphones ...• Medizin, z. B. Implantat mit nanostrukturierten Oberflächen zur besseren Verträglichkeit, Nanocarrier, Krebstherapie mit Nanopartikeln aus Eisenoxid, smarte Nanomedizin ...• Baustoffe, z. B. Wärmedämmung, Oberflächenbeschichtung ...• Fotokatalysatoren, z. B. Titandioxid in selbstreinigenden Oberflächen ...• ...		

14.3 Potentiale und Risiken von Nanomaterialien

W 2 h	Grund- und Leistungsfach	P 2 h
<ul style="list-style-type: none">■ ausgehend von physikalisch-chemischen Eigenschaften, Persistenz, Bioakkumulation ..., z. B.:<ul style="list-style-type: none">• große, reaktionsfreudige Oberflächen• kleine Partikel, die die natürlichen biologischen Barrieren passieren können (Gefahr beim Einatmen oder Essen, Toxikokinetik ...)• lange Verweildauer im Körper■ ausgehend von der Freisetzung und Umweltbelastung, z. B.<ul style="list-style-type: none">• über Waschwasser• über mechanische Verwitterung (z. B. Nanoplastik)		

14.4 weitere innovative Materialien		
W 3 h	Grund- und Leistungsfach	W 3 h
<ul style="list-style-type: none">■ Mit diesem Baustein erhalten Sie die Gelegenheit, moderne, zukunftssträchtige Materialien im Unterricht zu behandeln, die zur Zeit der Drucklegung noch keine Relevanz hatten.		

Vertiefungs- bzw. Verzahnungsmöglichkeiten

- Herstellung von Nanostrukturen (Top-down-Verfahren, Bottom-up-Verfahren)
- fotoaktive molekulare Schalter in nanostrukturierten Funktionseinheiten (innovative Materialien mit reversibel schaltbaren Eigenschaften durch elektromagnetische Strahlung verschiedener Wellenlänge)
- ...

15. Protonenübertragungsreaktionen (Säure-Base-Chemie)

Die in der Sekundarstufe I eingeführten Vorstellungen von Säuren, Basen und Säure-Base-Reaktionen (Stoff-, Teilchen- und Formelebene) werden reaktiviert und auf Grundlage qualitativer und quantitativer Betrachtungen vertieft. Im Zusammenhang derartiger Betrachtungen soll die gesellschaftliche, ökologische und ökonomische Bedeutung von Säuren und Basen gewürdigt werden.

15.1 Donator-Akzeptor-Prinzip BRØNSTED-Konzept		
P 3 h	Grund- und Leistungsfach	P 3 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ BRØNSTED-Säure (Protonendonator), BRØNSTED-Base (Protonenakzeptor) ■ Säure-Base-Reaktion (Protolyse, Protonenübertragungsreaktion) und Protolysegleichgewicht ■ (korrespondierende) Säure-Base-Paare ■ amphoterer Stoff (Ampholyt) ■ Autoprotolyse und Autoprotolysegleichgewicht ■ Ionenprodukt, K_w und pK_w 		

15.2 Lösungen von Säuren und Basen			
P 6 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	P + 4 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ Definition: pH-Wert, pOH-Wert ■ pH-Wert-Skala: saure Lösungen, neutrale Lösungen, alkalische Lösungen (Laugen) ■ Säure versus saure Lösung, Base (Alkalie) versus alkalische Lösung ■ Stärke von Säuren und Basen: Säurekonstante K_s (Säureexponent pK_s), Basenkonstante K_b (Basenexponent pK_b) ■ pH-Wert-Berechnungen bei wässrigen Lösungen von starken Säuren und starken Basen 		<ul style="list-style-type: none"> ■ pH-Wert-Berechnungen bei wässrigen Lösungen von schwachen Säuren und schwachen Basen ■ pH-Wert und (einfache) pH-Wert-Berechnungen bei wässrigen Salzlösungen 	

15.3 Säure-Base-Indikatoren			
P 1 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	P + 1 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Definition ■ Wirkungsweise (qualitativ) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Indikatorgleichung ■ Umschlagsbereich 	

15.4 Puffersysteme			
P 1 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	P + 2 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Definition ■ Wirkungsweise (qualitativ) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Puffergleichung (HENDERSON-HASSELBALCH-Gleichung) ■ Pufferbereich ■ Pufferkapazität 	

15.5 Säure-Base-Titration Neutralisationstitration			
P	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	P
	→ <i>Maßanalyse (1.2)</i>	→ <i>Maßanalyse (1.2)</i>	

Vertiefungs- bzw. Verzahnungsmöglichkeiten

- Dissoziationsgrad (Protolysegrad)
- pH-Wert-Berechnungen bei wässrigen Lösungen von mittelstarken Säuren und mittelstarken Basen
- ...

16. Tenside

Tenside sind mehr als nur Seifen. Mit ihnen kann der technologische Fortschritt einer Produktklasse sehr gut veranschaulicht werden. So führten beispielsweise die Nachteile von Seifen zur Entwicklung von modernen Tensiden, die auf ihren Einsatz maßgeschneidert sind.

Die Zusammensetzung eines modernen Waschmittels verdeutlicht die Weiterentwicklung eines alltäglich genutzten Produktes und zeigt – auch im Hinblick auf seine Ökobilanz – die Bedeutung der Chemie im Alltag auf.

Die aus der Molekülstruktur abgeleiteten Eigenschaften bestimmen maßgeblich die Verwendungsmöglichkeiten eines Stoffes. Daher ist das Thema sehr gut geeignet, um Struktur-Eigenschafts-Beziehungen zu vertiefen. Die Grundlagen zum Verständnis dieses Bausteines werden in der Sekundarstufe I gelegt und nun weiterentwickelt.

16.1 Struktur und Eigenschaft		
W 4 h	Grund- und Leistungsfach	W 4 h
	<ul style="list-style-type: none">■ Einteilung (kationisch, anionisch, nichtionisch, amphoter)■ physikalische und chemische Eigenschaften, z. B.<ul style="list-style-type: none">• TYNDALL-Effekt• Grenzflächenaktivität• Bildung von Micellen• emulgierende und dispergierende Wirkung• Nachteile von Seifen (alkalische Reaktion, Säure- und Härteempfindlichkeit)	

16.2 Herstellung und Verwendung		
W 4 h	Grund- und Leistungsfach	W 4 h
	<ul style="list-style-type: none">■ Herstellung<ul style="list-style-type: none">• aus nachwachsenden Rohstoffen durch alkalische Hydrolyse (Verseifung)• aus Erdöl■ Verwendung, z. B. als<ul style="list-style-type: none">• waschaktive Substanz (Waschprozess, Zusammensetzung moderner Waschmittel)• Emulgator• Netzmittel• Schaumbildner• Weichspüler (kationische Tenside)■ ökologische Aspekte, z. B. Umweltbelastung, Nachhaltigkeit, Verträglichkeit ...	

17. Umweltchemie

Die Umweltchemie ist ein interdisziplinärer Forschungsbereich. Er untersucht mit Blick auf verschiedene Umweltkompartimente die Ausbreitung und Umwandlung von Stoffen sowie deren Wirkung auf biotische und abiotische Faktoren. Hierbei werden sowohl Stoffe aus natürlichen Quellen (z. B. vulkanische Gase, natürliche Toxine) als auch anthropogenen Ursprungs (z. B. Abgase, Düngemittel) betrachtet.

Im Zusammenhang umweltchemischer Fragestellungen zeigt sich die gesellschaftliche, ökologische und ökonomische Relevanz entsprechender Forschungsergebnisse, wobei das Spannungsfeld zwischen Umweltproblemen und Umweltschutz deutlich wird.

Im Verlauf der Sekundarstufe I werden einerseits Grundlagen bezüglich Gefahrstoffen, Grenzwerten und Analysemethoden gelegt, andererseits Fachkenntnisse bezüglich des Treibhauseffektes und des Kohlenstoff-Kreislaufs vermittelt. Im Baustein „Umweltchemie“ sollen diese Vorkenntnisse aufgegriffen und oberstufenadäquat vertieft werden.

Die nachstehend aufgeführten Unterrichtsinhalte erlauben zahlreiche theoretische und praktische Verzahnungsmöglichkeiten mit anderen Lehrplanbausteinen (z. B. Analytik, (Halogen-)Kohlenwasserstoffe, Makromoleküle III – Kunststoffe, moderne Werkstoffe).

17.1 Umweltprobleme und Umweltschutz			
P 12 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	P + 6 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Zusammenwirken von Umweltkompartimenten (Atmosphäre, Hydrosphäre, Lithosphäre, Biosphäre, Pedosphäre) ■ Kohlenstoff-Kreislauf ■ natürlicher und anthropogener Treibhauseffekt, Treibhausgase, Klimawandel, Versauerung von Meeren bzw. Böden ■ Reduktion der Emission von Treibhausgasen, alternative Energieträger: z. B. Wasserstoff, Biogas, synthetische Kraftstoffe ... ■ Betrachtung von mindestens einem weiteren Umweltproblem und entsprechender Umweltschutzmaßnahmen, z. B. Ozonloch, fotochemischer Smog, intensive Landwirtschaft, Mikro- und Nanoplastik ... → <i>ökologisch-ökonomische Betrachtungen bei Kunststoffen (13.4), Potentiale und Risiken von Nanomaterialien (14.3)</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Betrachtung von mindestens einem weiteren Elementkreislauf, z. B. Stickstoffkreislauf, Phosphorkreislauf, Schwefelkreislauf ■ Betrachtung eines weiteren Umweltproblems und entsprechender Umweltschutzmaßnahmen 	

17.2 Umweltanalytik

W 5 h	Grund- und Leistungsfach (Fundamentum)	Leistungsfach (Additum)	W + 3 h
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Alternative 1: Gewässeranalytik, z. B. am Fließgewässer durch Bestimmung der chemischen Gewässergüte (chemischer Index) <ul style="list-style-type: none"> • Temperatur • pH-Wert • elektrische Leitfähigkeit • Sauerstoffsättigung in %, Sauerstoffgehalt und BSB₅ in mg O₂/l (z. B. Sauerstoffelektrode, Maßanalyse nach WINKLER, VIS-Spektroskopie in Anlehnung an die WINKLER-Methode) • Gehalt an Phosphat-, Nitrat- und Ammonium-Ionen (z. B. VIS-Spektroskopie) ■ Alternative 2: Bodenanalytik, z. B. im Ober- und Unterboden verschiedener Bodentypen, z. B. <ul style="list-style-type: none"> • Bodenacidität • elektrische Leitfähigkeit • pflanzenverfügbare Gehalt an Phosphat-, Nitrat- und Ammonium-Ionen (z. B. VIS-Spektroskopie) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ zu Alternative 1: Gewässeranalytik, z. B. CSB in mg O₂/l (z. B. VIS-Spektroskopie) ■ zu Alternative 2: Bodenanalytik, z. B. <ul style="list-style-type: none"> • Wasser- und Humusgehalt (z. B. Gravimetrie) • pflanzenverfügbare Gehalt an Erdalkalimetall-Kationen (z. B. Chelatometrie) • pflanzenverfügbare Gehalt an Kalium-Kationen (z. B. Turbidimetrie) • Carbonatgehalt (z. B. Gasvolumetrie nach SCHEIBLER) 	

Vertiefungs- bzw. Verzahnungsmöglichkeiten

- Wirkungsgradoptimierung durch angepasste Technologien
- fachübergreifende Herangehensweise durch Einbezug der „Zeigerwerte nach ELLENBERG“ (Zeigerpflanzen, Bioindikatoren)
- fachübergreifende Herangehensweise durch Einbezug der biologischen Gewässergüte (Saprobienindex) und der Gewässerstrukturgüte (Hydromorphologie)
- Funktionsweise einer dreistufigen Kläranlage (C-, N- und P-Elimination)
- UV/IR-Spektroskopie
- Atomabsorptions- und Atomemissions-Spektroskopie
- ...

5 UMSETZUNG IM UNTERRICHT

5.1 Besonderheiten der Einführungsphase

Im neunjährigen Gymnasium (G9) umfasst die Mainzer Studienstufe (MSS) die Jahrgangsstufen 11, 12 und 13. Im 8-jährigen Gymnasium mit Ganztagschule (G8GTS) sind dies die Jahrgangsstufen 10, 11 und 12. Sie gliedert sich in eine einjährige Einführungs- und eine zweijährige Qualifikationsphase, wobei in G9 das Halbjahr 11/2 sowohl zur Einführungs- als auch zur Qualifikationsphase gehört.

Gemäß den Organisationsrichtlinien für die MSS soll die Einführungsphase die Schülerinnen und Schüler mit dem System der Oberstufe vertraut machen und möglichst gleiche Voraussetzungen schaffen. In der Qualifikationsphase erwerben die Schülerinnen und Schüler MSS-Punkte, die für den Abiturdurchschnitt zählen.

Um das vorgegebene Ziel der Einführungsphase zu erreichen, beginnt der Lehrplan Chemie verbindlich mit einer Integrationsphase. Für diese sind im Leistungskurs 30 und im Grundkurs 25 Wochenstunden ausgewiesen. Hier werden grundlegende Kenntnisse der Sekundarstufe I wiederholt, vertieft und mit neuen Inhalten erweitert. Aufgrund der unterschiedlichen Voraussetzungen, die die Schülerinnen und Schüler mitbringen, kann es nötig sein, über diesen Stundenansatz hinaus Wiederholungseinheiten hier oder an anderer Stelle des Lehrplans zu integrieren.

Eine besondere Situation findet sich im G8GTS-System dadurch, dass die Klassenstufe 10 sowohl der Sekundarstufe I als auch der Sekundarstufe II zugeordnet ist. Daher ist in Jahrgangsstufe 10 zu beachten, dass sie nicht nur Einführungsphase der Sekundarstufe II ist, sondern auch noch ausstehende Inhalte des Lehrplans der Sekundarstufe I zu erfüllen sind. Im Fall einer Abwahl des Faches Chemie nach der Klasse 10 muss sichergestellt sein, dass die Schülerinnen und Schüler über Kompetenzen und das Konzeptverständnis verfügen, die für den mittleren Bildungsabschluss erwartet werden.

Sofern Inhalte aus Pflichtbausteinen vor Beginn der Qualifikationsphase unterrichtet bzw. behandelt werden, ist sicherzustellen, dass diese Inhalte in der Qualifikationsphase noch einmal aufgegriffen (wiederholt) und ggf. vertieft bzw. erweitert werden. Wie dies gelingen kann, ist in Kapitel 5.2 "Reihung der Bausteine" (Strukturierungsvorschläge) beispielhaft dargestellt.

Die Einführungsphase und insbesondere die Integrationsphase hat die im Folgenden näher beschriebenen Funktionen zu erfüllen.

