



GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER



Empfehlungen der GDCh-Studienkommission

zum
Bachelor-Studium Chemie
an Universitäten

März 2015

IMPRESSUM

Herausgeber / Redaktion

Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V. (GDCh)
Varrentrappstraße 40-42
60486 Frankfurt am Main
www.gdch.de

Geschäftsführer: Prof. Dr. Wolfram Koch
Registernummer beim Vereinsregister: VR 4453
Registergericht: Frankfurt am Main

Kontakt:

Dr. Hans-Georg Weinig
Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V.
Email: h.weinig@gdch.de

Layout und Satz

PM-GrafikDesign
Peter Mück, Wächtersbach

Druck

Seltersdruck Vertriebs- und Service GmbH & Co KG
Selters

März 2015

Titelbild: © Matej Kastelic – Fotolia

	Seite
1 Einleitung	5
2 Kerncurriculum des Bachelor-Studiums Chemie	10
2.1 Allgemeine Chemie	10
2.2 Grundlagen experimentellen Arbeitens	12
– Arbeiten im Labor	12
– Instrumentelle (physikalisch-chemische) Methoden	13
2.3 Anorganische und Organische Stoffchemie	14
2.4 Charakterisierung stofflicher Systeme	16
2.5 Analytische Chemie	18
2.6 Koordinationschemie	20
2.7 Kinetik und Transportphänomene	22
2.8 Phänomenologische Thermodynamik / Elektrochemie	24
2.9 Quantenchemie	26
2.10 Symmetrie	28
2.11 Reaktionsmechanismen / Reaktive Zwischenstufen	29
2.12 Grundlagen der Molekülspektroskopie	30
2.13 Mathematik und Physik	32
2.14 Toxikologie und Rechtskunde	33
2.15 Grundlagen wissenschaftlichen Arbeitens	35
3 Profilverriculum, optional Bachelor- oder Master-Studium Chemie	36
3.1 Anorganische Festkörperchemie	36
3.2 Statistische Thermodynamik	38
3.3 Chemische Technologie	39
3.4 Industrielle Chemie	41
3.5 Biochemie	42
3.6 Makromolekulare Chemie	43
3.7 Umweltchemie	44
3.8 Wirtschaftschemie	45
Anhang	46
A1 Mitglieder der GDCh-Studienkommission	46
A2 Literaturverzeichnis	48

Abstract

Dieser Themenkatalog zum sechssemestrigen Studiengang Bachelor Chemie an Universitäten enthält eine Bestandsaufnahme der Kerninhalte des modernen Bachelor-Chemiestudiums im Umfang von etwa vier Semestern, sowie optionale Curriculumbestandteile, die standortspezifisch im Bachelor- oder im Master-Studium oder auch gar nicht angeboten werden. Die Themen sind nicht den verschiedenen chemischen Fachgebieten zugeordnet, werden aber selbstverständlich weiterhin in der klassischen Einteilung Organische, Anorganische, Physikalische (etc.) Chemie gelehrt. Die Zusammenstellung der Inhalte wurde basierend auf der Empfehlung der Studienreformkommission der GDCh zum Basisstudium Chemie erarbeitet, mit der 1998 die Voraussetzung für die Entwicklung zukunftsfähiger Bachelor- und Master-Studiengänge Chemie mit einheitlichen Standards an Universitäten in Deutschland geschaffen wurde.

1 Einleitung

HINTERGRUND

Eine Studienreformkommission der GDCh hat 1998 und erneut 2004 Empfehlungen^{1,2} für das „Basisstudium Chemie“ an Universitäten herausgegeben, die dazu beitragen sollten, die Umstellung der Diplom-Studiengänge auf Bachelor- und Master-Studiengänge in Deutschland so zu gestalten, dass die Inhalte und Standards, die das Chemie-studium in Deutschland kennzeichnen und sein hohes Niveau bedingen, erhalten und sinnvoll mit den im Bologna-Prozess geforderten Neuerungen kombiniert werden konnten. In diesen früheren Empfehlungen wurden den einzelnen Fachgebieten bestimmte Anteile am Gesamtumfang des Studiums zugewiesen, eine Aufteilung, die weitgehend einheitlich an Universitäten in Deutschland realisiert wurde.

Nach der erfolgreichen Einführung der Bachelor- und Master-Studiengänge Chemie hat sich nun im Jahr 2014 erneut eine fachgebietsübergreifende Studienkommission der GDCh der Aufgabe gestellt, Inhalte und Merkmale der gelebten Chemie-Studiengänge zu analysieren und aktualisierte Empfehlungen für die zukünftige Ausgestaltung und Weiterentwicklung des Bachelor-Studiengangs Chemie vorzulegen, ohne jedoch das Chemie-Studium neu zwischen den verschiedenen Fachgebieten aufzuteilen. Grundlage dieser Arbeit sind auch die geänderten normativen und studienkonzeptionellen Randbedingungen, also der Wegfall der Rahmenprüfungsordnungen und die stärkere Hinwendung zur Lernergebnisorientierung. Dieses Papier fasst die Ergebnisse der Arbeit dieser Kommission zusammen.

INHALTE, KEINE MODULE ODER VERANSTALTUNGEN

Im Unterschied zu früheren Empfehlungen verzichtet diese Empfehlung in weiten Teilen auf eine Zuweisung von Inhalten zu Fachgebieten. Sie verzichtet auch auf eine Gliederung, die in einzelne Lehrveranstaltungen oder Module unterteilt, sowie auf eine Zuweisung von Zeit- und Punktekontingenten. Es geht vorrangig um eine Katalogisierung von essentiellen wissenschaftlichen Inhalten und Kenntnissen, die nach Ansicht der Kommission deutschlandweit in einem Bachelor-Studium Chemie vermittelt werden sollten. Die Zusammenstellung dieser angestrebten Lernergebnisse soll dazu beitragen, auch weiterhin die hohe, einheitliche Qualität des Chemie-Studiums zu gewährleisten. Die Kommission legt Wert darauf, dass der hier vorgestellte Katalog insgesamt keine minimale Basis darstellt, sondern eher zu umfangreich ist, um vollständig umgesetzt zu werden. Er enthält bereits Optionen, die nicht an allen Hochschulen angeboten werden, und es wird von der Kommission für selbstverständlich gehalten, dass einzelne Hochschulstandorte spezifische Schwerpunkte setzen, Inhalte auswählen, hinzufügen und

1 Einleitung

verwerfen. Die damit einhergehende Profilbildung ist gewünscht. Themen, die insbesondere bei der Profilbildung an einzelnen Universitätsstandorten eine besondere Rolle spielen können, sind in Kapitel 2 als optionale Inhalte gekennzeichnet bzw. in Kapitel 3 aufgeführt.

Die offene Studienkommission der GDCh, zu der VertreterInnen der Konferenz der Fachbereiche Chemie (KFC), der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Universitätsprofessoren und -professorinnen für Chemie (ADUC), der Deutschen Bunsen-Gesellschaft für physikalische Chemie (DBG), der Dechema, des Verbandes der Chemischen Industrie (VCI), der Arbeitsgemeinschaft Theoretische Chemie, des GDCh-Jungchemikerforums und der GDCh-Fachgruppen eingeladen wurden, hat folgende Punkte besonders intensiv diskutiert:

Laborerfahrung besonders wichtig

- » Ein wichtiges Kennzeichen der Chemie-Studiengänge ist die ausgeprägte zeitliche und inhaltliche Verschränkung von theoretischer und laborpraktischer Ausbildung. Es ist von essentieller Bedeutung für die spätere Berufsbefähigung der Chemie-Studierenden, dass ihre Fähigkeiten zum theoriegeleiteten Experimentieren, zum Beobachten und zum Beurteilen von Versuchsergebnissen in einem großzügigen zeitlichen und inhaltlichen Format gefördert werden. Die stetige Zunahme von Detailwissen und der hohe Grad an Ausdifferenzierung, den unsere Bachelor-Studiengänge bereits erreicht haben, dürfen nicht dazu führen, dass ein auf Konzepte und Theorierezeption ausgerichtetes Studium in Vorlesungen, Übungen, Seminaren und Kursen die praktische Laborausbildung zurückdrängt.