Brückenfunktion

Die Integrationsphase in der Jahrgangsstufe 11/1 (G9) bzw. Jahrgangsstufe 10/1 (G8GTS) hat die Aufgabe, eine Verbindung von der Sekundarstufe I zur Hauptphase der Sekundarstufe II bei gleichzeitiger Differenzierung in Grund- und Leistungskurse zu schaffen. Von besonderer Bedeutung ist die Zusammensetzung der Kurse. Die Chemiekurse der Oberstufe werden in der Regel von Schülerinnen und Schülern besucht, die fast alle ein weitergehendes Interesse an der Chemie zeigen, deren Fähigkeiten und Ziele jedoch sehr stark differieren. Um den Übergang zu erleichtern, müssen Schülerinnen und Schüler Bekanntes wiederfinden und Gelegenheit haben, strukturiert ihr Wissen, ihre Fähigkeiten und Fertigkeiten weiter auszubauen. Dies gelingt nur, wenn die Anknüpfung an Vorhandenes möglich ist. Deshalb müssen Grundlagen aus der Sekundarstufe I wiederholt und in neuen Kontexten aufgefrischt werden.

Einführungsfunktion

Der Unterricht soll auf Oberstufenniveau in fachtypische Arbeitsweisen und Methoden der Chemie einführen. Dies ist wegen der Heterogenität von Lerngruppen stets eine Herausforderung an die unterrichtenden Lehrerinnen und Lehrer.

Einführung bezieht sich aber auch auf die selbständige, selbstverantwortliche Planung und Organisation von Lernprozessen in wechselnden Lerngruppen und alle damit zusammenhängenden Schwierigkeiten. Dies ist deshalb von besonderer Bedeutung, weil häufig Orientierungsprobleme im Kurssystem fachliche Probleme überlagern.

Eingliederungsfunktion

In der Jahrgangsstufe 11 (G9) und Jahrgangsstufe 10 (G8GTS) werden Schülerinnen und Schüler aus verschiedenen 10. Klassen (G9) bzw. 9. Klassen (G8GTS), hinzukommende Realschulabgängerinnen und -abgänger sowie Schülerinnen und Schüler, die die Schule gewechselt haben, in neuen Lerngruppen zusammengeführt. Eine Aufgabe der Integrationsphase besteht darin, diese inhomogenen Gruppen auf einen vergleichbaren Stand zu bringen. Ausreichende Übungen und Wiederholungen von grundlegenden Inhalten und Fachmethoden aus der Sekundarstufe I sind aller Erfahrung nach zur Erreichung dieses Ziels unerlässlich. Außerdem müssen die Schülerinnen und Schüler innerhalb des Kurses ein neues, funktionierendes Sozialgefüge ausbilden. Sie müssen lernen, ihre unterschiedlichen Kompetenzen im Hinblick auf eine kooperative Arbeit in der Lerngruppe einzubringen und sich in einem neuen Kurs einzugliedern. Dieser Prozess ist neben den rein fachlichen Problemen stark durch soziale Komponenten bestimmt und zielt auf eine Förderung von Teamfähigkeit, Kooperation und Kommunikation.

Orientierungsfunktion

Gleichzeitig sollte es gelingen, den Schülerinnen und Schülern Orientierungshilfen zu geben, ob sie hinsichtlich ihrer Fähigkeiten und Neigungen die richtige Fächerwahl getroffen haben. Auch wenn die Umwahl die Ausnahme ist, bedarf es einer sorgfältigen Betreuung derjenigen Schülerinnen und Schüler, die in ihrer Entscheidung noch unsicher sind. Dazu ist es erforderlich, dass die Schwerpunkte der Arbeit in den Chemiekursen der Oberstufe klar herausgearbeitet werden. Während der Integrationsphase sollte nach sorgfältiger Abwägung der Fähigkeiten und des Lernverhaltens eine Beratung erfolgen, ob die Schülerinnen und Schüler nach ihren Leistungen Chemie als Grund- oder Leistungsfach weiterführen können.

5.2 Reihung der Bausteine

Grundsätzlich können die Bausteine frei vernetzt, verzahnt und integriert werden, wobei in allen Fällen eine sinnvolle Verknüpfung bzw. Reihung zu realisieren ist. Auf diese Weise wird ein breites Spektrum an Strukturierungsmöglichkeiten eröffnet. Bei der Planung von Unterricht muss die kontinuierliche Kompetenzentwicklung stets mitgedacht werden.

Im Folgenden werden jeweils für das Grundkurs- und Leistungskursniveau vier beispielhafte Strukturierungsvorschläge (A, B, C, D) aufgeführt. Die Beispiele A und B weisen einen eher fachsystematischen, die Beispiele C und D einen überwiegend rahmenthemenbezogenen Reihungscharakter auf.

Im Vorschlag D erfolgt – anders als in Vorschlag C – eine Strukturierung mit einem enger gefassten Themenbezug. Da diese Vorgehensweise eine Vielzahl individueller Strukturierungsmöglichkeiten erlaubt, wurde nicht das komplette Curriculum, sondern nur ein eng umrissener Ausschnitt exemplarisch abgebildet.

Die Vorschläge A, B, C hingegen skizzieren jeweils einen möglichen Unterrichtsgang durch die gesamte Oberstufe und erfüllen die Anforderungen bezüglich der Pflicht-, Wahlpflicht- und Wahlbausteine. Sie sind nicht verbindlich, sondern als Anregung zur Entwicklung individueller Reihungskonzepte zu verstehen.

Die Unterschiede zwischen den Strukturierungsvarianten A, B und C liegen sowohl für das Grundkurs- als auch für das Leistungskursniveau zum einen in der Abfolge von Pflichtbausteinen, zum anderen differiert die Breite und Tiefe der Einbindung von Wahlpflicht- und Wahlbausteinen.

An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass die Inhalte eines Bausteins nach individuellem Ermessen auch auf mehrere Unterrichtsreihen verteilt werden können, was überwiegend in den Vorschlägen C und D deutlich wird. Dabei muss beachtet werden, dass die Inhalte im Pflichtbereich vollumfänglich zu bearbeiten sind. Die ausgewählten Inhalte im Wahlpflicht- und Wahlbereich müssen den Mindestanforderungen bezüglich der Stunden- und Bausteinanzahl genügen (siehe Kapitel 3.1 und 3.2).

Ist die Mindestanforderung bezüglich des Wahlpflichtbereichs erfüllt, so werden weitere Unterrichtsstunden aus dem genannten Bereich automatisch der Stundenanzahl im Wahlbereich zugeordnet.

Zur Förderung der inhaltlichen Breite und Tiefe kann der pädagogische Freiraum nach individuellem Ermessen auf verschiedene Arten genutzt werden:

- um gegebenenfalls zusätzlich erforderliche Unterrichtsstunden zur Erarbeitung von Inhalten aus dem Pflichtbereich durchzuführen;
- um eine über die Mindestanforderung hinausgehende Erarbeitung von Wahlpflicht- bzw. Wahlbausteininhalten durchzuführen (siehe A/GK, A/LK, B/GK, C/GK, C/LK);
- für Themen, die über die Lehrplaninhalte hinausgehen;
- für den Leistungskursbereich zur Vertiefung und Verzahnung (vgl. Vertiefungs- bzw. Verzahnungsmöglichkeiten);
- für den Grundkursbereich, um Pflichtinhalte des Leistungskurses zu bearbeiten (vgl. Additum).

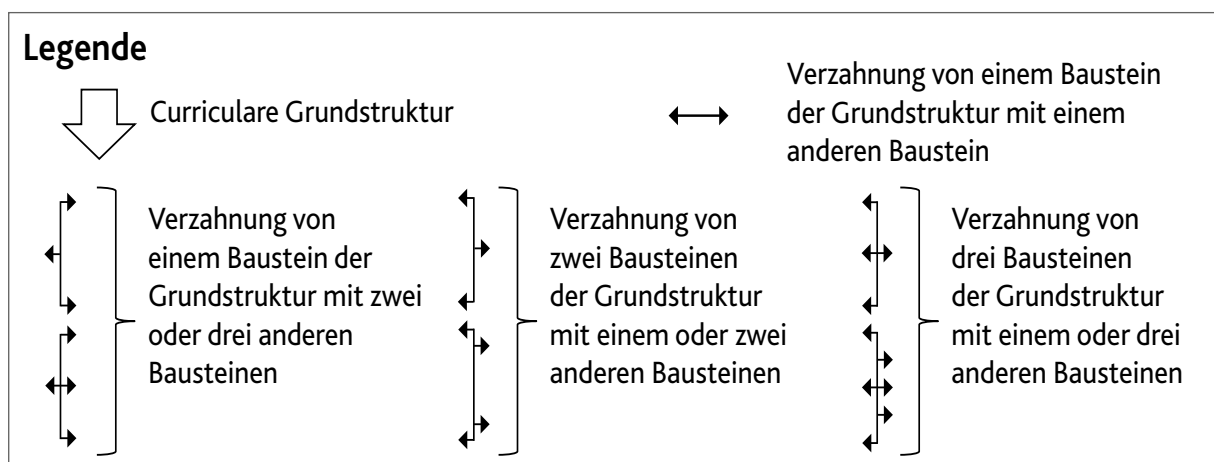
Selbstverständlich sind alle Strukturierungsmöglichkeiten mit einer umfassenden Kompetenzentwicklung sowie einer sinnstiftenden, unterrichtsstundenbezogenen Kontext- und Problemorientierung zu verbinden.

Strukturierungsvorschläge A und B

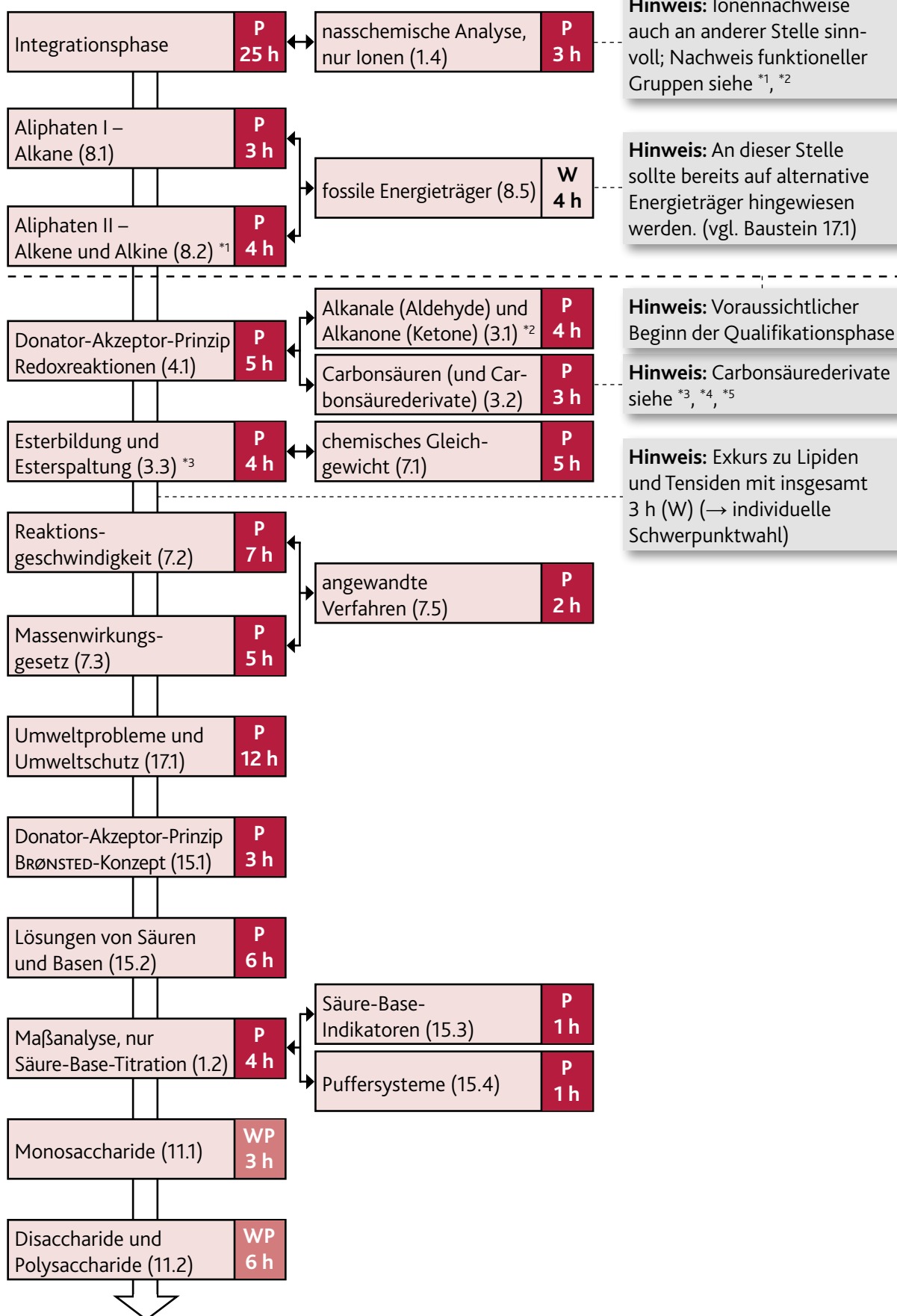
(überwiegend fachsystematischer Reihungscharakter)

Die Strukturierungsvorschläge A und B unterscheiden sich – abgesehen von der Bausteinreihenfolge (vgl. curriculare Grundstruktur) – im Wesentlichen durch inhaltliche Schwerpunktsetzungen im Wahlpflicht- bzw. Wahlbereich. Während im Fall der Strukturierungsvorschläge A/GK und A/LK die beiden Rahmenbausteine „Arzneimittel“ und „Farbstoffe“ sowie der Baustein „Solarzellen und Leuchtmittel“ eine besondere Betonung erfahren, treten im Fall der Strukturierungsvorschläge B/GK und B/LK die beiden Bausteine „Umweltanalytik“ (Gewässer- bzw. Bodenanalytik) und „Spektroskopie“ (Fotometrie) in den Vordergrund. An dieser Stelle sei außerdem darauf verwiesen, dass die beiden Leistungskurs-Wahlbausteine „Orbitalmodell“ und „Aromaten II“ ausschließlich im Fall des Strukturierungsvorschlags „A/LK“ aufgegriffen werden, während der Rahmenbaustein „Makromoleküle II – Proteine“ nur im Fall des Strukturierungsvorschlags „B/LK“ thematisiert wird.

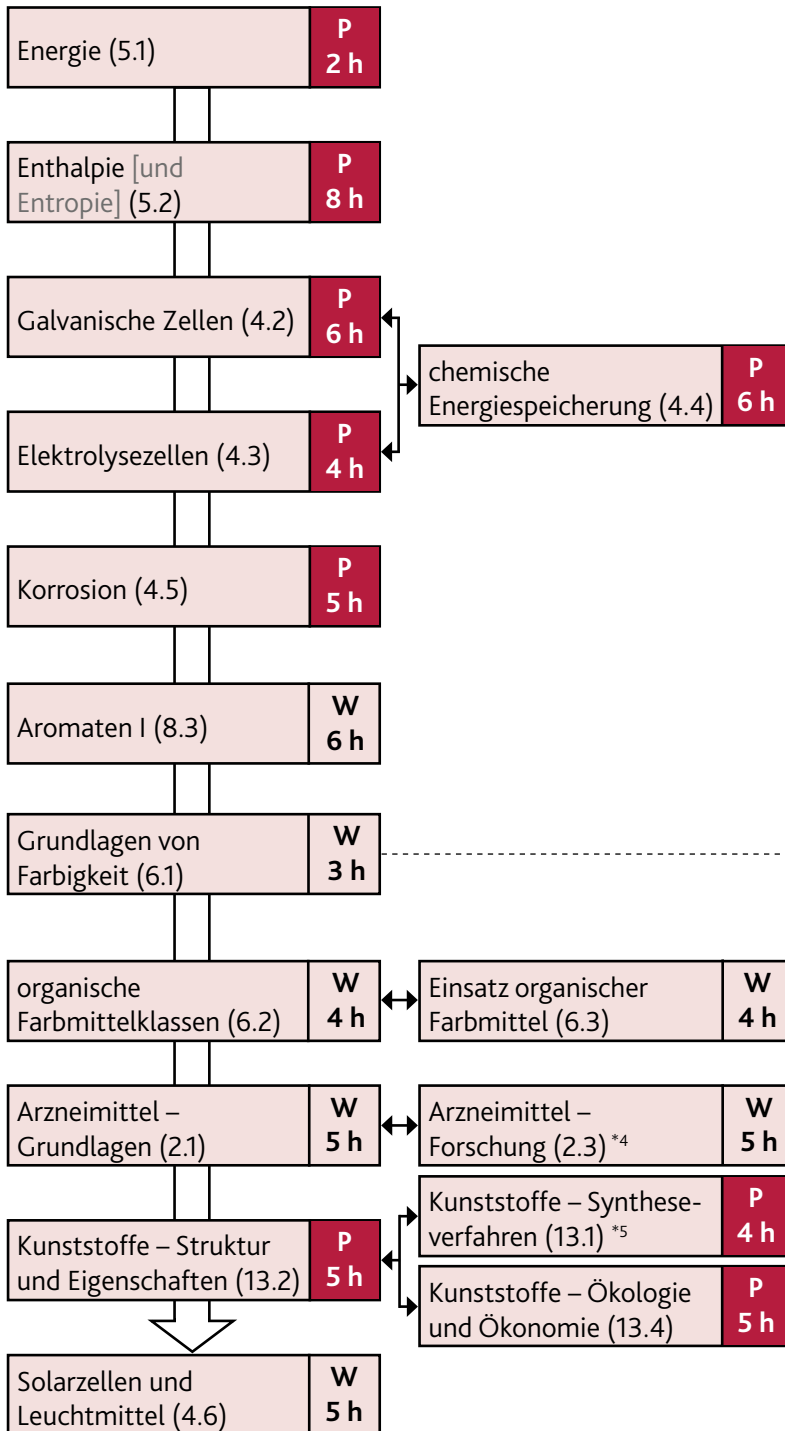
In den nachfolgenden Vorschlägen A und B wird folgende Legende verwendet:



Strukturierungsvorschlag A, Grundkurs (Teil 1)



Strukturierungsvorschlag A, Grundkurs (Teil 2)



Hinweis: zzgl. 1 h (W) für Grundlagen zur elektromagnetischen Strahlung! (→ Analytik, Spektroskopie)

Anmerkung zu Pflichtinhalten vor Beginn der Qualifikationsphase

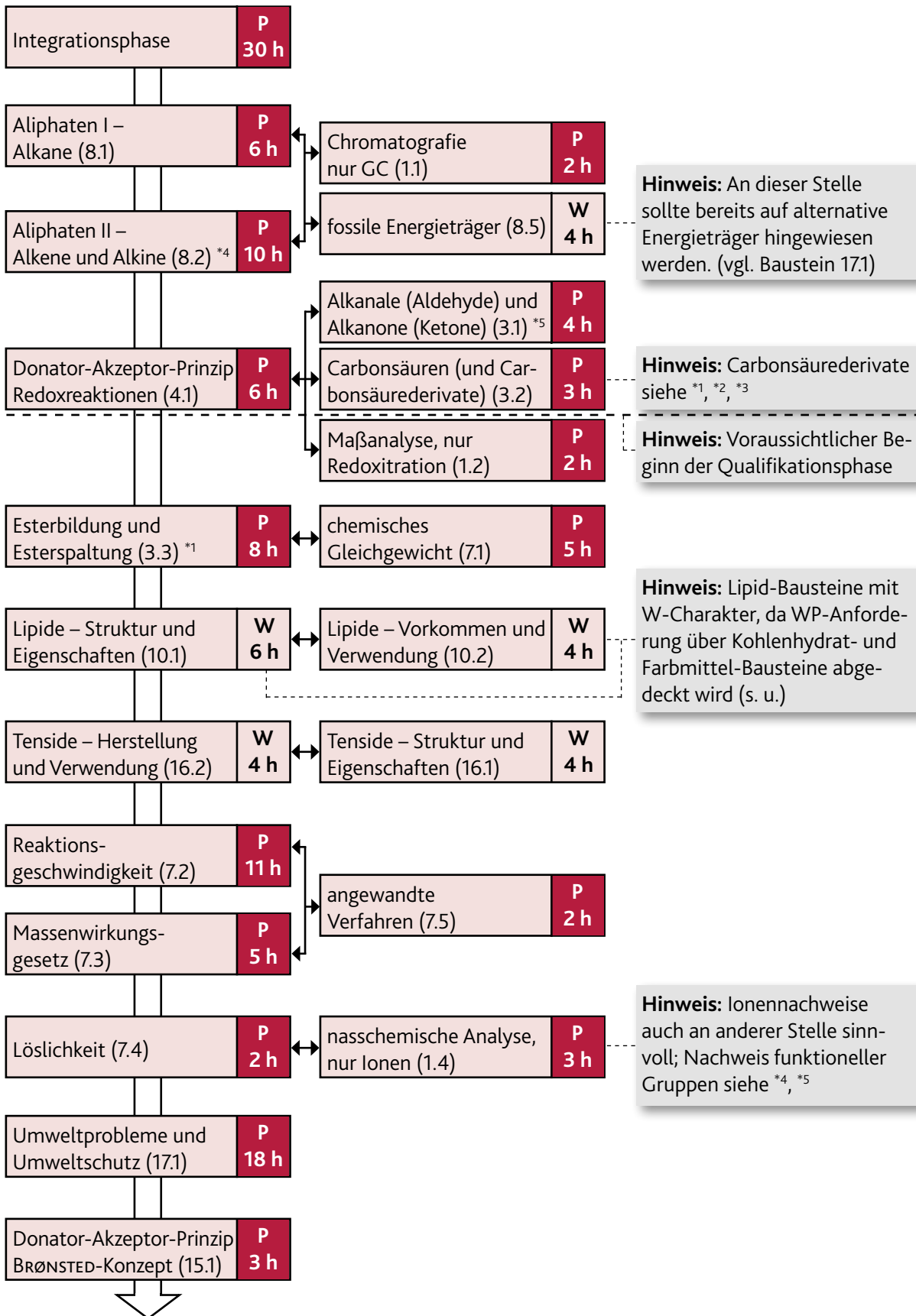
Unter der Annahme, dass vor Beginn der Qualifikationsphase die nachstehend aufgeführten Pflichtbausteine behandelt werden, sind die entsprechenden Inhalte im Zuge der Qualifikationsphase zu reaktivieren, um deren Überprüfbarkeit im mündlichen Abitur sicherzustellen. Aufgrund dieser Reaktivierungsnotwendigkeit sollen nachstehend Vorschläge für geeignete Bausteine aus dem Strukturierungsvorschlag aufgeführt werden, an denen sich die betreffenden Pflichtinhalte organisch wiederholen lassen.

Pflichtbausteine	Wiederholungsvorschläge
Integrationsphase	Essentielle Grundlagen, die ganz selbstverständlich im Zuge der Qualifikationsphase wiederholt werden!
Aliphaten I – Alkane (8.1)	Kunststoffe – Syntheseverfahren (13.1), Umweltprobleme und Umweltschutz (17.1)
Aliphaten II – Alkene und Alkine (8.2)	Aromaten I (8.3), Kunststoffe – Syntheseverfahren (13.1), Umweltprobleme und Umweltschutz (17.1)
nasschemische Analyse, nur Ionen (1.4)	Maßanalyse, nur Säure-Base-Titration (1.2), Korrosion (4.5), Donator-Akzeptor-Prinzip – BRØNSTED-Konzept (15.1), Lösungen von Säuren und Basen (15.2), Umweltprobleme und Umweltschutz (17.1)

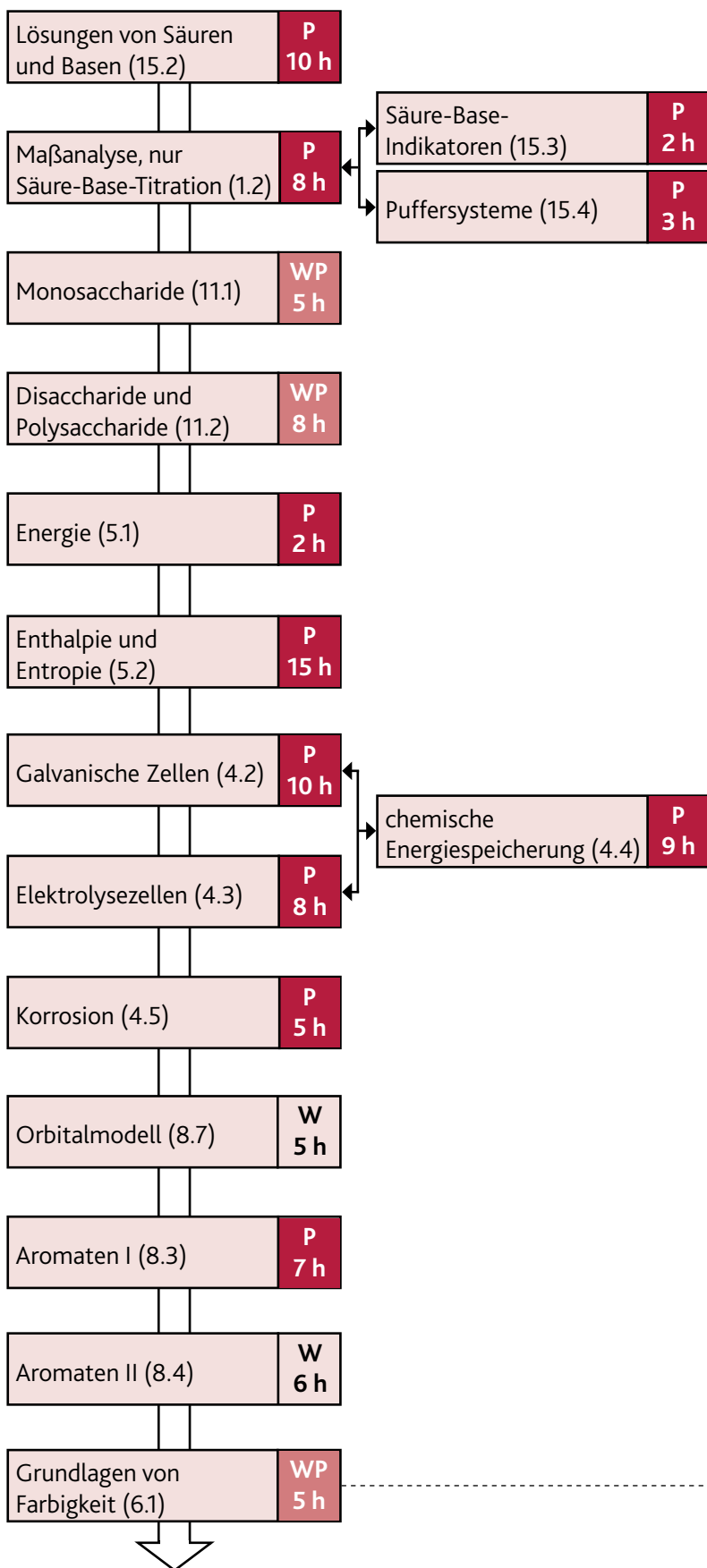
Stundenbilanz – Vorschlag A – Grundkurs

Kategorie	Stunden
Pflichtbaustein (P)	142
Wahlpflichtbaustein (WP)	9
Wahlbaustein (W)	40 (= 35+5)
Pädagogischer Freiraum	52 (= 57-5)
Summe	243

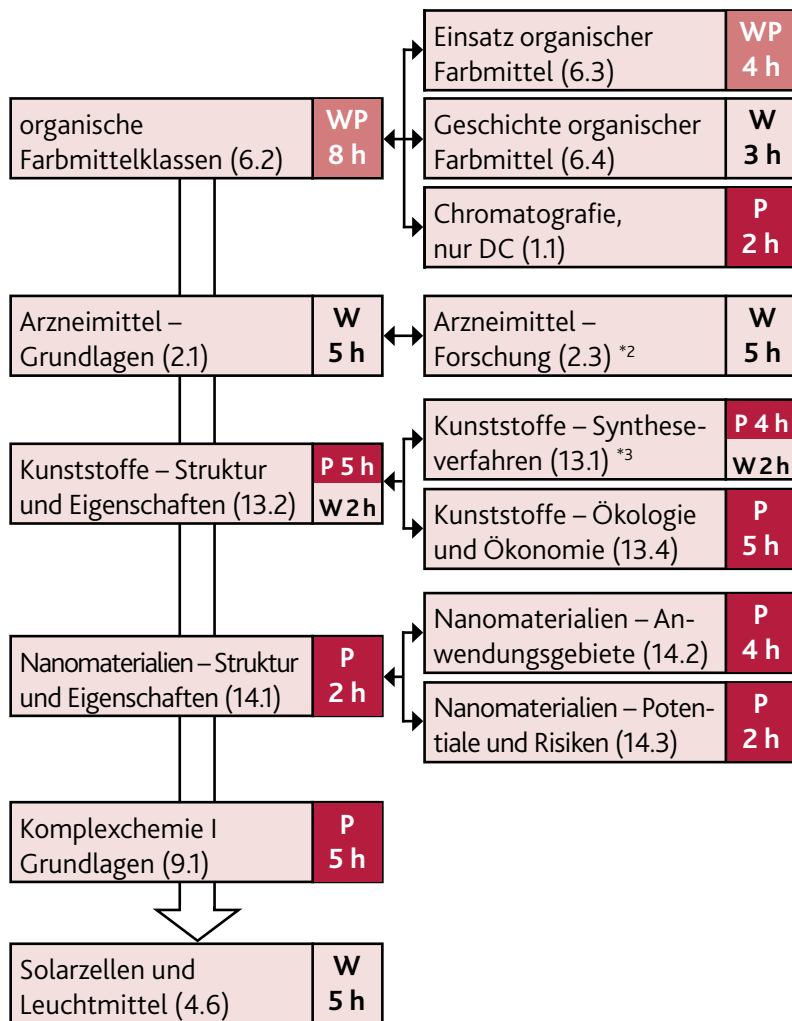
Strukturierungsvorschlag A, Leistungskurs (Teil 1)