Chemie und Gesellschaft

Chemie-Studierende sollen selbstverständlich dazu befähigt sein, die Rolle der Chemie in der Gesellschaft zu reflektieren und fundierte Positionen zu kritischen Fragen zu beziehen. Sie müssen dazu in der Lage sein, sich auch an kontroversen Diskussionen zur Chemie zu beteiligen, und sie handeln im Bewusstsein gesellschaftlicher und ethischer Verantwortung. Hierzu tragen Lehrveranstaltungen zur Wissenschaftsphilosophie (Methoden und Werte in der Wissenschaft, Interdisziplinarität, Wissenschaft und Technik), Ethik (Allgemeine Ethik, Technikethik und Technikfolgenabschätzung, Berufsethik), Wissenschaftsgeschichte (Einfluss der Chemie auf die Entwicklung der Gesellschaft und umgekehrt, öffentliches Bild der Chemie im historischen Wandel) und Wissenschaftskommunikation (Modelle, Wissenschaftspopularisierung, Normen) bei. Diese Inhalte werden zumeist fachbereichsübergreifend angeboten und sind Teil des außerfachlichen Curriculums.

Abiturkenntnisse in Mathematik nicht immer ausreichend

- » Die Kommission sieht weiterhin Handlungsbedarf bei der angemessenen Vermittlung von Mathematikkenntnissen im Chemie-Studium. Hierzu wird es standort- und personenspezifisch verschiedene Modelle geben. Die Kommission diskutierte Vorzüge und Nachteile von Mathematik-Vorkursen, von Mathematik-Vorlesungen, die die Chemie-Fakultäten/Fachbereiche selbst konzipieren, sowie von Mathematik-Vorlesungen für Nebenfächler, die von den Mathematik-Fakultäten/Fachbereichen angeboten werden. Eine für alle Standorte sinnvolle Empfehlung kann es hier nicht geben. Alle ExpertInnen sind sich jedoch einig, dass die derzeitigen Abiturkenntnisse in Mathematik im Allgemeinen nicht ausreichen. Ähnliches gilt für die Physikkenntnisse, die im Chemie-Studium vorausgesetzt werden.

Fachgebietsunabhängige, verschränkte Darstellung von Inhalten

- » Da in diesen Empfehlungen darauf verzichtet wurde, einzelne Veranstaltungen zu spezifizieren und diese wie üblich mit Fachgebietsbezeichnungen zu belegen (Beispielsweise „Anorganische Chemie“, „Technische Chemie“) finden sich möglicherweise bestimmte Inhalte, die für das Bachelor-Studium Chemie von der Mehrzahl der Lehrenden als besonders wichtig erachtet werden, erst auf den zweiten Blick. Die Kommission hat versucht, Vollständigkeit zu erreichen, ohne der Versuchung zu erliegen, alle Details zu nennen.

Gliederung der Themenblöcke

- » Die in diesen Empfehlungen aufgelisteten Themenblöcke sind unterteilt in „Konzept“, „Inhalte“ (Kerninhalte/optionale Inhalte) und „Praktikum/Theoretikum“.

Chemie, Rohstoffe und Energie

Energierrelevante Themen und Materialien sowie die nachhaltige Verwendung von Ressourcen sind schon jetzt integraler Bestandteil des Chemie-Studiums. Die zunehmende Bedeutung dieser Inhalte für die politische und öffentliche Diskussion erfordert möglicherweise eine Fortentwicklung des Curriculums derart, dass bestimmte Inhalte in einer Lehrveranstaltung gebündelt werden. So könnten die Energiewende und Rohstoffverknappung chemiebezogen im Zusammenhang diskutiert werden, wobei Zusammenhänge zum Kerncurriculum aufgezeigt werden sollten. Beispiele für Teilinhalte können sein: Chemische Prozesse (Effizienzverbesserung durch Katalysatorentwicklung), Biotechnologie (Optimierung und Verwendung von Enzymen, Einsatz von Mikroorganismen, Biomassekonversion), Elektromobilität (Batterie, Brennstoffzellen), Verbrennungsprozesse (Effizienzsteigerung durch chemische Sensoren), Wärmedämmung (Polymere, anorganische Coatings).

1 Einleitung

Eine Unterscheidung in Vorlesung, Seminar oder Übung bzw. Labor-, Kurs- oder Forschungspraktikum erfolgt im Allgemeinen nicht. Die Kommission empfiehlt jedoch, den Lehrstoff von Vorlesungen und Praktika durch Seminare und Übungen zu vertiefen.

Master-Studium Chemie und Promotion folgen auf Bachelor-Studium Chemie

- » Für das Regelstudium Chemie empfiehlt die Studienkommission der GDCh die Beibehaltung des sechssemestrigen Bachelor-Studiums, das eine Bachelorarbeit (Thesis) einschließt. Es ist anzustreben, dass das Bachelor-Studium ein Zeitfenster aufweist, welches eine erhöhte Mobilität der Studierenden (z.B. für Auslandsaufenthalt, Industriepraktikum) erleichtert. Laut GDCh-Statistik³ zu den Chemiestudiengängen in Deutschland (2014) beginnen 97% der Bachelorabsolventen ein Master-Studium, 87% der Masterabsolventen starten eine Promotion. Die Kommission geht daher wie bisher davon aus, dass dem Bachelor-Studium Chemie im Regelfall ein Master-Studium Chemie folgt, bevor die meisten AbsolventInnen mit einer Promotion ins Berufsleben eintreten.

Fachspezifischer, inhaltlicher Kompetenzerwerb in Themenblöcken implizit enthalten

- » Studienziel und Kompetenzerwerb: Vorrangiges Studienziel ist die Vermittlung chemie-spezifischer Kenntnisse, Konzepte und Kompetenzen. Die fachspezifischen Kompetenzen sind nicht für jeden Themenblock einzeln aufgeführt. Beispielfhaft (Beispiel: Koordinationschemie) sei hier aufgeführt, wie der angestrebte Kompetenzerwerb aussehen kann:

Im Rahmen des Praktikums erwerben die Studierenden die Kompetenz zur Beurteilung von Synthesestrategien unter Einbeziehung gezielter Literaturrecherche. Sie erlernen den Einsatz anspruchsvoller präparativer Methoden, die bei der mehrstufigen Synthese metallorganischer und koordinationschemischer Produkte eingesetzt werden. Sie sind in der Lage, die Synthesziele durch Reinigung, Reinheitskontrolle und Strukturnachweis zu erreichen und die Produkte anhand spektroskopischer Methoden zu charakterisieren. Die Studierenden erlernen den sorgfältigen Umgang mit kleinen Substanzmengen und können Verfahren der nasschemischen Trennung sicher anwenden.

SCHLUSSBEMERKUNG

Diese sechs Punkte bittet die Studienkommission besonders zu beachten. Die erarbeiteten inhaltlichen Charakteristika finden sich im Hauptteil dieser Publikation. Über die detaillierten, inhaltlichen Charakteristika hinaus gibt es selbstverständlich auch *allgemeine, fachspezifische* Kompetenzen, deren erfolgreiche Vermittlung Qualitätskriterium für die Bachelor-Studiengänge Chemie ist. Hier folgt die Kommission den „Fachspezifisch ergänzenden Hinweisen“ des Fachausschuss Chemie/Technische Chemie der ASIIN (Stand 9.12.2011)⁴ bzw. den Empfehlungen zum Eurobachelor⁵ (siehe Kasten).

Allgemeiner fachspezifischer Kompetenzerwerb

- nach dem Bachelor-Studium Chemie haben die AbsolventInnen mathematische, physikalische und biologische Grundkenntnisse
- nach dem Bachelor-Studium Chemie haben die AbsolventInnen fundierte Kenntnisse in Anorganischer, Analytischer, Organischer, Physikalischer und Theoretischer Chemie sowie in weiteren Fachgebieten wie Biochemie, Makromolekulare Chemie oder Technische Chemie
- sie können in einem zeitgemäßen, chemischen Labor experimentieren und gehen dazu mit Apparaturen und Chemikalien sinnvoll und sicherheitsbewusst um
- sie haben Stoff- und Methodenkompetenz erworben, die als Basis des wissenschaftlich vertieften Master-Studiums und eigenständigem Forschens während einer Promotion dient
- das Bachelor-Studium gibt die Möglichkeit zum Erwerb interdisziplinärer Fertigkeiten
- das Bachelor-Studium Chemie befähigt Studierende, Beobachtungen zu machen und zu beschreiben, Daten zu sammeln und zu interpretieren sowie Problemstellungen zu bearbeiten, zu Lösungen zu gelangen und diese sachgerecht darzustellen
- es befördert die Fähigkeiten zur Kommunikation, Verantwortungsübernahme und Arbeiten im Team
- grundsätzlich werden im Bachelor-Studium Chemie Inhalte in größeren wissenschaftlichen, praxisbezogenen und gesellschaftlichen Kontext gestellt, so dass mit dem Bachelor-Abschluss ein Wechsel in das Master-Studium, in das Berufsleben oder in ein nicht-chemisches weiterführendes Studium möglich ist
- nach dem Bachelor-Studium Chemie haben die AbsolventInnen Kenntnisse in einem oder mehreren nichtchemischen Spezialgebieten erworben

2 Kerncurriculum des Bachelor-Studiums Chemie

(Umfang ca. vier Semester, optionale Inhalte für zwei weitere Semester kursiv bzw. in Kapitel 3)

2.1 ALLGEMEINE CHEMIE

KONZEPT:

Es werden die allgemeinen Grundlagen und Konzepte der Chemie vermittelt, die für das Verständnis der weiterführenden Studieninhalte benötigt werden. Dafür werden Grundprinzipien und chemische Grundgrößen besprochen. Der Atombau und die wichtigsten Verbindungs- und Reaktionstypen werden besprochen. Bereits vorhandenes Schulwissen wird vertieft und ergänzt.