Strukturierungsvorschlag A, Leistungskurs (Teil 2)



Strukturierungsvorschlag A, Leistungskurs (Teil 3)



Anmerkung zu Pflichtinhalten vor Beginn der Qualifikationsphase

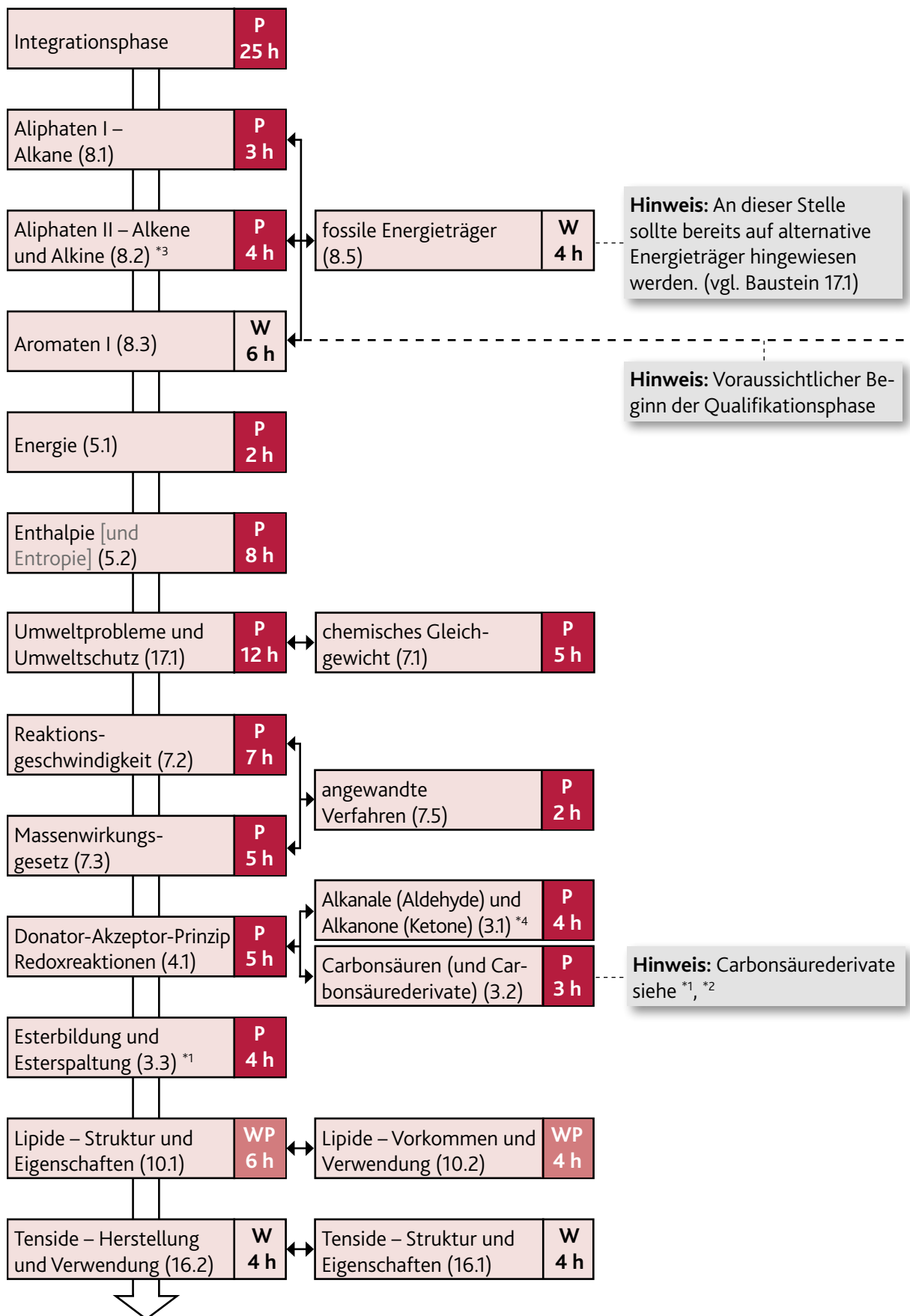
Unter der Annahme, dass vor Beginn der Qualifikationsphase die nachstehend aufgeführten Pflichtbausteine behandelt werden, sind die entsprechenden Inhalte im Zuge der Qualifikationsphase zu reaktivieren, um deren Überprüfbarkeit im Abitur sicherzustellen. Aufgrund dieser Reaktivierungsnotwendigkeit sollen nachstehend Vorschläge für geeignete Bausteine aus dem Strukturierungsvorschlag aufgeführt werden, an denen sich die betreffenden Pflichtinhalte organisch wiederholen lassen.

Pflichtbausteine	Wiederholungsvorschläge
Integrationsphase	Essentielle Grundlagen, die ganz selbstverständlich im Zuge der Qualifikationsphase wiederholt werden!
Aliphaten I – Alkane (8.1)	Monosaccharide (11.1), Kunststoffe – Syntheseverfahren (13.1), Umweltprobleme und Umweltschutz (17.1)
Aliphaten II – Alkene und Alkine (8.2)	Aromaten I (8.3), Monosaccharide (11.1), Kunststoffe – Syntheseverfahren (13.1), Umweltprobleme und Umweltschutz (17.1)
Chromatografie, nur GC (1.1)	Chromatografie, nur DC (1.1)
Donator-Akzeptor-Prinzip Redoxreaktionen (4.1)	Galvanische Zellen (4.2), Elektrolysezellen (4.3), chemische Energiespeicherung (4.4), Korrosion (4.5), Solarzellen und Leuchtmittel (4.6)
Alkanale (Aldehyde) und Alkanone (Ketone) (3.1)	Monosaccharide (11.1), Disaccharide und Polysaccharide (11.2)
Carbonsäuren (und Carbonsäurederivate) (3.2)	Maßanalyse, nur Säure-Base-Titration (1.2), Donator-Akzeptor-Prinzip – BRØNSTED-Konzept (15.1), Lösungen von Säuren und Basen (15.2)

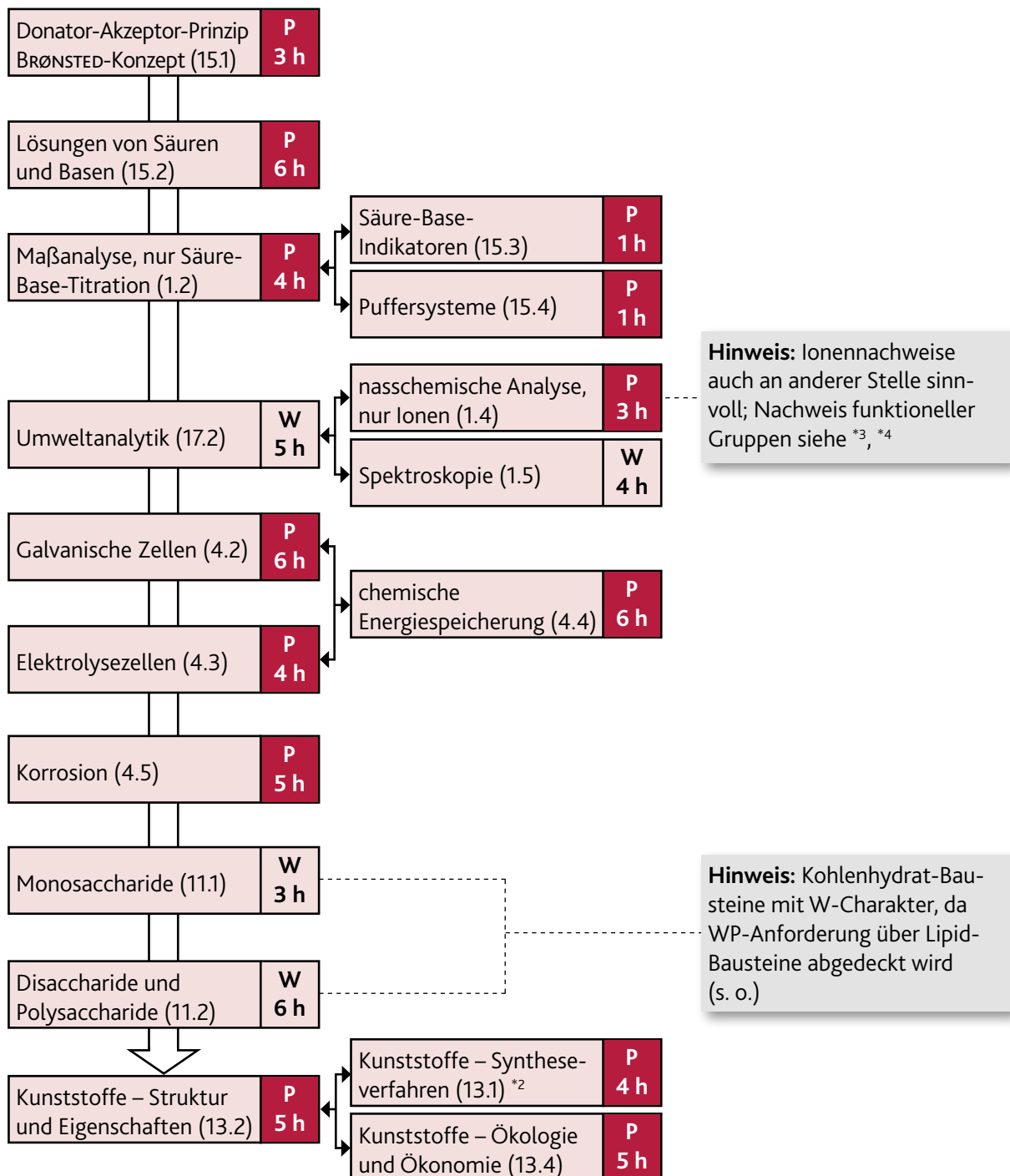
Stundenbilanz – Vorschlag A – Leistungskurs

Kategorie	Stunden
Pflichtbaustein (P)	228
Wahlpflichtbaustein (WP)	30
Wahlbaustein (W)	56 (= 50+6)
Pädagogischer Freiraum	91 (= 97-6)
Summe	405

Strukturierungsvorschlag B, Grundkurs (Teil 1)



Strukturierungsvorschlag B, Grundkurs (Teil 2)



Anmerkung zu Pflichtinhalten vor Beginn der Qualifikationsphase

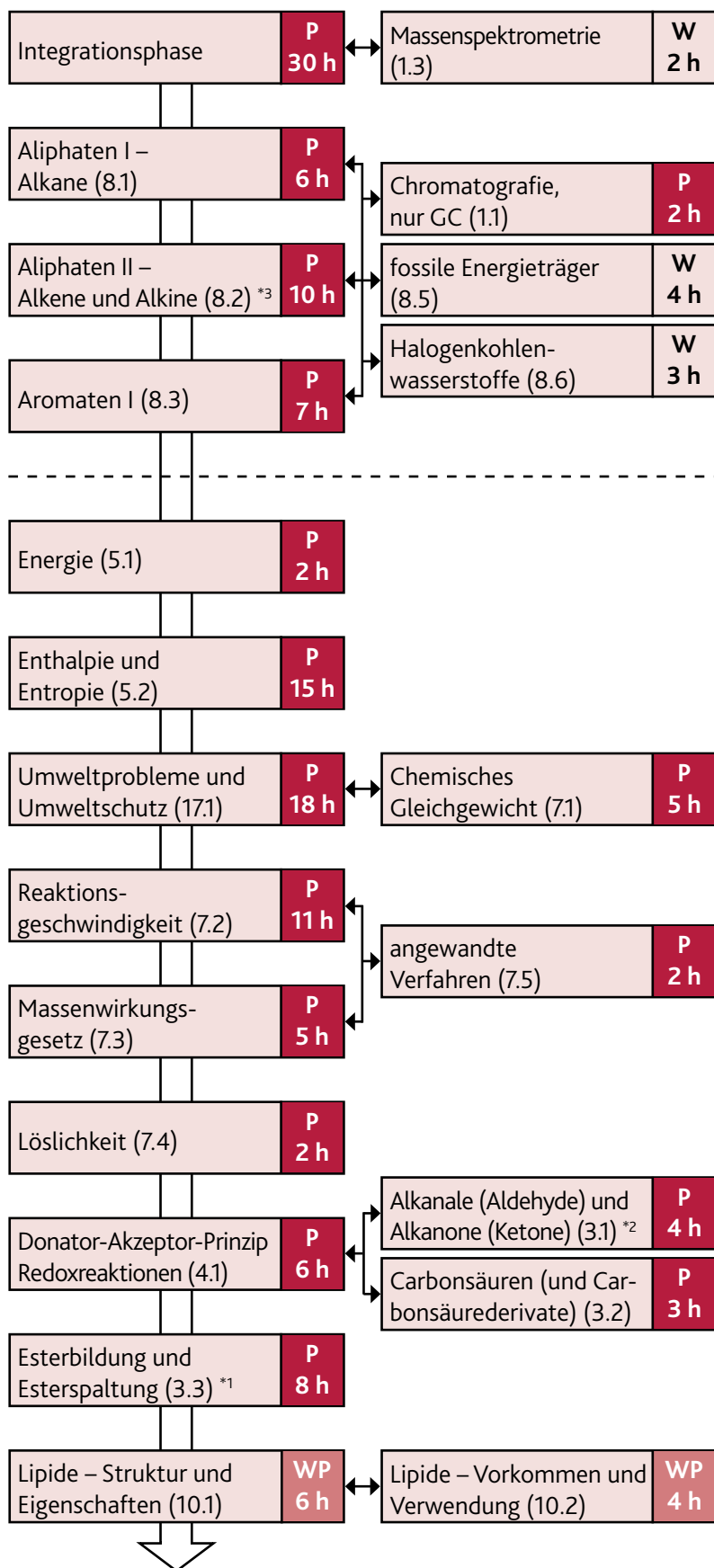
Unter der Annahme, dass vor Beginn der Qualifikationsphase die nachstehend aufgeführten Pflichtbausteine behandelt werden, sind die entsprechenden Inhalte im Zuge der Qualifikationsphase zu reaktivieren, um deren Überprüfbarkeit im mündlichen Abitur sicherzustellen. Aufgrund dieser Reaktivierungsnotwendigkeit sollen nachstehend Vorschläge für geeignete Bausteine aus dem Strukturierungsvorschlag aufgeführt werden, an denen sich die betreffenden Pflichtinhalte organisch wiederholen lassen.

Pflichtbausteine	Wiederholungsvorschläge
Integrationsphase	Essentielle Grundlagen, die ganz selbstverständlich im Zuge der Qualifikationsphase wiederholt werden!
Aliphaten I – Alkane (8.1)	Kunststoffe – Syntheseverfahren (13.1), Umweltprobleme und Umweltschutz (17.1)
Aliphaten II – Alkene und Alkine (8.2)	Kunststoffe – Syntheseverfahren (13.1), Umweltprobleme und Umweltschutz (17.1)

Stundenbilanz – Vorschlag B – Grundkurs

Kategorie	Stunden
Pflichtbaustein (P)	142
Wahlpflichtbaustein (WP)	10 (= 9+1)
Wahlbaustein (W)	36 (= 35+1)
Pädagogischer Freiraum	55 (= 57-2)
Summe	243

Strukturierungsvorschlag B, Leistungskurs (Teil 1)

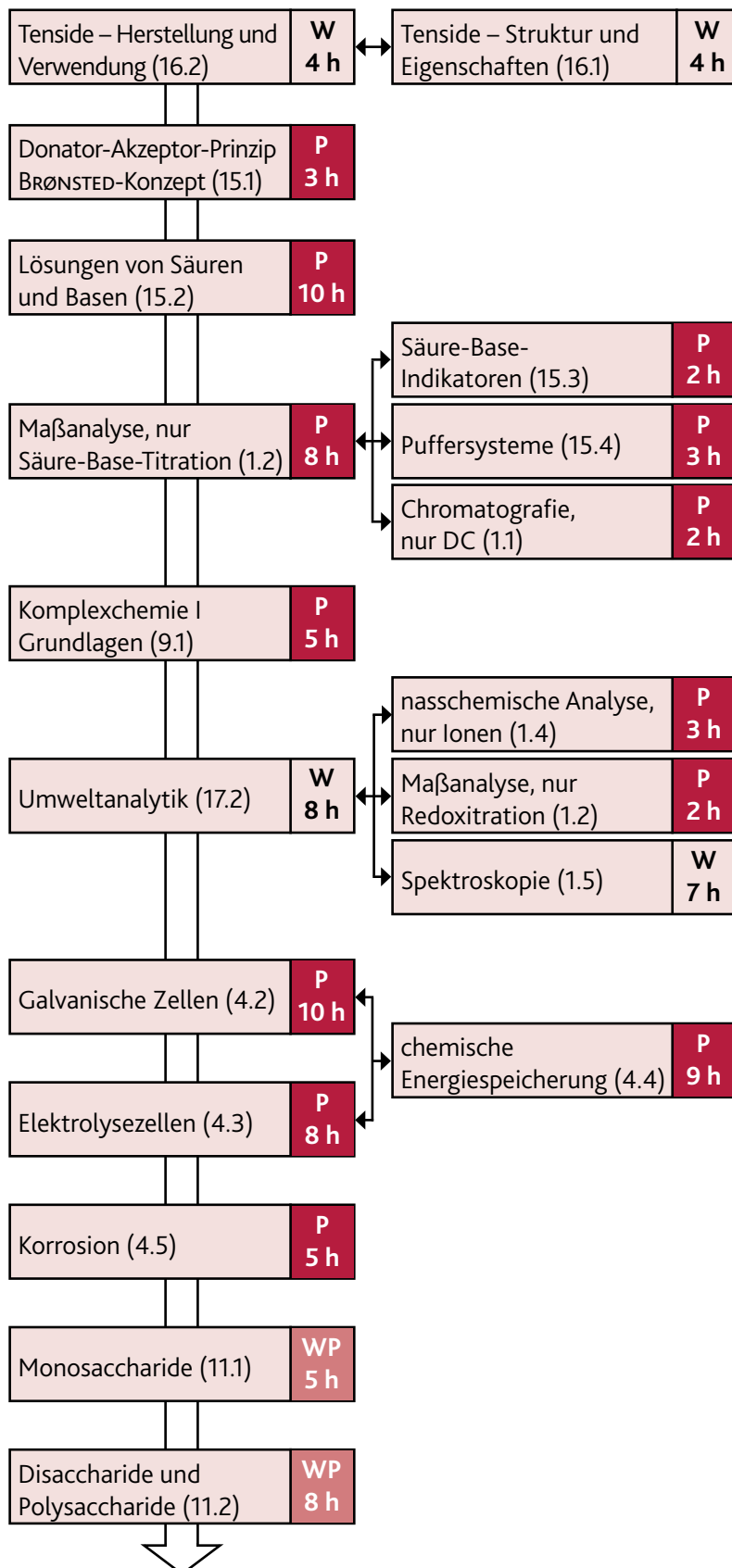


Hinweis: An dieser Stelle sollte bereits auf alternative Energieträger hingewiesen werden. (vgl. Baustein 17.1)

Hinweis: Voraussichtlicher Beginn der Qualifikationsphase

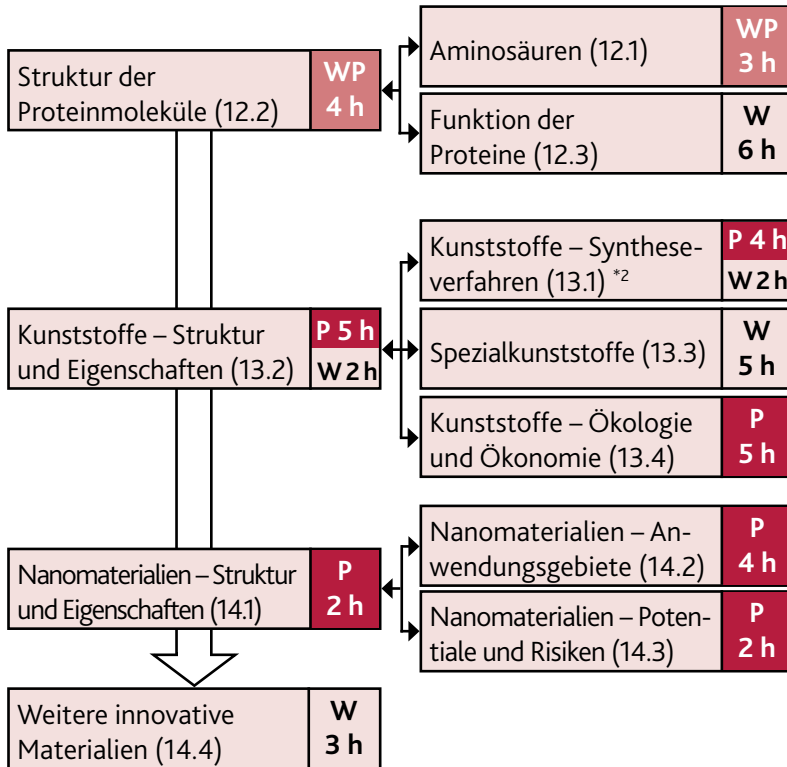
Hinweis: Carbonsäurederivate siehe *¹, *², *³

Strukturierungsvorschlag B, Leistungskurs (Teil 2)



Hinweis: Ionennachweise auch an anderer Stelle sinnvoll; Nachweis funktioneller Gruppen siehe ^{*3}, ^{*4}

Strukturierungsvorschlag B, Leistungskurs (Teil 3)



Hinweis: Protein-Baustein mit W-Charakter, da WP-Anforderung über Lipid-, Kohlenhydrat-, und andere Protein-Bausteine abgedeckt wird (s. o.)

Anmerkung zu Pflichtinhalten vor Beginn der Qualifikationsphase

Unter der Annahme, dass vor Beginn der Qualifikationsphase die nachstehend aufgeführten Pflichtbausteine behandelt werden, sind die entsprechenden Inhalte im Zuge der Qualifikationsphase zu reaktivieren, um deren Überprüfbarkeit im Abitur sicherzustellen. Aufgrund dieser Reaktivierungsnotwendigkeit sollen nachstehend Vorschläge für geeignete Bausteine aus dem Strukturierungsvorschlag aufgeführt werden, an denen sich die betreffenden Pflichtinhalte organisch wiederholen lassen.

Pflichtbausteine	Wiederholungsvorschläge
Integrationsphase	Essentielle Grundlagen, die ganz selbstverständlich im Zuge der Qualifikationsphase wiederholt werden!
Aliphaten I – Alkane (8.1)	Monosaccharide (11.1), Kunststoffe – Syntheseverfahren (13.1), Umweltprobleme und Umweltschutz (17.1)
Aliphaten II – Alkene und Alkine (8.2)	Monosaccharide (11.1), Aminosäuren (12.1), Kunststoffe – Syntheseverfahren (13.1), Umweltprobleme und Umweltschutz (17.1)
Chromatografie, nur GC (1.1)	Chromatografie, nur DC (1.1)
Aromaten I (8.3)	Spektroskopie (1.5), Komplexchemie I (9.1), Aminosäuren (12.1), Kunststoffe – Syntheseverfahren (13.1), Spezialkunststoffe (13.3), Säure-Base-Indikatoren (15.3), Umweltanalytik (17.2), Tenside – Herstellung und Verwendung (16.2)

Stundenbilanz – Vorschlag B – Leistungskurs

Kategorie	Stunden
Pflichtbaustein (P)	228
Wahlpflichtbaustein (WP)	30
Wahlbaustein (W)	50
Pädagogischer Freiraum	97
Summe	405

Strukturierungsvorschlag C

(überwiegend rahmenthemenbezogener Reihungscharakter)

Die Strukturierung der Inhalte in der Oberstufe kann auch durch miteinander verzahnungsfähige Rahmenthemen aus Alltag und Lebenswelt wie z. B. „Die Stoffe des Lebens“ geschehen. Chemieunterricht und Chemielernen orientieren sich hierbei an alltäglichen Phänomenen, Problemen, Geschichten oder Anwendungen. Die fachlichen Grundlagen werden nach und nach eingeführt, wenn es die Notwendigkeit der Sache erfordert und nur insoweit vertieft, wie es an dieser Stelle geboten erscheint. Dadurch, dass sie immer wieder aufgegriffen werden, jeweils unter anderen Aspekten und Schwerpunkten, tritt ein beabsichtigter Wiederholungseffekt ein. Aus diesem Grund wurden die im Lehrplan veranschlagten Stundenansätze teilweise auf verschiedene Rahmenthemen aufgeteilt.

Strukturierungsvorschlag C, Grundkurs (Teil 1)

Integrationsphase	P 25 h
-------------------	-------------------------

Die Stoffe des Lebens

In dieser Einheit geht es um die Stoffbausteine des Lebens. Über die Frage, woraus bestehen wir eigentlich, werden Atomvorstellungen und Bindungstheorien thematisiert. Stöchiometrische Betrachtungen und Formelschreibweisen lassen sich wieder aufgreifen und vertiefen. Exemplarisch können einzelne Elemente und Verbindungen in ihrer Bedeutung für den menschlichen Körper näher betrachtet und dabei die Kenntnisse des Periodensystems der Elemente aufgefrischt werden.

P: 25 h WP: 0 h W: 0 h

Strukturierungsvorschlag C, Grundkurs (Teil 2)

Energie (5.1)	P 2 h
Enthalpie [und Entropie] (5.2)	P 8 h

Aliphaten I – Alkane (8.1)	P 3 h
fossile Energieträger (8.5)	W 4 h

Alkanale (Aldehyde) und Alkanone (Ketone) (3.1) *2	P 4 h
Reaktionsgeschwindigkeit (7.2)	P 1 h

Hinweis: Voraussichtlicher Beginn der Qualifikationsphase

Donator-Akzeptor-Prinzip Redoxreaktionen (4.1)	P 5 h
Elektrolysezellen (4.3)	P 2 h

Donator-Akzeptor-Prinzip BRØNSTED-Konzept (15.1)	P 3 h
Lösungen von Säuren und Basen (15.2)	P 6 h

nasschemische Analyse (1.4)	P 1 h
-----------------------------	----------

Brennstoffe in Alltag und Technik

Diese Einheit hat mehr als nur die Petrochemie zum Thema. Die Suche der Chemikerinnen und Chemiker nach Verbesserungen der Kraftstoffe und nach Alternativen für die Zukunft wird thematisiert.

Klopffestigkeit und Oktanzahl leiten zur Betrachtung von Isomeren über. Abgaskatalysator und Cracken führen zur einführenden Behandlung der Katalyse und Reaktionsgeschwindigkeit.

Die Frage, woher die übertragene Energie bei der Verbrennung von Energieträgern kommt, führt zu Enthalpiebetrachtungen und einer Fokussierung auf Bindungslösung und -knüpfung. Daneben werden die Grundlagen der organischen Chemie aufgearbeitet, vor allem Alkane und Alkohole.

P: 18 h WP: 0 h W: 4 h

Vom Salz zum Element

Dieses Rahmenthema zeigt auf, wie Elemente aus Salzen gewonnen werden können. Dabei werden großtechnische Verfahren beleuchtet.

Stellvertretend können das Nichtmetall Chlor und einige seiner Verbindungen behandelt werden. In diesem Zusammenhang werden drei wichtige Reaktionstypen wieder aufgegriffen und vertieft: Säure-Base-, Redox- und Fällungsreaktionen. Die Begriffe Stoffmenge und Konzentration werden vertieft.

P: 17 h WP: 0 h W: 0 h

Strukturierungsvorschlag C, Grundkurs (Teil 3)

Umweltprobleme und Umweltschutz (17.1)	P 12 h
--	-------------------------

Spektroskopie (1.5)	W 2 h
---------------------	------------------------

chemisches Gleichgewicht (7.1)	P 5 h
--------------------------------	------------------------

Reaktionsgeschwindigkeit (7.2)	P 6 h
--------------------------------	------------------------

Massenwirkungsgesetz (7.3)	P 5 h
----------------------------	------------------------

Säure-Base-Indikatoren (15.3)	P 1 h
-------------------------------	------------------------

Maßanalyse, nur Säure-Base-Titration (1.2)	P 4 h
--	------------------------

Puffersysteme (15.4)	P 1 h
----------------------	------------------------

Umweltanalytik (17.2)	W 5 h
-----------------------	------------------------

Umwelt im Fokus

Die chemischen und physikalischen Prozesse in der Atmosphäre und Hydrosphäre haben einen immensen Einfluss auf das Leben auf der Erde.

Aufgrund der starken Interdependenz der Prozesse in beiden Sphären sind hier atmosphärische und hydrosphärische Aspekte unter einem Rahmenthema zusammengefasst.

Im Unterricht werden anthropogene Einflüsse thematisiert, z. B. die Wirkung der Halogenkohlenwasserstoffe, ihre Produktion, ihre Verwendung und die Suche nach Ersatzstoffen. Im Einzelnen werden die Ozonproblematik und der Treibhauseffekt angesprochen. Die Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, das chemische Gleichgewicht und Radikalreaktionen können am Beispiel „UV-Schutz“ behandelt werden.

Beim Treibhauseffekt interessiert besonders die Herkunft und Wirkung der Treibhausgase. Der Kohlenstoff-Kreislauf und die Absorption von elektromagnetischer Strahlung sind zwei Beispiele für Stoffumwandlungen und Energieübertragungen mit globaler Bedeutung.

Dabei spielen chemische Prozesse in den Ozeanen eine wichtige Rolle. Säurestärke, pH-Wert und Puffer sind einige der wesentlichen Begriffe der allgemeinen Chemie, die in dieser Einheit thematisiert und vertieft werden.