KERNINHALTE:

Grundprinzipien der Chemie: Stoffsystematik, spezifische Eigenschaften, Stoffumwandlung, Zustandsänderung, Aggregatzustände, Stoffe und Stofftrennung, chemische Grundgesetze, Energieumsatz chemischer Reaktionen, Elemente, Verbindungen, Moleküle

Chemische Grundgrößen, chemisches Gleichgewicht: Elementarteilchen, Atommasse, Konzentration und Gehalt, Gleichgewichtskonstante, freie Reaktionsenthalpie, Reaktionsgeschwindigkeit

Atombau: Welle-Teilchen-Dualismus des Photons, Quantelung der Energie, historische Atommodelle, Schrödinger-Gleichung, Atomorbitale, Quantenzahlen, Elektronenkonfiguration, Atomradius, Ionenradius, Ionisierungsenergie, Elektronenaffinität, Elektronegativität

Periodensystem der Elemente: Nomenklatur, Trends, periodische Eigenschaften

Verbindungsklassen: Metallbindung (Metallcharakter, metallische Eigenschaften, Drude-Modell, Bändermodell im Direktraum, Leitfähigkeit, Kugelpackungen), ionische Bindung (Polarität, Ionenbildung, Gitterenergie (Born-Haber-Kreisprozess), Strukturtypen von Ionenverbänden, Solvatation), kovalente Bindung (VB-Theorie, MO-Theorie, Lewis-Formeln, σ -, π -Bindung, Bindungsordnung, Hybridisierung), dative (koordinative) Bindung

Reaktionstypen: Säure-Base-Konzepte (Brønsted, Lewis, Autoprotolyse, pH-Wert, Säure- und Basenkonstanten, Titration von Säuren und Basen, Puffersysteme), Re-

doxreaktionen (Oxidation, Reduktion, Redox-Gleichungen, Elektrolyse-Zelle, Galvanisches Element, Elektromotorische Kraft, Standardpotentiale, Nernstsche Gleichung), Komplexbildungsreaktionen, Fällungsreaktion (Löslichkeitsprodukt, Löslichkeit), Gleichgewichte, Gleichgewichtskonstante, freie Reaktionsenthalpie, Ionenaktivität

Magnetismus: Paramagnetismus, Diamagnetismus

Optionale Inhalte:

Atombau: atomare Terme

Magnetismus: Ferro-/Ferri-/Antiferromagnetismus

PRAKTIKUM:

Die Grundlagen des chemischen Arbeitens werden am Beispiel von analytischen und präparativen Fragestellungen erlernt. Dazu gehören Säure-Base-Reaktionen, Komplexometrie, Fällungsreaktionen, Gravimetrie und Redoxreaktionen. Weiterhin vermittelt werden Kenntnisse zum Verhalten im Labor, der Laborsicherheit sowie grundlegende Auswertemethoden. [Vgl. 2.2]

2.2 GRUNDLAGEN EXPERIMENTELLEN ARBEITENS

ARBEITEN IM LABOR

KONZEPT:

Praktikumseinheit, die beispielsweise begleitend zur Allgemeinen Chemie am Anfang des Studiums angeboten werden kann, um grundlegende Arbeitstechniken zu vermitteln, so dass anschließend der Einstieg in alle anderen Praktika möglich ist.

INHALTE:

Übertragung einer allgemeinen Synthesevorschrift in konkreten Laboratoriumsansatz vorgegebenen Maßstabs; Zeitplanung

Durchführung von Reaktionen im Makro-, Halbmikro- und Mikromaßstab

Reaktionsumsatz im „Batch“ Verfahren unter Erhitzen oder Kühlen

Gleichgewichtsverschiebung, kontinuierliche Extraktion

Grundoperationen: Filtrieren, Zentrifugieren, Extrahieren

Ausgangsmaterialien oder Produkte reinigen durch

- Destillation bei Normaldruck und im Vakuum
- Umkristallisation
- Chromatographische Trennung (Säulen/Flash/präp. DC)
- Sublimation

Trocknen und Entgasen von Lösemitteln, Reaktionsdurchführung unter Wasser- und/oder Sauerstoffausschluss

Mehrstufige Reaktionen

Optionale Inhalte:

Spezielle Techniken: kontinuierliche Reaktionsführung im Mikroreaktor, photochemische Reaktion, Feststoffreaktion, Autoklavenreaktion

INSTRUMENTELLE (PHYSIKALISCH-CHEMISCHE) METHODEN

KONZEPT:

Versuche zur Thermodynamik, Elektrochemie, Kinetik, Struktur der Materie und Spektroskopie, Mikroskopie, Grenzflächenchemie sowie computergestützte Simulationen werden durchgeführt. Grundlegende physikalisch-chemische Arbeitstechniken und moderne Verfahren werden vermittelt.

INHALTE (Beispiele):

Gaskinetik/Transportphänomene: Diffusion, Viskosität (Molmassenbestimmung)

Thermodynamik: Dampfdruck von Flüssigkeiten, spezifische Wärme, Entropie, Zustandsgleichungen, Hess'scher Wärmesatz, Mischphasenthermodynamik

Grenzflächen: Adsorption, Grenzflächenspannung, Gleichgewichte an Membranen

Elektrochemie: Ionentransport, Leitfähigkeit von Elektrolytlösungen, Überführungszahlen, EMK, Aktivitätskoeffizienten

Kinetik: Kinetik 1. Ordnung, Arrhenius-Gesetz, Kinetik mit gekoppeltem Gleichgewicht, Bestimmung von Teilordnungen, Einfluss der Ionenstärke

Struktur der Materie: Elektrische und magnetische Eigenschaften von Flüssigkeiten, Dipolmoment, magnetische Suszeptibilität, Rotations-Schwingungsspektroskopie, Elektronen-Schwingungsspektroskopie, Grundlagen der Computerchemie, computergestützte Simulationen

Grundlegende Auswertemethoden, Fehlerrechnung, Charakteristische Grenzen („Konfidenzintervall“), Einführung in Computerprogramme (z.B. Excel, Origin, Mathcad)

2.3 ANORGANISCHE UND ORGANISCHE STOFFCHEMIE

KONZEPT:

Die vielfältige organische und anorganische Chemie der Nichtmetalle und Metalle sowie ihrer Verbindungen wird unter Vermittlung von Stoffwissen und chemischen Konzepten so dargestellt, dass Zusammenhänge (Ähnlichkeiten im Periodensystem, typische Eigenschaften von Klassen organischer Substanzen) erkennbar werden und verwendet werden können, um diese und weitere Besonderheiten chemischer Substanzen und Reaktionen zu verstehen.

KERNINHALTE:

Vorkommen, Modifikationen, Darstellungsverfahren, physikalische und chemische Eigenschaften sowie Verwendung von chemischen Elementen

Reaktivitäten und Synthesemethoden von typischen Verbindungsklassen, z.B. Alkanen, Alkenen, Alkinen, Halogenalkanen, Aromaten, Heteroaromaten, Alkoholen, Ethern, Thiolen, Thioethern, Aminen, Carbonylverbindungen, cyclischen Verbindungen, Aminosäuren, Peptiden, Kohlehydraten, Nucleinsäuren, Proteinen, Naturstoffen, Farbstoffen, Lipiden, Polymeren, Halogeniden, Chalkogeniden, binären Verbindungen der 13.-15. Gruppe, Hydriden

Bindungstypen und -charakteristika in anorganischen und organischen Substanzen (kovalente, metallische, ionische, koordinative Bindung, Hybridisierungsmodell [Vgl. 2.1], Mehrzentren-Bindung, konjugierte Bindungssysteme, Delokalisierung, Mesomerie, Aromatizität), Nomenklatur, Bindungsgeometrie und typische Strukturelemente, Funktionelle Gruppen und Stoffklassen, Stereochemie (Konstitution, Konfiguration, Konformation, Isomerie-Stammbaum, Stereoisomere (Enantiomere, Diastereomere, optische Aktivität, absolute und relative Konfiguration (inkl. Nomenklatur)), Abgangsgruppen, Nucleophile, Elektrophile, Basizität

Optionale Inhalte:

Intermetallische Verbindungen, Supramolekulare Chemie, Bioorganische Chemie, Bioanorganische Chemie

PRAKTIKUM:

Präparative anorganische und organische Chemie.

Praktikumsversuche zu Reaktionen in/aus Lösung (Komplexbildung, Säure-Base-Reaktionen, Fällungsreaktionen, Redoxreaktionen [Vgl. 2.1]), Praktikumsversuche zu exothermen irreversiblen Reaktionen, Gleichgewichtsverschiebung (z.B. Wasserabscheider), Säure- oder Basenkatalyse, Metallkatalyse

Typische Reaktionen wichtiger Stoffklassen: Radikalkettenreaktionen, nucleophile Substitution, Eliminierung, Addition, aromatische Substitution, Carbonylreaktionen, stereoselektive/stereospezifische Reaktionen, Umlagerungen, orbitalkontrollierte Reaktionen

Arbeiten im Vakuum, unter Schutzgas und bei tiefen Temperaturen

Herstellung und Nutzung von Organometallverbindungen (z.B. Grignard)

mehrstufige Reaktionen

Anwendung der UV/VIS-, IR-, MS- und NMR-Spektroskopie auf Praktikumspräparate

Optionale Inhalte:

Organokatalyse, Hochtemperatur-Präparation aus Schmelzen und im Festkörper, Tiegelmaterialien, Arbeiten mit Gasen und kondensierten Gasen, Verwendung von Schutzgruppen

2.4 CHARAKTERISIERUNG STOFFLICHER SYSTEME

KONZEPT:

Basierend auf Kapitel 2.3 werden verschiedene Charakterisierungstechniken zur Analyse von anorganischen und organischen Substanzen und zur Aufklärung von Molekül- und Festkörperstrukturen eingesetzt; die Methoden werden zur Reinheitsüberprüfung, Gemischanalyse und Strukturaufklärung kombiniert.

KERNINHALTE:

Massenspektrometrie: Fragmentierungsmechanismen organischer Verbindungen (z.B. alpha-Spaltung, McLafferty)

Molekülspektroskopie: IR, UV-VIS; Strukturabhängigkeit der Bandenlage, Symmetrie [Vgl. 2.10, 2.12]

NMR-Spektroskopie: Spektrenparameter ^1H und ^{13}C (Anzahl Signale, chemische Verschiebung, Integrale, Multiplizität, Kopplungskonstanten) und deren Strukturabhängigkeit (inkl. räumliche Struktur), Symmetrie und Topizität, Linienbreite und Dynamik

Beugungsmethoden: Translationssymmetrie, Elementarzellenkonzept, Punkt- und Raumgruppen, Beugung am Gitter, Röntgenstrahlung [Vgl. 3.1]

Optionale Inhalte:

Massenspektrometrie: Detektion, Kopplungstechniken

Molekülspektroskopie: Raman

NMR-Spektroskopie: Grundlagen der Auswertung mehrdimensionaler NMR-Spektren (COSY, HS/MQC, HMBC, NOESY, TOCSY)

Beugungsmethoden: Elektronen- und Neutronenstrahlung, reziprokes Gitter, Strukturbestimmung und -verfeinerung, Strukturbeschreibung

Mikroskopie: Optische Mikroskopie, Raster- und Transmissionselektronenmikroskopie, Kopplung zur energiedispersiven Röntgenspektroskopie und Elektronenenergieverlustspektroskopie

Elektronenspinzustände: Magnetismus (Magnetwaagen und Magnetometer, Feld- und Temperaturabhängigkeit des magnetischen Momentes), Mößbauerspektroskopie und ESR-Spektroskopie

Verschiedenes: Datenbanken, Spektrenbibliotheken, Programmpakete zur Strukturbestimmung

PRAKTIKUM:

Auswertung von Datensätzen: z.B. Vermessung einer Substanz mit verschiedenen Methoden mit dem Ziel der Strukturaufklärung aus der Kombination der Informationen

Interpretation von Spektren der Syntheseprodukte aus Praktika der organischen und anorganischen Chemie, Relevanz der Methode für die Fragestellung

Optionale Inhalte:

Aufnahme entsprechender Spektren bekannter und unbekannter Verbindungen (NMR, IR, MS) zum Zwecke der Strukturaufklärung. Vollständige Zuordnung aller relevanten Banden (IR), Fragmente (MS), Reflexe (Röntgenstrukturanalyse) und Signale (NMR)

2.5 ANALYTISCHE CHEMIE

KONZEPT:

In der Analytischen Chemie stehen der analytische Prozess, insbesondere die Quantifizierung und Identifizierung sowie Methoden der instrumentellen Analytik im Mittelpunkt (angepasst an die Vor-Ort-Schwerpunkte). Die Beurteilung des gesamten analytischen Prozesses und der Leistungsfähigkeit der Methoden wird anhand z. B. von Selektivität und Validierung an Beispielen aus Wissenschaft und Gesellschaft erlernt und im Praktikum vertieft. Ziel ist der Erwerb von grundlegenden Kenntnissen und Fähigkeiten der Analytischen Chemie sowie die selbstständige Bearbeitung analytischer Fragen mit der problemorientierten Auswahl geeigneter Verfahren.

KERNINHALTE:

Analytischer Gesamtprozess, Grundgedanke, Fragestellung, Grundbegriffe: Analytisches Problem von der Probennahme bis zur Auswertung (analytischer Prozess, Untersuchungsobjekt, Analysenprinzip, Analysenmethode, Plausibilitätskontrolle der analytischen Informationen, Experiment und Bewertung, Problem der geringen Menge, Miniaturisierung, Konzentrationsbereiche, Validierung, Qualitätssicherung)

Begriffe der quantitativen Analytik (Empfindlichkeit, Nachweisgrenze, Detektionsgrenze, Bestimmungsgrenze [Vgl. 2.2], Selektivität/ Spezifität, Auflösung, Reproduzierbarkeit, Signaltypen, Rauschen)

Probenahme und Probenvorbereitung bei Gasen, Flüssigkeiten und Festkörpern

Trenn- und Anreicherungsverfahren: Aufschlussverfahren, Extraktionsverfahren, Spurenanreicherung, Matrixeffekte, GC, HPLC, DC

Bestimmungsmethoden: Gravimetrie, Maßanalyse, Elektroanalytische Verfahren (Leitfähigkeit, Potentiometrie), Molekülspektroskopie (UV-VIS, Fluoreszenz, IR, Raman), Massenspektrometrie (Aufbau, Ionisierung, Fragmentierung, Detektion, Kopplungstechniken; (LA) ICP MS, (D)ESI MS) [Vgl. 2.4], Atomspektroskopie (AAS, AES, ICP)

Chemometrie: Versuchsplanung, Statistische Bewertung von Daten, Modellierung, Datenanalyse, Kalibrierverfahren, kleinste Fehlerquadrate, lineare Regression, Vertrauensbereich aus univariater Modellierung, Korrelationskoeffizient, Regressionskoeffizient

Optionale Inhalte:

Identifizierung und Quantifizierung in verschiedenen Matrices

Trenn- und Anreicherungsverfahren: IC, CE, SFC

Bestimmungsmethoden: Voltammetrie, Cyclovoltammetrie, Polarographie, Massenspektrometrie: TIMS, SIMS, MALDI

Atomspektroskopie: XRF

Bioanalytik (Assaytypen, Affinitäten, Gelelektrophorese, Polymerase-Kettenreaktion)

Sensorik (Optische Sensoren, elektrochemische Sensoren)

Radioanalytische Methoden (alpha, beta, gamma Spektroskopie)

Chemometrie: Objekte, Muster, Merkmale, Polardiagramm, Clusteranalyse, Hauptkomponentenanalyse

PRAKTIKUM:

Versuche aus den Bereichen der qualitativen und quantitativen Analyse, insbesondere zu Probenvorbereitung, Trennverfahren, Spektroskopie/Spektrometrie und Elektroanalytik

2.6 KOORDINATIONSCHEMIE

KONZEPT:

Es werden grundlegende Kenntnisse der Koordinationschemie und der metallorganischen Chemie vermittelt. Verschiedene Modelle zur Erklärung der Struktur, Stabilität und Reaktivität von metallorganischen und Komplex-Verbindungen werden vorgestellt. Des Weiteren werden Synthesewege und Reaktionsverhalten besprochen, um diese im Labor selbstständig einsetzen zu können. Einsatzgebiete der Komplexe in z. B. der chemischen Synthese, Katalyse etc. werden diskutiert.