P: 34 h WP: 0 h W: 7 h

Strukturierungsvorschlag C, Grundkurs (Teil 4)

Aliphaten II – Alkene und Alkine (8.2)	P 4 h
Kunststoffe – Syntheseverfahren (13.1)	P 4 h
angewandte Verfahren (7.5)	P 2 h

Aminosäuren (12.1)	WP 2 h
Struktur der Proteinmoleküle (12.2)	WP 3 h
Funktion der Proteine (12.3)	WP 4 h

Kunststoffe – Struktur und Eigenschaften (13.2)	P 5 h
Kunststoffe – Ökologie und Ökonomie (13.4)	P 5 h
Spezialkunststoffe (13.3)	W 3 h

Arzneimittel – Grundlagen (2.1)	W 5 h
Aromaten I (8.3)	W 6 h

Carbonsäuren (und Carbonsäurederivate) (3.2)	P 3 h
Esterbildung und Esterspaltung (3.3)	P 4 h
nasschemische Analyse (1.4)	P 2 h

Spektroskopie (1.5)	W 2 h
---------------------	----------

Arzneimittel – Pharmakokinetik (2.2)	W 2 h
Arzneimittel – Forschung (2.3)	W 5 h

Fantastic Plastic

Der Fokus liegt auf der Rolle der Kunststoffe, ihrer Verwendung in der heutigen Welt und dem Nutzen oder den Problemen, die sie in der Zukunft bringen könnten.

Hier geht es zum einen um Kunststoffe und ihre Eigenschaften, zum anderen um Polymerisations- und Polykondensationsreaktionen.

Als roter Faden dient dabei stets der Zusammenhang zwischen Struktur der Makromoleküle und Eigenschaften der Kunststoffe sowie die Möglichkeit, Kunststoffe zielgerichtet für diverse Anwendungen zu entwerfen.

Hier können einige Kunststoffe mit besonderen Eigenschaften, z. B. elektrisch leitend und biologisch abbaubar, exemplarisch behandelt werden.

Die Polyamide, z. B. Nylon oder Kevlar, werden bezüglich Molekülstruktur und Stoffeigenschaft mit ihren natürlichen Vorbildern, den Proteinen, verglichen.

P: 20 h WP: 9 h W: 3 h

Vom Naturstoff zum Medikament

Die Bedeutung der pharmazeutischen Industrie steht im Mittelpunkt dieser Einheit. Dabei wird von natürlich vorkommenden, pharmakologisch wirksamen Substanzen ausgegangen. Eine Studie eines Arzneimittels, z. B. Aspirin, beleuchtet eine Reihe von Aspekten, die bei der Entwicklung von Medikamenten eine Rolle spielen. Am Beispiel der Analyse und Synthese von Salicylsäure und Acetylsalicylsäure werden Prinzipien deutlich, die sich auf eine Vielzahl anderer Medikamente übertragen lassen. Dabei wird auch auf Sicherheitsfragen und die Prüfung von Medikamenten eingegangen. Methoden der Strukturaufklärung, Extraktion und Synthese werden genauso behandelt wie nasschemische Versuche zur Identifikation von Verbindungen. Die Chemie der Alkohole und Carbonsäuren ist ebenso Thema wie die Veresterung.

P: 9 h WP: 0 h W: 20 h

Strukturierungsvorschlag C, Grundkurs (Teil 5)

Korrosion (4.5)	P 5 h
Galvanische Zellen (4.2)	P 6 h
chemische Energiespeicherung (4.4)	P 6 h
Elektrolysezellen (4.3)	P 2 h

Solarzellen und Leuchtmittel (4.6)	W 5 h
---------------------------------------	----------

Nanomaterialien - Struktur und Eigenschaften (14.1)	W 2 h
Nanomaterialien - An- wendungsgebiete (14.2)	W 4 h
Nanomaterialien - Potentiale und Risiken (14.3)	W 2 h

Elektronen auf Abwegen

Im Zusammenhang von mobilen Energieträgern werden Elektrodenpotentiale und elektrochemische Zellen behandelt. An dieser Stelle wird das Thema Redoxreaktionen aufgegriffen und vertieft betrachtet. Der Fokus liegt dabei auf der räumlichen Trennung von Oxidation und Reduktion sowie der damit einhergehenden Entwicklung von mobilen Spannungsquellen.

In der Folge bietet sich auch ein Exkurs über Solarzellen an.

Elektrochemische Prozesse sind ebenfalls im Zusammenhang von Korrosionsvorgängen bzw. Korrosionsschutzmaßnahmen relevant und werden sowohl auf Stoff- als auch auf Teilchenebene betrachtet.

P: 19 h WP: 0 h W: 5 h

Zwergpartikel ganz groß

Die Nanotechnologie zählt zu den Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts und verändert ganze Technologiebereiche.

Eine Auswahl der Inhalte ist dem Stand der Forschung und dem Interesse der Lernenden anzupassen.

P: 0 h WP: 0 h W: 8 h

Anmerkung zu Pflichtinhalten vor Beginn der Qualifikationsphase

Unter der Annahme, dass vor Beginn der Qualifikationsphase die nachstehend aufgeführten Pflichtbausteine behandelt werden, sind die entsprechenden Inhalte im Zuge der Qualifikationsphase zu reaktivieren, um deren Überprüfbarkeit im mündlichen Abitur sicherzustellen. Aufgrund dieser Reaktivierungsnotwendigkeit sollen nachstehend Vorschläge für geeignete Bausteine aus dem Strukturierungsvorschlag aufgeführt werden, an denen sich die betreffenden Pflichtinhalte organisch wiederholen lassen.

Pflichtbausteine	Wiederholungsvorschläge
Integrationsphase	Essentielle Grundlagen, die ganz selbstverständlich im Zuge der Qualifikationsphase wiederholt werden!
Aliphaten I – Alkane (8.1)	Kunststoffe – Syntheseverfahren (13.1), Umweltprobleme und Umweltschutz (17.1)
Energie (5.1)	chemische Energiespeicherung (4.4), Reaktionsgeschwindigkeit (7.2)
Enthalpie [und Entropie] (5.2)	Umweltprobleme und Umweltschutz (17.1)

Stundenbilanz – Vorschlag C – Grundkurs

Kategorie	Stunden
Pflichtbaustein (P)	142
Wahlpflichtbaustein (WP)	9
Wahlbaustein (W)	47 (= 35+12)
Pädagogischer Freiraum	45 (= 57-12)
Summe	243

Strukturierungsvorschlag C, Leistungskurs (Teil 1)

Integrationsphase	P 25 h
-------------------	-----------

Aliphaten I – Alkane (8.1)	P 2 h
-------------------------------	----------

Integrationsphase	P 5 h
Energie (5.1)	P 2 h
Enthalpie und Entropie (5.2)	P 10 h

Aliphaten I – Alkane (8.1)	P 4 h
fossile Energieträger (8.5)	W 4 h

Alkanale (Aldehyde) und Alkanone (Ketone) (3.1)	P 4 h
--	----------

Reaktions- geschwindigkeit (7.2)	P 1 h
-------------------------------------	----------

Die Stoffe des Lebens

In dieser Einheit geht es um die Stoffbausteine des Lebens. Über die Frage, woraus bestehen wir eigentlich, werden Atomvorstellungen und Bindungstheorien thematisiert. Stöchiometrische Betrachtungen und Formelschreibweisen lassen sich wieder aufgreifen und vertiefen.

Exemplarisch können einzelne Elemente und Verbindungen in ihrer Bedeutung für den menschlichen Körper näher betrachtet und dabei die Kenntnisse des Periodensystems der Elemente aufgefrischt werden.

P: 27 h WP: 0 h W: 0 h

Brennstoffe in Alltag und Technik

Diese Einheit hat mehr als nur die Petrochemie zum Thema. Die Suche der Chemikerinnen und Chemiker nach Verbesserungen der Kraftstoffe und nach Alternativen für die Zukunft wird thematisiert. Klopfestigkeit und Oktanzahl leiten zur Betrachtung von Isomeren über. Abgaskatalysator und Cracken führen zur einführenden Behandlung der Katalyse und Reaktionsgeschwindigkeit.

Die Frage, woher die übertragene Energie bei der Verbrennung von Energieträgern kommt, führt zu Enthalpiebetrachtungen und einer Fokussierung auf Bindungslösung und -knüpfung. Daneben werden die Grundlagen der organischen Chemie aufgearbeitet, vor allem Alkane, Alkohole und Ether.

P: 26 h WP: 0 h W: 4 h

Strukturierungsvorschlag C, Leistungskurs (Teil 2)

Hinweis: Voraussichtlicher Beginn der Qualifikationsphase

Donator-Akzeptor-Prinzip Redoxreaktionen (4.1)	P 6 h
Elektrolysezellen (4.3)	P 4 h
Maßanalyse nur Redoxitration (1.2)	P 4 h
Donator-Akzeptor-Prinzip BRØNSTED-Konzept (15.1)	P 3 h
Lösungen von Säuren und Basen (15.2)	P 4 h
Löslichkeit (7.4)	P 1 h
nasschemische Analyse (1.4)	P 1 h

Vom Salz zum Element

Dieses Rahmenthema zeigt auf, wie Elemente aus Salzen gewonnen und aufgereinigt werden können. Dabei werden großtechnische Verfahren beleuchtet.

Die Nichtmetalle Chlor und Brom sowie das Metall Kupfer können stellvertretend behandelt werden, ebenso ausgewählte Verbindungen der genannten Elemente. In diesem Zusammenhang werden drei wichtige Reaktionstypen wieder aufgegriffen und vertieft: Säure-Base-, Redox- und Fällungsreaktionen.

Weitere Einblicke in die Chemie der Nebengruppenelemente, wie Mangan, schließen sich an. Die Begriffe Stoffmenge und Konzentration werden vertieft.

P: 23 h WP: 0 h W: 0 h

Strukturierungsvorschlag C, Leistungskurs (Teil 3)

Umweltprobleme und Umweltschutz (17.1)	P 18 h
--	-------------------------

Aliphaten II – Alkene und Alkine (8.2)	P 5 h
Halogenkohlenwasserstoffe (8.6)	W 3 h

chemisches Gleichgewicht (7.1)	P 5 h
Reaktionsgeschwindigkeit (7.2)	P 10 h
Massenwirkungsgesetz (7.3)	P 5 h

Spektroskopie (1.5)	W 3 h
---------------------	------------------------

Lösungen von Säuren und Basen (15.2)	P 6 h
Säure-Base-Indikatoren (15.3)	P 2 h
Maßanalyse, nur Säure-Base-Titration (1.2)	P 6 h
Puffersysteme (15.4)	P 3 h

Umweltanalytik (17.2)	W 5 h
-----------------------	------------------------

Löslichkeit (7.4)	P 1 h
Enthalpie und Entropie (5.2)	P 5 h

Umwelt im Fokus

Die chemischen und physikalischen Prozesse in der Atmosphäre und Hydrosphäre haben einen immensen Einfluss auf das Leben auf der Erde. Aufgrund der starken Interdependenz der Prozesse in beiden Sphären sind hier atmosphärische und hydrosphärische Aspekte unter einem Rahmenthema zusammengefasst. Im Unterricht werden anthropogene Einflüsse thematisiert, z. B. die Wirkung der Halogenkohlenwasserstoffe, ihre Produktion, ihre Verwendung und die Suche nach Ersatzstoffen. Im Einzelnen werden die Ozonproblematik – stratosphärisches Ozon und Ozonloch ebenso wie bodennahes Ozon und Smog – und der Treibhauseffekt angesprochen. Die Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, das chemische Gleichgewicht und Radikalreaktionen können am Beispiel „UV-Schutz“ behandelt werden. Beim Treibhauseffekt interessiert besonders die Herkunft und Wirkung der Treibhausgase. Der Kohlenstoff-Kreislauf und die Absorption von elektromagnetischer Strahlung sind zwei Beispiele für Stoffumwandlungen und Energieübertragungen mit globaler Bedeutung.

Dabei spielen chemische Prozesse in den Ozeanen eine wichtige Rolle. Entropie, Löslichkeitsprodukt, Säurestärke, pH-Wert und Puffer sind einige der wesentlichen Begriffe der allgemeinen Chemie, die in dieser Einheit thematisiert und vertieft werden.

P: 66 h WP: 0 h W: 11 h

Strukturierungsvorschlag C, Leistungskurs (Teil 4)

Aliphaten II – Alkene und Alkine (8.2)	P 5 h
Kunststoffe – Syntheseverfahren (13.1)	P 4 h W 2 h
angewandte Verfahren (7.5)	P 2 h

Aminosäuren (12.1)	WP 3 h
Struktur der Proteinmoleküle (12.2)	WP 4 h

Kunststoffe – Struktur und Eigenschaften (13.2)	P 5 h W 2 h
Kunststoffe – Ökologie und Ökonomie (13.4)	P 5 h W 1 h
Spezialkunststoffe (13.3)	W 5 h

Arzneimittel – Grundlagen (2.1)	W 5 h
---------------------------------	----------

Orbitalmodell (8.7)	W 5 h
Aromaten I (8.3)	P 7 h
Aromaten II (8.4)	W 4 h

Carbonsäuren (und Carbonsäurederivate) (3.2)	P 3 h
Esterbildung und Esterspaltung (3.3)	P 8 h
nasschemische Analyse (1.4)	P 2 h

Massenspektrometrie (1.3)	W 2 h
Chromatographie (1.1)	P 2 h

Arzneimittel - Forschung (2.3)	W 5 h
Arzneimittel - Pharmakokinetik (2.2)	W 2 h

Fantastic Plastic

Der Fokus liegt auf der Rolle der Kunststoffe, ihrer Verwendung in der heutigen Welt und dem Nutzen oder den Problemen, die sie in der Zukunft bringen könnten. Hier geht es zum einen um Kunststoffe und ihre Eigenschaften, zum anderen um Polymerisations- und Polykondensationsreaktionen. Als roter Faden dient dabei stets der Zusammenhang zwischen Struktur der Makromoleküle und Eigenschaften der Kunststoffe sowie die Möglichkeit, Kunststoffe zielgerichtet für diverse Anwendungen zu entwerfen. Hier können einige Kunststoffe mit besonderen Eigenschaften, z. B. elektrisch leitend und biologisch abbaubar, exemplarisch behandelt werden. Die Polyamide, z. B. Nylon oder Kevlar, werden bezüglich Molekülstruktur und Stoffeigenschaft mit ihren natürlichen Vorbildern, den Proteinen, verglichen.