KERNINHALTE:

Räumlicher Aufbau von Koordinationsverbindungen (Koordinationszahlen und Polyeder)

Isomeriearten (Konstitutionsisomere, *cis/trans*, *fac/mer*, Enantiomere, ambidente Liganden). Thermodynamik (Beständigkeitskonstanten, Speziesverteilung, Chelateffekt) und Kinetik (inerte und labile Komplexe, assoziative und dissoziative Ligandsubstitution) von Komplexbildungsreaktionen

Eigenschaften von Liganden (Modulation von Acidität und Elektrophilie) Bindungsmodelle: MO-Schema eines oktaedrischen Komplexes, Kristallfeldmodell als Beschreibung des Grenzoritalbereichs, Jahn-Teller-Verzerrung, Paramagnetische und diamagnetische Komplexe

Stark- und Schwachfeldliganden, σ -Donor-, π -Donor- und π -Akzeptorliganden, spektrochemische Reihe, Metallbeitrag zur Feldaufspaltung, Spinzustände (high-, low-spin). Starkfeldliganden: Carbonyl-, Nitrosyl- und Cyanido-Komplexe, 18-e-Regel, spektroskopische Auswahlregeln

Optionale Inhalte:

inner- und outer-sphere Redoxreaktionen

Elektronenspektrum und Elektronenstruktur

Spin-only-Formel, ferro- und antiferromagnetische Spinkopplung, Superaustausch

Spin-Crossover

Metall-Metall-Bindungen, Cluster, Isolobalbeziehung

Grundtypen organometallchemischer Liganden, (Halb-)Sandwich-Verbindungen, Elementarschritte der Organometallchemie (oxidative Addition, reduktive Eliminierung, nukleophiler Angriff auf den Liganden („Insertion“), β -H-Eliminierung)

PRAKTIKUM:

Synthese, Substanzcharakterisierung und Strukturaufklärung anhand klassischer und moderner Methoden wie z.B. UV/VIS-, NMR- und IR-Spektroskopie [Vgl. 2.4], Literaturrecherche und Einführung in den Umgang mit online-Datenbanken, Syntheseplanung, spezielle Substanzklassen aus den Bereichen der metallorganischen und der Koordinationschemie

Optionale Inhalte:

Schutzgastechniken (Schlenktechnik) [Vgl. 3.1]

2.7 KINETIK UND TRANSPORTPHÄNOMENE

KONZEPT:

Dieser Themenblock vermittelt die Grundlagen und Konzepte zur physikalisch-chemischen Beschreibung der Kinetik chemischer Reaktionen und Prozesse sowie komplexer Transportprozesse, wie sie für die Analyse und Modellierung chemischer Reaktionen erforderlich sind. Die chemische Kinetik beschäftigt sich mit dem Umsatz, der Geschwindigkeitskonstanten, der Reaktionsordnung, der Struktur von Zwischenstufen und dem Mechanismus einer Reaktion. Des Weiteren werden die Einflüsse der Temperatur, des Drucks, des Lösungsmittels und von Katalysatoren untersucht.

KERNINHALTE:

Transportphänomene: Allgemeine Transportgleichung, Diffusion, Viskosität, Wärmeleitung, Ionen-transport in Elektrolytlösungen

Leitfähigkeit [Vgl. 2.8]: Äquivalentleitfähigkeit, Kohlrausch-Gesetze, Ostwaldsches Verdünnungsgesetz, starke/schwache Elektrolyte, Überführungszahl, Ionenstärke, Relaxations- und elektrophoretischer Effekt, Debye-Hückel-Theorie

Grundgedanken zur chemischen Kinetik: Bedeutung der Reaktionskoordinate, Zusammenhänge Reaktionskoordinaten, Mechanismus und Umsatz, parallele und konsekutive Reaktionen

Formale Kinetik: Zeitgesetze (Differentialgleichungen), Elementarreaktionen, Molekularität, Reaktionsordnung, lineare Abhängigkeiten von Teilschritten

Beispiele für verschiedene Reaktionsordnungen: Einfache Reaktionen, Gleichgewichtsreaktionen, Folgereaktionen, Katalyse

Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit: Arrhenius, Stoßtheorie, Lewis und Eyring, Unterschiede von Reaktionen in Gasen und Flüssigkeiten, Diffusion, langsame und diffusionskontrollierte Reaktionen, thermodynamische/kinetische Kontrolle, Übergangszustand

Energetik: Potentialhyperfläche, Übergangszustand

Spezielle Reaktionen: Photoreaktionen, Explosion, Kettenreaktionen (radikalisch, etc.), Knallgas, Katalyse

Methoden zur Beobachtung von Reaktionen: Spektroskopie, Stopped-Flow, Blitzlichtphotolyse, Relaxationsmethoden, Molekularstrahlen

Elektrodenkinetik [Vgl. 2.8]: Starre und diffuse Doppelschichten, Doppelschichtkapazität, Durchtritts- und Diffusionsüberspannung

Optionale Inhalte:

Leitfähigkeit: Waldensche Regel

Grundgedanken zur chemischen Kinetik: Zusammenhang mit Thermodynamik und statistischer Thermodynamik

Beispiele für verschiedene Reaktionsordnungen: Enzymkinetik (Michaelis-Menten)

Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit: Betrachtung über statistische Thermodynamik

Energetik: Beschreibung durch Molecular Dynamics, kinetische Isotopieeffekte, Elektronentransferprozesse, Marcus-Theorie

Biochemische Reaktionen: Enzymkinetiken, Affinitätsreaktionen

Kinetik im Flusssystem: Nicht-Batch-Prozesse, Pharmakodynamik, Kompartimentmodell

Vgl. auch: Deutsche Bunsen-Gesellschaft für physikalische Chemie, geplantes Papier zu den Inhalten für Bachelor- und Masterstudiengänge im Bereich der Physikalischen Chemie

2.8 PHÄNOMENOLOGISCHE THERMODYNAMIK / ELEKTROCHEMIE

KONZEPT PHÄNOMENOLOGISCHE THERMODYNAMIK:

Die Grundlagen und Konzepte zur physikalisch-chemischen Beschreibung makroskopischer Zustände und chemischer Prozesse werden vermittelt. Durch Verknüpfung der im Themenblock „Allgemeine Chemie“ gesammelten Erkenntnisse zur chemischen Bindung und Reaktivität soll eine quantitative Beschreibung zur Bilanzierung und Vorhersage von Stoff- und Energieumsätzen entwickelt werden. Die praktische Bedeutung für die Chemie liegt in der Möglichkeit, aufgrund von Messdaten Energieänderungen und damit verknüpfte Gleichgewichtsänderungen bei Phasenumwandlungen und chemischen Reaktionen berechnen und vorhersagen zu können.

KERNINHALTE:

Aggregatzustände und zwischenmolekulare Wechselwirkung, ideale und reale Gase, kinetische Gastheorie, Flüssigkeiten und Festkörper

Grundgleichungen der Thermodynamik, Zustandsgrößen, Hauptsätze, thermodynamische Potenziale, innere Energie und Enthalpie, Wärmekapazitäten, Entropie, Gibbs-Energie und Helmholtz-Energie, Fundamentalgleichungen, Thermochemie, Kalorimetrie

Phasenübergänge, Phasengleichgewichte, Mischphasen (partielle molare Größen, chemisches Potenzial, Raoult'sches und Henry'sches Gesetz, Mischungsgrößen, Phasendiagramme)

Kolligative Eigenschaften, Osmose, chemisches Gleichgewicht (Gleichgewichtskonstante, Temperatur- und Druckabhängigkeit, Standardzustände)

Oberflächenspannung, Grenzflächenerscheinungen, Adsorptionsphänomene an Festkörpern

Optionale Inhalte:

Oberflächenfilme, Kolloide

KONZEPT ELEKTROCHEMIE:

Beim Lösen von Salzen in wässrigen oder nicht wässrigen Lösungsmitteln entstehen durch vollständige oder partielle Dissoziation geladene Teilchen. Das Auftreten geladener Teilchen führt zu neuen Phänomenen, die dem Gebiet der Elektrochemie zugeordnet sind. Die Elektrochemie beschreibt Redoxvorgänge an der Phasengrenze zwischen einem Elektronenleiter (Elektrode) und einem Ionenleiter (Elektrolyt) und ist Grundlage zahlreicher analytischer und technischer Anwendungen.

KERNINHALTE:

Gleichgewichts-Elektrochemie: elektrochemisches Potential der Phase, Halbzelle, Galvani-Spannung, Zelle, Zell-Spannung, Zellreaktionen, Elektromotorische Kraft, Elektrolyse, Standard-Reduktions-Spannungsreihe, Stockholm-Konvention, Zusammenhang mit der thermodynamischen Gleichgewichtskonstante, Doppelzelle nach Helmholtz, Messung der EMK, Temperatur- und Druckabhängigkeit

Elektrodentypen, Standard-Elektroden-Potenziale, Diffusionspotenzial, Konzentrationsketten

Bestimmung von Standard-Potenzialen, Aktivitätskoeffizienten, Überführungszahlen, pH-Wert-Messung (mit Kombinationselektroden, Einfluss der Ionenstärke)

Technische Zellen: Daniell-Element, Akkus, Batterien, Lokalelemente

Unter Stromfluss: Überspannung, Durchtritts- und Diffusions-Überspannung

Doppelschichten: starre, diffuse (Helmholtz, Guy-Chapman, Stern, Nernst)

Doppelschichtkapazität, Poisson-Gleichung, Zeta-Potential, Überführungszahl

Ionenleiter, Ionentransport in Elektrolytlösungen, Debye-Hückel-Theorie

Optionale Inhalte:

Reizleitung in Nervenzellen,

Elektrokinetische Effekte, Elektrokapillarität, Elektroosmose, Korrosion

Polarographie, Voltammetrie, Impedanz

PRAKTIKUM:

EMK-Messung, Leitfähigkeitsmessung, Überführungszahl

2.9 QUANTENCHEMIE

KONZEPT:

Die Quantenchemie ist die Anwendung der Quantenmechanik auf chemische Probleme. Gelehrt werden die Axiome der Quantenmechanik an Hand exakt lösbarer Systeme, das Wasserstoffatom als Grundlage der Atomorbitale, der Aufbau von Wellenfunktionen für Vielelektronensysteme und der Aufbau von Molekülorbitalen. Die optionalen Inhalte sind zahlreich, da der Anteil der Quantenchemie im Curriculum stark schwankt.

KERNINHALTE:

Postulate der Quantenmechanik, Bedeutung Wellenfunktion und ihres Betragsquadrates; Observablen und die zugehörigen linearen, hermiteschen Operatoren; Eigenwertgleichung vs. Erwartungswert; die Heisenberg'sche Unschärferelation, Varianz und Standardabweichung nicht-kommutierender Operatoren; zeitabhängige Schrödinger-Gleichung, Superposition von Zuständen

Lösungen Schrödinger-Gleichung exakt lösbarer quantenmechanischer Systeme: Teilchen im Kasten, harmonischer Oszillator, starrer Rotator, [vgl. 2.12] Wasserstoffatom

Vielelektronensysteme: Spin, Raum- und Spinorbitale; Pauli-Prinzip; Determinanten als einfachste Mehrelektronenwellenfunktion; Paardichten; Energie- und Eigenschaftserwartungswerte von Determinanten, Multiplizitäten

Matrixelemente unterschiedlicher Determinanten (Übergangsdipolmomente optischer Spektroskopie, Biradikale, Singulett-Triplett-Aufspaltung)

Basissatzentwicklung zur näherungsweise Lösung der Schrödinger-Gleichung: LCAO-Ansatz, Variationsprinzip im Rahmen der Hartree-Fock-Theorie. Entstehende Fehler und ihre Korrekturen durch Linearkombination von Determinanten (CI), Elektronenkorrelation

Aufbau MOs aus Fragmentorbitalen: linearer, gewinkelter dreiatomiger Moleküle; komplexer Moleküle (Kohlenwasserstoffe, Formaldehyd): delokalisierte vs. lokalisierte MOs, Photoelektronenspektroskopie, Hückel-Theorie

Optionale Inhalte:

Die chemische Bindung: H_2^+ -Molekül-Ion (Ruedenberg-Bild) im Rahmen des LCAO-Ansatzes: Das reduzierte Resonanzintegral; quasi-klassisch vs. quantenmechanisch; potentielle vs. kinetische Beiträge; Einfluss der Hybridisierung; Unterschiede zwischen dem H_2^+ - und dem H_2 -Molekül

Orbitalkorrelationendiagramme: Woodward-Hoffmann, Walshdiagramme, Grenzfälle kovalenter und ionogener Bindung, Veränderungen Orbitalenergien und resultierende Trends, als Beispiel für Reaktionsdiagramme

Vielelektronensysteme: jj , Russel-Saunders-Kopplung, Elektronenkorrelation

Vertiefte Einblicke in quantenchemische Methoden: Hartree-Fock (HF), Dichtefunktional-Theorie (DFT), Configuration Interaction (CI), Coupled Cluster (CC), grundlegende Aspekte der Molekulardynamik, Second Quantization Formalismus

Überführung der Schrödinger-Gleichung in eine Matrixgleichung; Operator- vs. Matrixeigenschaften

THEORETIKUM:

Computational Chemistry: Anwendungsrechnungen mit Hilfe bestehender Programmpakete

2.10 SYMMETRIE

KONZEPT:

Die Bedeutung der Symmetrie für die Eigenschaften von Molekülen und Festkörpern wird dargestellt und die mathematische Behandlung von Symmetrieeoperationen wird geübt.

INHALTE:

Symmetrieelemente, Vertauschungsrelation der Symmetrieeoperationen mit Hamiltonoperator, Symmetrieeoperationen und ihre mathematische Durchführung, Produkte von Symmetrieeoperationen, Begriff der Gruppen und Klassen, Anwendung auf Symmetrieeoperationen, Punkt-, Symmetriegruppen, Schönflies-Symbole, welche Gruppen existieren, Bestimmung der Punktgruppe eines Moleküls [Vgl. 3.1], Darstellung der Gruppen, Multiplikationstabellen, reduzible und irreduzible Darstellungen einer Gruppe, Eigenschaften von Darstellungen

Charaktertafeln, Bedeutung, Inhalt, Diskussion Mulliken-Symbole

Projektionsoperatoren zur Erzeugung der symmetrieadaptierten Wellenfunktionen

Aufbau symmetrieadaptierter Molekülorbitale, Vergleich zu lokalisierten Molekülorbitalen (z.B. sp^3 -Hybridisierung vs. symmetrieadaptierter MOs für Methan), Diskussion an Hand von Photoelektronenspektroskopie, Symmetrie als Grundlage der Auswahlregeln in der Spektroskopie: mathematische Grundlage, Schwingungen (Normalmoden), IR-/Raman-Auswahlregeln, UV/VIS-Auswahlregeln

Anwendung Symmetrie auf Kristallstrukturen

2.11 REAKTIONSMECHANISMEN / REAKTIVE ZWISCHENSTUFEN

KONZEPT:

Der Themenblock vermittelt grundlegende Prinzipien der anorganischen, metallorganischen und organischen Reaktionsmechanismen anhand ausgewählter Beispiele [Vgl. 2.3]. Die Herstellung, Stabilität und Reaktivität der wichtigsten Reaktionsintermediate (Radikale, Carbenium-Ionen, Carbanionen, Carbene) werden an Beispielen diskutiert. Aus den elektronischen und sterischen Effekten der Molekülstruktur, der Elektrophilie bzw. Nucleophilie von Reaktanden und den Reaktionsbedingungen gelingt es, relative Reaktivitäten und begünstigte Reaktionswege vorherzusagen. Auf der Basis dieser Grundlagen wird die Formulierung von Reaktionsmechanismen geübt, die in der Syntheseplanung neuer Verbindungen Anwendung finden.

KERNINHALTE:

Mechanismus chemischer Reaktionen, Reaktionsenergiediagramme, Aktivierungsparameter anorganischer, organischer und metallorganischer Reaktionen

Elektronenübertragungsreaktionen

Radikale (Herstellung, Struktur, Stabilität, Reaktionen), Carbenium-Ionen (Herstellung, Struktur, Stabilität, Reaktionen), Carbanionen (Herstellung, Struktur, Stabilität, Reaktionen), Carben, Nitren, Konjugation

Abfang von Zwischenstufen, Hammond Postulat, grundlegende stereoelektronische Konzepte mit Orbitaldarstellung

Radikalkettenreaktionen, nucleophile Substitution, elektrophile Addition, Eliminierung, aromatische Substitution (elektrophil und nucleophil), Carbonylreaktionen (inkl. Enol(ate)), Oxidation und Reduktion, pericyclische Reaktionen, einige wichtige Umlagerungen

Optionale Inhalte:

Grundlegende Reaktionen metallorganischer Verbindungen: Substitution, oxidative Addition, reduktive Eliminierung, Intermolekulare Insertionsreaktionen, Intramolekulare Insertionsreaktion, Reaktionen am Liganden, [vgl. 2.6]

Isotopenmarkierung, zeitaufgelöste Spektroskopie

PRAKTIKUM:

Das erlernte mechanistische Verständnis zum Reaktionsverhalten der wichtigsten Zwischenstufen wird in mehrstufigen Synthesen praktisch angewendet. Dabei stehen Synthesen, die über Konkurrenzreaktionen und/oder reaktive Intermediate als Zwischenstufen verlaufen im Vordergrund. Die Studierenden lernen, wie sich über die richtige Reaktionsführung der Verlauf von Synthesen steuern lässt und welche Bedeutung die richtige Isolierung und Reinigung von Zwischenstufen für den weiteren Verlauf von Mehrstufigensynthesen haben.