P: 21 h WP: 7 h W: 10 h

Vom Naturstoff zum Medikament

Die Bedeutung der pharmazeutischen Industrie steht im Mittelpunkt dieser Einheit. Dabei wird von natürlich vorkommenden, pharmakologisch wirksamen Substanzen ausgegangen. Eine Studie eines Arzneimittels, z. B. Aspirin, beleuchtet eine Reihe von Aspekten, die bei der Entwicklung von Medikamenten eine Rolle spielen. Am Beispiel der Analyse und Synthese von Salicylsäure und Acetylsalicylsäure werden Prinzipien deutlich, die sich auf eine Vielzahl anderer Medikamente übertragen lassen. Dabei wird auch auf Sicherheitsfragen und die Prüfung von Medikamenten eingegangen. Methoden der Strukturaufklärung, Extraktion und Synthese werden genauso behandelt wie nasschemische Versuche zur Identifikation von Verbindungen. Die Chemie der Alkohole, Phenole und Carbonsäuren sowie der Mechanismus der Veresterung werden ebenso thematisiert.

P: 22 h WP: 0 h W: 23 h

Strukturierungsvorschlag C, Leistungskurs (Teil 5)

Galvanische Zellen (4.2)	P 10 h
chemische Energiespeicherung (4.4)	P 9 h
Elektrolysezellen (4.3)	P 4 h
Korrosion (4.5)	P 5 h

Solarzellen und Leuchtmittel (4.6)	W 5 h
---------------------------------------	----------

Komplexchemie I Grundlagen (9.1)	P 5 h
-------------------------------------	----------

Pigmente (6.5)	W 3 h
Spektroskopie (1.5)	W 4 h
Grundlagen von Farbigkeit (6.1)	WP 5 h

Lipide – Struktur und Eigenschaften (10.1)	WP 6 h
Lipide – Vorkommen und Verwendung (10.2)	WP 4 h
Chromatographie (1.1)	P 2 h

organische Farbmittelklassen (6.2)	WP 8 h
Aromaten II (8.4)	W 2 h

Geschichte organischer Farbmittel (6.4)	W 3 h
--	----------

Elektronen auf Abwegen

Im Zusammenhang von mobilen Energieträgern werden Elektrodenpotentiale und elektrochemische Zellen behandelt. An dieser Stelle wird das Thema Redoxreaktionen aufgegriffen und vertieft betrachtet. Der Fokus liegt dabei auf der räumlichen Trennung von Oxidation und Reduktion sowie der damit einhergehenden Entwicklung von mobilen Spannungsquellen. In der Folge bietet sich auch ein Exkurs über Solarzellen an.

Elektrochemische Prozesse sind ebenfalls im Zusammenhang von Korrosionsvorgängen bzw. Korrosionsschutzmaßnahmen relevant und werden sowohl auf Stoff- als auch auf Teilchenebene betrachtet.

Die Betrachtung von Korrosionsprozessen am Beispiel des Themas „Lebensmittel in Konservendosen“ liefert eine geeignete Zugangsmöglichkeit, um auf Komplexverbindungen der Nebengruppenelemente überzuleiten.

P: 33 h WP: 0 h W: 5 h

Schöne bunte Welt

Farben sind überall, daher wird in diesem Rahmenthema ein grundlegendes Verständnis von Farbigkeit erarbeitet. Eine Unterscheidung in Farbstoff und Pigment leitet über zu einem Blick in die Kunstgalerien und die Restauration von Ölgemälden. Dazu bedarf es zunächst einer genauen Analyse der verwendeten Pigmente und Öle. UV- und VIS-Spektroskopie, Atomemissionsspektroskopie und Gaschromatografie sind einige der verwendeten Techniken. Die Analyse der Öle führt zu einem vertieften Verständnis der Fette. Im zweiten Teil geht es um die Färbung von Textilien. Neben Pigmenten spielen hierbei auch Farbstoffe eine zentrale Rolle. An dieser Stelle wird der Bogen von den ersten synthetischen Farbstoffen bis hin zu den Hightech-Farben gespannt. Dazu bedarf es der Aromatenchemie.

P: 2 h WP: 27 h W: 12 h

Nanomaterialien – Struktur und Eigenschaften (14.1)	P 2 h
Nanomaterialien – Anwendungsgebiete (14.2)	P 4 h
Nanomaterialien – Potentiale und Risiken (14.3)	P 2 h

Zwergpartikel ganz groß

Die Nanotechnologie zählt zu den Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts und verändert ganze Technologiebereiche. Eine Auswahl der Inhalte ist dem Stand der Forschung und dem Interesse der Lernenden anzupassen.

P: 8 h WP: 0 h W: 3 h

weitere innovative Materialien (14.4)	W 3 h
---------------------------------------	------------------------

Anmerkung zu Pflichtinhalten vor Beginn der Qualifikationsphase

Unter der Annahme, dass vor Beginn der Qualifikationsphase die nachstehend aufgeführten Pflichtbausteine behandelt werden, sind die entsprechenden Inhalte im Zuge der Qualifikationsphase zu reaktivieren, um deren Überprüfbarkeit im Abitur sicherzustellen. Aufgrund dieser Reaktivierungsnotwendigkeit sollen nachstehend Vorschläge für geeignete Bausteine aus dem Strukturierungsvorschlag aufgeführt werden, an denen sich die betreffenden Pflichtinhalte organisch wiederholen lassen.

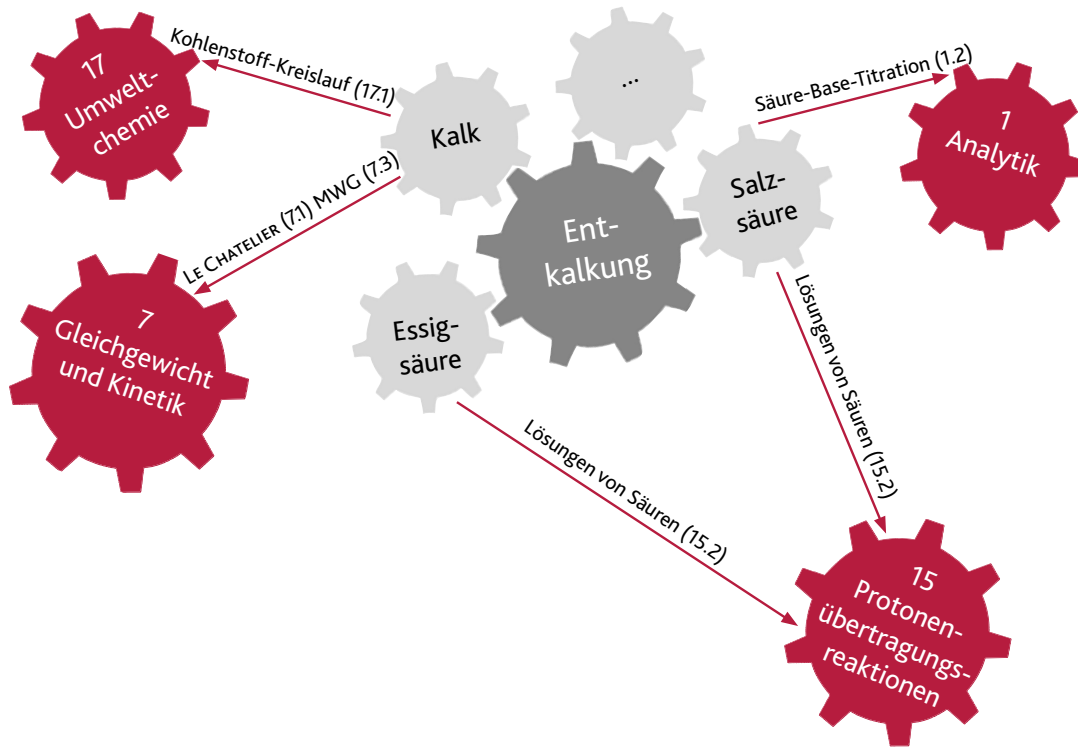
Pflichtbausteine	Wiederholungsvorschläge
Integrationsphase	Essentielle Grundlagen, die ganz selbstverständlich im Zuge der Qualifikationsphase wiederholt werden!
Aliphaten I – Alkane (8.1)	Kunststoffe – Syntheseverfahren (13.1), Umweltprobleme und Umweltschutz (17.1)
Energie (5.1)	chemische Energiespeicherung (4.4), Reaktionsgeschwindigkeit (7.2)
Enthalpie und Entropie (5.2)	Galvanische Zellen (4.2), Massenwirkungsgesetz (7.3), Umweltprobleme und Umweltschutz (17.1)
Alkanale (Aldehyde) und Alkanone (Ketone) (3.1)	nasschemische Analyse (1.4), Donator-Akzeptor-Prinzip – Redoxreaktionen (4.1)

Stundenbilanz – Vorschlag C – Leistungskurs

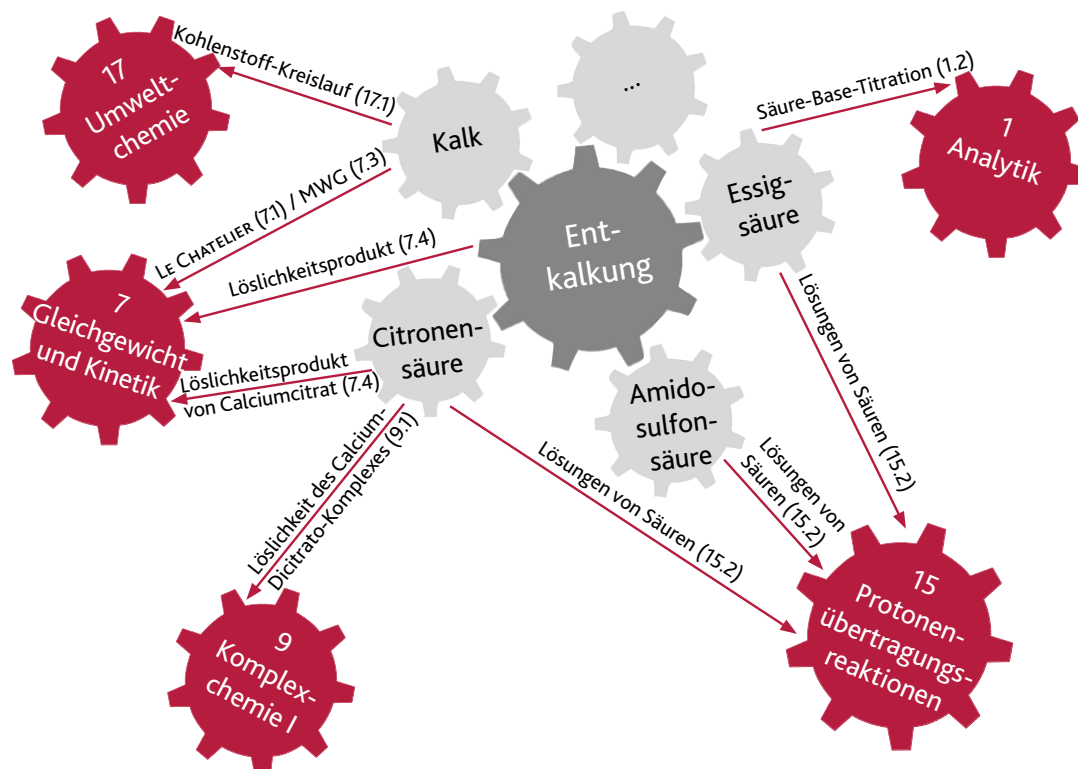
Kategorie	Stunden
Pflichtbaustein (P)	228
Wahlpflichtbaustein (WP)	34 (= 30+4)
Wahlbaustein (W)	68 (= 50+18)
Pädagogischer Freiraum	75 (= 97-22)
Summe	405

Strukturierungsvorschlag D

Strukturierungsvorschlag D: Grundkurs



Strukturierungsvorschlag D: Leistungskurs



5.3 Beispiel für Kompetenzentwicklung

Da Kompetenzen in der Auseinandersetzung mit Fachinhalten bzw. im handelnden Umgang mit Wissen erworben werden, ist es erforderlich, Unterrichtsinhalte mit sinnvollen Kompetenzschwerpunktsetzungen zu verknüpfen.

Im Folgenden soll dies exemplarisch am Beispiel des Themas „Zink-Luft-Batterie“ gezeigt werden, wobei für jeden Kompetenzbereich – rein exemplarisch – drei mögliche Bildungsstandards zur Realisierung einer sinnstiftenden Schwerpunktsetzung ausgewiesen sind. Je nach Auswahl der spezifischen Kompetenzschwerpunktsetzung werden sich naturgemäß unterschiedliche Stundenmodelle zum gleichen Unterrichtsgegenstand ergeben.

Für eine ganzheitliche Kompetenzentwicklung müssen im Verlauf des Curriculums alle Kompetenzbereiche in adäquater Breite und Tiefe in den Blick genommen werden.

Thema: Zink-Luft-Batterie

Rahmenbaustein 4: Elektronenübertragungsreaktionen

Baustein 4.4: chemische Energiespeicherung (Auszug)

Kompetenzbereich:	Allgemeine Formulierung des Standards [1]: Die Lernenden ...	Auf den thematischen Zusammenhang bezogene Formulierung des Standards: Die Lernenden ...
Sachkompetenz	S3 ... interpretieren Phänomene der Stoff- und Energieübertragung bei chemischen Reaktionen.	... interpretieren die in der Zink-Luft-Batterie ablaufenden Vorgänge.
	S16 ... entwickeln Reaktionsgleichungen.	... entwickeln Teil- und Gesamtgleichungen für die in der Zink-Luft-Batterie ablaufenden Reaktionen.
	S17 ... wenden bekannte mathematische Verfahren auf chemische Sachverhalte an.	... berechnen die Zellspannung einer Zink-Luft-Batterie.

Erkenntnisgewinnungskompetenz	E4 ... planen, ggf. unter Berücksichtigung der Variablenkontrolle, experiment- oder modellbasierte Vorgehensweisen, auch zur Prüfung von Hypothesen, Aussagen oder Theorien.	... planen Experimente zur Identifikation des Oxidationsmittels und/oder des Reduktionsmittels und/oder planen ein Modellexperiment zur Zink-Luft-Batterie.
	E5 ... führen qualitative und quantitative experimentelle Untersuchungen – den chemischen Arbeitsweisen und Sicherheitsregeln entsprechend – durch, protokollieren sie und werten diese aus.	... führen Experimente zur Identifikation des Oxidationsmittels und/oder Reduktionsmittel durch und/oder führen ein Modellexperiment zur Zink-Luft-Batterie durch und messen die Zellspannung.
	E9 ... diskutieren Möglichkeiten und Grenzen von Modellen.	... identifizieren die Grenzen des Modells zur Zink-Luft-Batterie, wie z. B. Handhabbarkeit, Mobilität, Energiedichte ...
Kommunikationskompetenz	K1 ... recherchieren zu chemischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus.	... recherchieren den Aufbau einer Zink-Luft-Batterie sowie deren Einsatzmöglichkeiten.
	K11 ... präsentieren chemische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien.	... visualisieren den Elektronenfluss und die Vorgänge in geeigneter Weise z. B. in PPP/Prezi/Keynote ... und/oder erstellen ein Erklärvideo zu den Vorgängen in einer Zink-Luft-Batterie.
Bewertungskompetenz	B7 ... treffen mithilfe fachlicher Kriterien begründete Entscheidungen in Alltagssituationen.	... bewerten die Entsorgung der Zink-Luft-Batterie über den Hausmüll.
	B13 ... beurteilen und bewerten Auswirkungen chemischer Produkte, Methoden, Verfahren und Erkenntnisse sowie des eigenen Handelns im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Perspektive.	... beurteilen Vor- und Nachteile der Verwendung von Geräten mit Zink-Luft-Batterien im Vergleich zu akkubasierten Geräten.