2.12 GRUNDLAGEN DER MOLEKÜLSPEKTROSKOPIE

KONZEPT:

Die Methoden der Molekülspektroskopie erlauben neben der Identifizierung von Molekülen die Bestimmung von Molekülstrukturen, elektrischen und magnetischen Moleküleigenschaften sowie von Bindungsstärken. Die wichtigsten Grundlagen der spektroskopischen Methoden werden vermittelt [Vgl. 2.4].

KERNINHALTE:

Elektromagnetische Strahlung: Welle-Teilchen-Dualismus, Entstehung von Strahlung, Strahlungsausbreitung, Kohärenz, Interferenz, Spektralbereiche, Wellengleichung, Quantelung, Phase, polarisierte Strahlung

Wechselwirkung Strahlung Materie: Materie im elektrischen Feld, Dielektrikum, Polarisation, Streuung, Absorption, Brechung, Lambert-Beersches-Gesetz

Jablonski-Termschema: Übergangsdipolmomente, Übergangswahrscheinlichkeiten, strahlungslose Desaktivierung, Internal-Conversion, Intersystem-Crossing, Singulett-, Triplett-Zustände, Fluoreszenz, Phosphoreszenz, Lebensdauern der Zustände

Oszillator: reduzierte Masse, Energieeigenwerte aus Schrödinger-Gleichung, Nullpunktenergie, Hermiteische Polynome, Auswahlregeln, Symmetrie, Obertöne, Normal-schwingungen, Bohrsches Korrespondenzprinzip

Rotator: Eigenwerte aus Schrödinger-Gleichung, Entartung, Präzession, Auswahlregeln, Besetzungszahlen

Rotationsschwingungsspektren: Termschema, Spektrum mit PQR-Zweig

Elektronenschwingungsspektren: Born-Oppenheimer-Näherung, Franck-Condon-Prinzip, Intensitäten, Linienbreiten

Ramanspektroskopie: Streuvorgang, virtuelle Energieniveaus, Stokes-, anti-Stokes-Linien

NMR-Spektroskopie: Dauerstrich (CW) und gepulste Anregung, Sättigung, Relaxation, Gleichverteilung, Spin-Gitter und Spin-Spin-Relaxation mit Lebensdauern, chemische Verschiebung, Spin-Spin-Wechselwirkung

Spektrometer: Schematische Anordnung für alle Spektralbereiche

Optionale Inhalte:

Elektromagnetische Strahlung: Nahfeld/Fernfeld

Wechselwirkung Strahlung mit Materie: Reflexion (diffus, gerichtet), Oszillatortheorie mit Dämpfung, Imaginärteil bzw. Phasenabhängigkeit, Phasengeschwindigkeit, Gruppengeschwindigkeit

Teilchen im Kasten: Translationsenergie im Vergleich zum Elektron im Molekül, Energie für Teilchen im Kasten, Nullpunktsenergie, mehrdimensionaler Kasten, Kuhnsches Elektronengasmodell, Plattisches Perimetermodell, Tunneleffekt

NMR-Spektroskopie: chemischer Austausch, 2D NMR

ESR-Spektroskopie

Ergänzungen: Reflexion, Totalreflexion, evaneszentes Feld

Oberflächenspektroskopie, Michelson-Interferometer, Fouriertransformation, moderne Verfahren der Fluoreszenzmikroskopie (STED etc.)

MöBbauerspektroskopie

2.13 MATHEMATIK UND PHYSIK

KONZEPT:

Es sollen die mathematischen Fertigkeiten und physikalischen Prinzipien vermittelt werden, die in der Chemie benötigt werden.

INHALTE MATHEMATIK:

Mengen, Zahlen, komplexe Zahlen, Vektoralgebra, Euklidische Geometrie, Elemente der linearen Algebra, Matrizen, Determinanten, lineare Gleichungssysteme, Symmetriegruppen, Abbildungen und elementare Funktionen, Folgen, unendliche Reihen, Binomialreihe, Fourierreihen, Polynome, Stetigkeit, Differentialrechnung, Taylorreihen, Integralrechnung, mehrdimensionale Differential- und Integralrechnung, Permutationen, gewöhnliche Differentialgleichungen, Eigenwertprobleme, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Fehler- und Ausgleichsrechnung

INHALTE PHYSIK:

Methodik der Physik, Maßeinheiten, Mechanik, Hydrostatik, Hydrodynamik, Schwingungs- und Wellenlehre, Wärmelehre (Thermodynamik), Elektrodynamik, Elektro- und Magnetostatik, Optik, Kern- und Teilchenphysik

PRAKTIKUM PHYSIK:

Ausgewählte Experimente aus den Bereichen Mechanik, Wellen, Thermodynamik, Optik sowie Atom- und Kernphysik.

2.14 TOXIKOLOGIE UND RECHTSKUNDE

KONZEPT TOXIKOLOGIE:

Geltende Vorschriften des Chemikalien- und Gefahrstoffrechtes (Nachweis der Sachkunde gemäß §5 der Chemikalien-Verbotsverordnung) werden vermittelt. Die Studierenden können diese mit anderen Vorschriften sinnvoll in Beziehung setzen und für die Anforderungen der täglichen Praxis beim Umgang mit gefährlichen Stoffen und Zubereitungen anwenden. Man erlernt ferner, die toxischen Wirkungen von Substanzen einzuschätzen und den angemessenen Umgang mit dem Risiko toxischer Verbindungen. Das Grundwissen über die Wirkungsweisen entsprechender Vergiftungen und die Behandlung der Vergiftungen wird vermittelt.

In einem Struktur-Wirkung basierten Ansatz sollten Chemikerinnen und Chemiker nicht nur einen bekannten Giftstoff erkennen und nach den Vorschriften handhaben, sondern bei der Planung und Herstellung neuer, bislang unbekannter Chemikalien und daraus resultierender Produkte Risiken für die Umwelt (Persistenz, Ökotoxizität) erkennen.

INHALTE:

Aufgaben und Definition der Toxikologie; Grundlagen der Toxikologie (Toxikokinetik, Resorption, Distribution, Elimination), Toxikodynamik, Fremdstoffmetabolismus), akut und chronisch toxische Wirkungen ausgewählter Substanzen, Organtoxizität, Umweltgifte, toxikologische Testmethoden (akute und chronische Toxizitätstests, Mutagenität und Cancerogenität); Prüfmethode der Toxikologie, stochastische vs. deterministische Schäden, Risikoermittlung und Risikobewertung (Grenzwerte); Arbeitsschutz

krebserzeugende, erbgutverändernde, fortpflanzungsgefährdende und fruchtschädigende Stoffe; toxische Wirkungen von Atemgiften, Metallen, Lösemitteln, Kunststoffen, polyzyklischen Kohlenwasserstoffen (PAK, Dioxine, PCB), Nitro- und Nitrosoverbindungen, sowie aromatischen Aminen; Biozide und Ökotoxikologie; Vergiftungsbehandlung;

Toxizität von Umweltpartikeln

Fremdstoffmetabolismus

Mutagenese und DNS-Reparatur

Kanzerogenese

Metalle und metallorganische Verbindungen

Rauchen und Passivrauchen

Biogene Gifte

2 Kerncurriculum des Bachelor-Studiums Chemie

KONZEPT RECHTSKUNDE:

Vermittlung wichtiger rechtlicher Aspekte im Hinblick auf die beruflichen Anforderungen an Chemiker in der Arbeitswelt.

INHALTE:

Jeweils geltende deutsche und europarechtliche Vorschriften des Chemikalien- und Gefahrstoffrechtes; Sanktionen bei Rechtsverstößen (Einstufungs-/Kennzeichnungspflichten, Verbote, Erlaubnis- und Anzeigepflichten, Arbeitsschutz)

2.15 GRUNDLAGEN WISSENSCHAFTLICHEN ARBEITENS

KONZEPT:

Die Durchführung von Literaturrecherchen zu naturwissenschaftlichen Themen und die Gestaltung einer Präsentation mit Vortragstechniken werden vermittelt. Zudem erlernt man die wissenschaftliche Diskussion eines vorgetragenen Themas (auch in englischer Sprache).

Ferner erlernt man, komplexe naturwissenschaftliche Zusammenhänge in einem zeitlich begrenzten Rahmen für eine Präsentation aufzubereiten und eine kritische wissenschaftliche Diskussion zu führen und eine solche zu leiten.