5.4 Anknüpfungspunkte für die Umsetzung der Bildung für eine nachhaltige Entwicklung (BNE)

Die Welt ist ständig im Wandel und der Mensch greift massiv in die Natur ein. Unsere Ökosysteme sind nicht unbegrenzt belastbar. Damit die künftigen Generationen noch eine lebenswerte Umwelt und genügend Ressourcen vorfinden, müssen unsere heutigen Entscheidungen nachhaltig sein.

Den Schülerinnen und Schülern muss bewusst sein, welche Auswirkungen das Handeln der heutigen Generation auf das Leben von Menschen künftiger Generationen hat. Dazu müssen sie in der Lage sein, ihre Entscheidungen im Hinblick auf die Bevölkerung und die Ökosysteme verantwortungsvoll zu treffen.

Die Schülerinnen und Schüler sind befähigt, ihre Umwelt aus naturwissenschaftlicher Perspektive zu betrachten. Dazu gehört, dass sie Pro- und Contra-Argumente zu aktuellen Diskussionsthemen kennen und diese fachlich analysieren sowie bewerten können, auch im Hinblick auf die Intention des Autors.

In diesem Lehrplan gibt es keinen eigenen Baustein für die Umsetzung der Bildung für eine nachhaltige Entwicklung (BNE). Die Inhalte sind auf verschiedene Bausteine zu verteilen und ermöglichen so einen spiralcurricularen Umgang damit. Die damit verbundenen Ziele und Kompetenzen werden im Laufe der Oberstufe immer wieder aufgegriffen, weiterentwickelt und vertieft. Es ist gewährleistet, dass Themen wie Energieversorgung, Mobilität, Umweltprobleme oder soziale, ökologische und ökonomische Auswirkungen chemischer Prozesse an verschiedenen Inhalten thematisiert werden können.

Der Lehrplan ermöglicht es an vielen Stellen, die Zusammenhänge zwischen Chemie, Lebenswelt und Gesellschaft aus der Perspektive der Nachhaltigkeit aufzuzeigen. So wird beispielsweise im Rahmenbaustein „Elektronenübertragungsreaktionen“ im Hinblick auf die nachhaltigen Bildungsziele, sogenannte Sustainable Development Goals (SDGs), ein Schwerpunkt auf mobile Energieträger der Zukunft gelegt oder bei „Makromoleküle III – Kunststoffe“ auf die Abfallproblematik und wie die Chemie dabei unterstützen kann, Lösungen zu finden. Alternative Energieträger und daran anknüpfende Energietransferprozesse stehen im Rahmenbaustein „Kohlenwasserstoffe, Halogenkohlenwasserstoffe“ zur Diskussion.

Vor dem Hintergrund immer knapper werdender Ressourcen spielt die Rohstoffgewinnung eine immer größere Rolle. Die für die Digitalisierung oder zur Herstellung von mobilen Energieträgern benötigten Metalle – besonders ihre Gewinnung und ihr Recycling – ermöglichen einen detaillierten Blick auf ökologische und soziale Folgen von chemisch-technischen Prozessen. Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass ein dauerhafter wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Fortschritt nicht ohne intakte Ökosysteme möglich ist.

Schülerinnen und Schüler sind in der Lage, positive und negative Konsequenzen einer Entscheidung abzuwägen. Beispielsweise ist für die Sicherstellung der Nahrungsversorgung eine effektive Landwirtschaft unabdingbar. Die Chemie leistet dazu u. a. mit Düngern und Pflanzenschutzmitteln einen wichtigen Beitrag. Überdüngung und zu hoher Pestizid-, Fungizid- und Herbizideinsatz hingegen schaden der Umwelt stark. Dies zu diskutieren und zu bewerten, stellt hohe Anforderungen an unsere Schülerinnen und Schüler.

5.5 Green Chemistry

Nachhaltiger Chemieunterricht im Sinne von Green Chemistry zeigt die Bedeutung und Möglichkeiten der Wissenschaft Chemie für die Realisierung einer umwelt- und gesellschaftsverträglichen Wirtschafts- und Lebensweise auf.

Neben den beschriebenen BNE-Inhalten ist der Blick daher auch auf die zwölf Prinzipien der Green Chemistry zu richten. Diese führen zu einem Umdenken in Forschung und Industrie und spiegeln das Spannungsfeld zwischen Ökologie und Ökonomie. Dieser Prozess des Umdenkens soll auch im Chemieunterricht aufgegriffen werden, wozu alle Bausteine vielfältige Anknüpfungspunkte bieten.

In Abb. 1 wird am Beispiel von Milchsäure und Polymilchsäure aufgezeigt, wie sich die Prinzipien von Green Chemistry organisch mit ausgewählten Bausteininhalten verzahnen lassen.

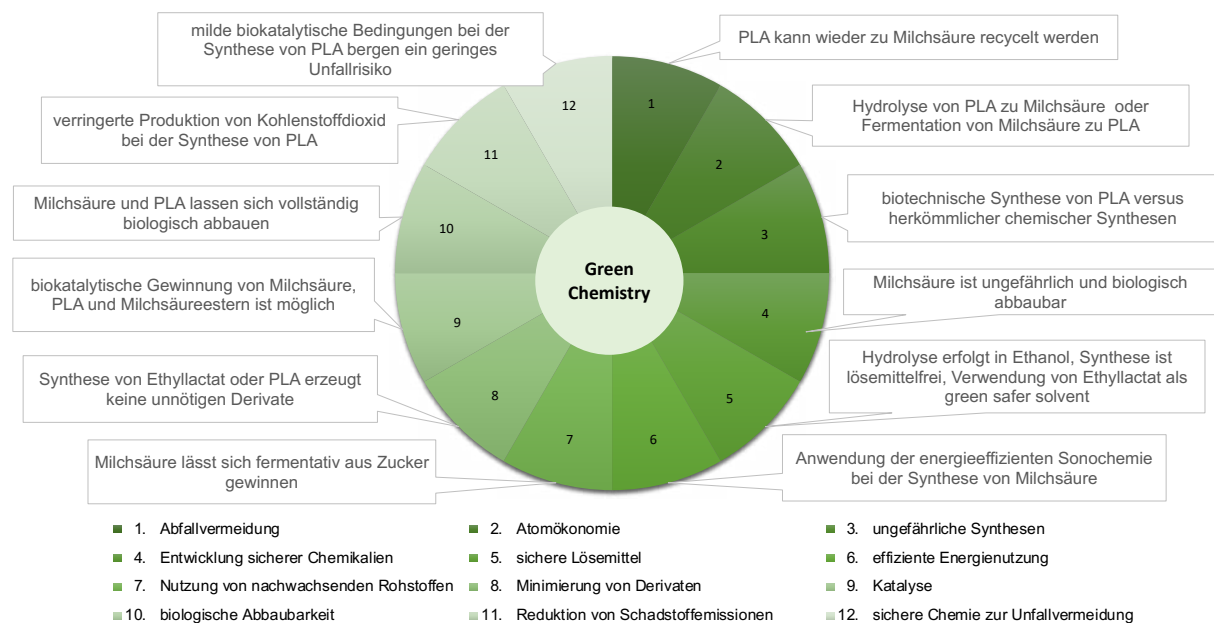


Abb. 1: Grundprinzipien der Green Chemistry am Beispiel von Milchsäure und Polymilchsäure (PLA) nach [2]

5.6 Integration der Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ in den Unterricht

„Da die Digitalisierung auch außerhalb der Schule alle Lebensbereiche und – in unterschiedlicher Intensität – alle Altersstufen umfasst, sollte das Lernen mit und über digitale Medien und Werkzeuge bereits in den Schulen [...] beginnen. Durch eine pädagogische Begleitung der Kinder und Jugendlichen können sich frühzeitig Kompetenzen entwickeln, die eine kritische Reflektion in Bezug auf den Umgang mit Medien und über die digitale Welt ermöglichen.“ [3]

Das Fach Chemie bietet mit seinen Kompetenzen an vielen Stellen Sach- und Handlungszugänge zum Thema „Bildung in der digitalen Welt“, wobei zwischen verschiedenen Bereichen differenziert werden kann. Zum einen sei hier das Unterrichten **mit** digitalen Medien zu erwähnen, zum anderen das Lehren und Lernen **über** digitale Medien.

Zum Umgang mit digitalen Medien gehört für naturwissenschaftliches Arbeiten der Einsatz **digitaler Werkzeuge beim Experimentieren**. An erster Stelle steht die digitale Messwerterfassung und -auswertung, die in einem modernen Chemieunterricht eingesetzt werden sollte. Aber auch die Aufbereitung und Präsentation der Ergebnisse erfolgt idealerweise zeitgemäß mit digitalen Medien.

Darüber hinaus gibt es zahlreiche **digitale Lernwerkzeuge**, die nicht nur ein abwechslungsreiches Lernen ermöglichen, sondern auch zur Lernstandsdiagnose eingesetzt werden können. Der Einsatz von virtueller (VR) und erweiterter Realität (AR), QR-Codes oder Ähnlichem steigert nicht nur die Motivation und Anschaulichkeit, sondern unterstützt auch das selbstgesteuerte Lernen.

Digitale Lernbegleiter, wie beispielsweise E-Books, Portfolios u. ä. können im Lernprozess eine wichtige Rolle spielen. Sie können individuell zugeschnitten sein und eine Vielzahl digitaler Medien vereinen. Collaborative Tools fördern die Teamfähigkeit und das kommunikative und soziale Lernen.

Gerade im Chemieunterricht kann aber auch das digitale Medium selbst zum **Lerngegenstand** werden, beispielweise die Gewinnung von seltenen Erden für Smartphones oder das Recyclen von Computerbauteilen.

Zum Lehren und Lernen über digitale Medien gehört eine **kritische Reflektion** in Bezug auf den Umgang mit Medien, Inhalten sozialer Netzwerke und über die digitale Informationsdarstellung und -verbreitung. Hier werden Schülerinnen und Schüler angemessen auf das Leben in der derzeitigen und künftigen Gesellschaft vorbereitet und zu einer aktiven und verantwortlichen Teilhabe am kulturellen, gesellschaftlichen, politischen, beruflichen und wirtschaftlichen Leben befähigt. Sie erkennen z. B. Fake News mit falschen chemischen Inhalten, diskutieren die fachliche Richtigkeit von Quellen oder beurteilen deren Seriosität.

Fachkompetenz			
Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz
<p>Teilkompetenzbereich: Chemische Konzepte und Theorien zum Klassifizieren, Strukturieren, Systematisieren und Interpretieren nutzen</p> <p>Standards: S 1 bis S 5</p>	<p>Teilkompetenzbereich: Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden</p> <p>Standards: E 1 bis E 3</p>	<p>Teilkompetenzbereich: Informationen erschließen</p> <p>Standards: K 1 bis K 4</p>	<p>Teilkompetenzbereich: Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen</p> <p>Standards: B 1 bis B 4</p>
<p>Teilkompetenzbereich: Chemische Konzepte und Theorien auswählen und vernetzen</p> <p>Standards: S 6 bis S 10</p>	<p>Teilkompetenzbereich: Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen</p> <p>Standards: E 4 bis E 7</p>	<p>Teilkompetenzbereich: Informationen aufbereiten</p> <p>Standards: K 5 bis K 8</p>	<p>Teilkompetenzbereich: Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen</p> <p>Standards: B 5 bis B 11</p>
<p>Teilkompetenzbereich: Chemische Zusammenhänge qualitativ-moddellhaft erklären</p> <p>Standards: S 11 bis S 15</p>	<p>Teilkompetenzbereich: Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren</p> <p>Standards: E 8 bis E 11</p>	<p>Teilkompetenzbereich: Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren</p> <p>Standards: K 9 bis K 13</p>	<p>Teilkompetenzbereich: Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren</p> <p>Standards: B 12 bis B 14</p>
<p>Teilkompetenzbereich: Chemische Zusammenhänge quantitativ-mathematisch beschreiben</p> <p>Standards: S 16 bis S 17</p>	<p>Teilkompetenzbereich: Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren</p> <p>Standard: E 12</p>		
S-Bereich	E-Bereich	K-Bereich	B-Bereich

**Lehrplan Chemie
Rahmenbausteine (Inhalte)**

<p>Integrationsphase</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Analytik 2. Arzneimittel 3. Carbonylverbindungen 4. Elektronenübertragungsreaktionen 	<ol style="list-style-type: none"> 5. Energetik 6. Farbstoffe 7. Gleichgewicht und Kinetik 8. (Halogen-) Kohlenwasserstoffe 9. Komplexchemie 	<ol style="list-style-type: none"> 10. Lipide 11. Makromoleküle I - Kohlenhydrate 12. Makromoleküle II - Proteine 13. Makromoleküle III - Kunststoffe 	<ol style="list-style-type: none"> 14. Moderne Werkstoffe 15. Protonenübertragungsreaktionen 16. Tenside 17. Umweltchemie
---	---	---	---

Strukturiert durch Basiskonzepte

- Konzept zum Aufbau und den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen
- Konzept der chemischen Reaktion
- Energiekonzept

Verzahnt mit Leitlinien

- Bildung für nachhaltige Entwicklung
- Green Chemistry
- Digitalisierung

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Grundprinzipien der Green Chemistry am Beispiel von Milchsäure und Polymilchsäure

Abbildung 2: Hausmodell zum Lehrplan mit Kompetenzen, Standards, Rahmenbausteinen Basiskonzepten und Leitlinien

LITERATURVERZEICHNIS

[1] Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020). Herausgeber: Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, Berlin. ISBN 978-3-556-09044.
www.kmk.org.

[2] Linkwitz, Michael; Eilks, Ingo (2019). Green Chemistry in der Schule, Chemie in unserer Zeit. Heft 53. S. 412-420.

[3] Bildung in der digitalen Welt, Strategie der Kultusministerkonferenz. Herausgeber: Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, Berlin. S. 11.
www.kmk.org.

MITGLIEDER DER FACHDIDAKTISCHEN KOMMISSION

Jürgen Kopp

Staatliches Studienseminar für das Lehramt an Gymnasien, Trier

Heike Nickel

Kurfürst-Ruprecht-Gymnasium, Neustadt

Maria Reiner

Are-Gymnasium, Bad Neuenahr

Diana Weber

Georg-Forster-Gesamtschule, Wörrstadt



Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Landesregierung Rheinland-Pfalz herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch Wahlbewerberinnen und -bewerbern oder Wahlhelferinnen und -helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Kommunal-, Landtags-, Bundestags- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR BILDUNG

Ministerium für Bildung
Mittlere Bleiche 61
55116 Mainz

poststelle@bm.rlp.de
www.bm.rlp.de