In diesem Themenblock werden weiterhin Aspekte zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und Ethik in den Wissenschaften vermittelt.

INHALTE:

Allgemein: Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis (DFG Standard), Ethik der Wissenschaften, Zeitmanagement, wissenschaftliche Methodiken

Aufbau wissenschaftlicher Vorgehensweise: Thema, Motivation, Hypothese, Konzept, Arbeits-/Versuchsplan (Design of Experiment DoE), Ergebnisse, Diskussion, Schlussfolgerung, Ausblick

Recherchieren: Literaturrecherche, Quellen- und Datenrecherche, Sekundärliteratur via Science Finder, Qualitätssicherung insbesondere bei Internetstudien, Lesen wissenschaftlicher Texte, Interpretation wiss. Texte, Fernleihe, Umgang mit wiss. Literatur

Schriftliches Verfassen von wissenschaftlichen Arbeiten: Aufbau, Gliederung und Formatierung einer wiss. Arbeit; Literaturverzeichnis; korrekt zitieren; Schreiben eines wiss. Antrages; Exposee-Erstellung; Erstellung eines Posters; Anfertigen eines Protokolls (inkl. nachvollziehbarer Versuchsbeschreibung); Grundkenntnisse der Betrachtung von Messunsicherheiten (z.B. nach GUM und DIN ISO 11929); Korrektur; Bewertungskriterien für wiss. Arbeit (schriftlicher Form, mündliche Prüfungen / Kolloquien); Grundkenntnisse zur Erstellung von Patenten; wiss. Sprache

Präsentieren: Präsentationsformen; Präsentationsvorbereitung; Phasen und vor allem Inhalte einer Präsentation (Checkliste); Bewertungskriterien eines Vortrages, Diskussion; Nachbereitung; Ziele, Anforderungen und technische Hilfsmittel einer Visualisierung; Sprechtechnik; wiss. Sprache

3 Profilverriculum, optional Bachelor- oder Master-Studium Chemie

3.1 ANORGANISCHE FESTKÖRPERCHEMIE

KONZEPT:

Basierend auf den Grundlagen der Anorganischen und Physikalischen Chemie werden Kenntnisse der Festkörperchemie und der Anwendung physikalischer Methoden zur Analyse [Vgl. 2.4] von Struktur- und Bindungsverhältnissen in anorganischen Verbindungen vermittelt. Die erworbenen Fertigkeiten befähigen zu einem tieferen Verständnis von Zusammenhängen zwischen Struktur, chemischer Bindung und Eigenschaften.

INHALTE:

Festkörpersynthese: Festkörperreaktionen und Kristallisation (Diffusion, Keimbildung und -wachstum, Kristallwachstum, thermische Aktivierung, Mechanochemie, chemische Aktivierung, Precursor-Methoden, Sol-Gel-Verfahren); Kristallisation aus flüssiger Phase (Tiegel- und Ampullenmaterialien, Kristallzucht, Hydro-, Solvothermalsynthesen); Abscheidung aus der Gasphase (physikalische und chemische Gasphasenabscheidung; chemischer Gasphasentransport)

Beschreibung von Kristallstrukturen: Elementarzelle, Translationssymmetrie, Kugelpackungen, Lückenbesetzung, einfache Strukturtypen binärer und ternärer Verbindungen
Zustandsdiagramme, Polymorphie, Phasenumwandlungen, thermische Analyse

Kovalente Bindungen: Strukturen von Halb- und Nichtmetallen, Druck-Koordinationsregel, Druck-Abstands-Paradoxon, Grimm-Sommerfeld-Regel

Ionenkristalle: Born-Haber-Kreisprozess, Gitterenergie, Pauling-Regeln

Partiell- und nichtkristalline Feststoffe: Gläser, mikro-, meso-, nanostrukturierte Materialien, Komposit-Materialien

Elektronische Struktur: Bändertheorie, Bandstruktur, Zustandsdichten

Metalle und Legierungen, Metallographie

Elektrische Eigenschaften: Halbleiter, Ferroelektrika, Ionenleiter, Defektchemie, Supraleiter

Kooperative Phänomene: Ferro-, Antiferro- und Ferrimagnetismus, SQUID-Magnetometer

Mößbauerspektroskopie, ESR-Spektroskopie

Optische Eigenschaften und Pigmente

Strukturanalytik: Röntgen-, Elektronen- und Neutronenbeugung: Symmetrieelemente und -operationen [Vgl. 2.10], Punktgruppen, Translationssymmetrie, Elementarzellenkonzept, Kristallsysteme, Bravais-Gitter, Raumgruppen, Hermann-Mauguin-Symbolik, reziprokes Gitter, Ewald-Kugel, Beugung am Gitter, Bragg-Gleichung, Millersche Indizes, Einkristalle und Pulver, Indizierung von Diffraktogrammen, Strukturbestimmung und -verfeinerung, Strukturbeschreibung

PRAKTIKUM:

Festkörpersynthesen, Strukturanalytik, Bestimmung von Materialeigenschaften

3.2 STATISTISCHE THERMODYNAMIK

KONZEPT:

Die Statistische Thermodynamik ist das Bindeglied zwischen der Quantenmechanik und der Klassischen Thermodynamik. Wichtige Größen der Thermodynamik können mit Hilfe der Statistischen Thermodynamik direkt aus quantenmechanischen Größen abgeleitet werden. Dies gilt insbesondere für ideale Gase.

INHALTE:

Grundlagen der klassischen statistischen Mechanik (Ensembles, Maxwell-Boltzmann-Statistik, Zustandssummen, Zusammenhang mit thermodynamischen Größen), Grundlagen der Quantenstatistik (Systeme aus ununterscheidbaren Teilchen, Fermi-Dirac-, Bose-Einstein- und Maxwell-Boltzmann-Statistik), Anwendungen der statistischen Thermodynamik (Berechnung chemischer Gleichgewichte idealer Gase, Absolute berechnung von Reaktionsgeschwindigkeiten, reale Gase und Flüssigkeiten, Festkörper (Wärmekapazitäten), makromolekulare und biomolekulare Systeme), Computersimulationsmethoden (Molekulardynamik- und Monte Carlo-Verfahren)

3.3 CHEMISCHE TECHNOLOGIE

KONZEPT:

Der Themenblock behandelt die Reaktionstechnik und die verfahrenstechnischen Grundoperationen mit den Einzelschritten chemischer Produktionsverfahren und ergänzt damit die industrielle Chemie mit den chemischen Produktionsverfahren in ihren stofflichen und technischen Aspekten als Ganzes.

INHALTE:

Verfahrensentwicklung in der chemischen Industrie

Versuchsplanung, Einteilung und Bewertung von Versuchsvariablen, Zielgrößen, faktorielles Design

Katalyse: homogene und heterogene Katalyse, Biokatalyse

Chemische Produktionsanlagen: Aufbau, Fließbilder, Up- und Downstream-Prozesse

Chemische Thermodynamik und Kinetik: Umsatz, Ausbeute und Selektivität

Chemische Reaktionstechnik: Grundlagen, ideale Reaktoren, Reaktoren mit realem Verhalten, Stoff- und Wärmebilanzen, Verweilzeit, Verweilzeitverhalten idealer und realer Reaktoren, Reaktormodellierung, Reaktorsicherheit, Ausführungsformen von Reaktoren

Kinetik heterogen katalysierter Reaktionen, Makro- und Mikrokinetik, Massentransportlimitation, Katalysatornutzungsgrad, homogene Katalyse

Thermische und mechanische Grundoperationen in Up- und Downstream-Prozessen: Grundlagen des Wärme- und Stofftransportes [vgl. 2.7], Strömungsmechanik, Ähnlichkeitstheorie, Beispiele (Destillation/Rektifikation, Adsorption, Absorption, Ionenaustausch, Extraktion, (Membran-)Filtration, Sedimentation, Zentrifugation, Mahlen, Rühren, Mischen)

Rohstoffe und Produkte der Chemischen Industrie, Umwelt- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, Nachhaltigkeit, Ressourcen

Übungen mit technisch-chemischen Berechnungen zum chemischen Gleichgewicht, Reaktionskinetik, Stoff- und Wärme-Bilanzierung, Verweilzeitverteilungen, Reaktor- und Prozessauslegungen etc.

3 Profilcurriculum, optional Bachelor- oder Master-Studium Chemie

PRAKTIKUM:

Die Praktikumsversuche zur Chemischen Technologie sollten folgende Themengebiete (zumindest teilweise) abdecken:

Messen/Steuern/Regeln von Prozessstufen

Rührkessel bzw. Rührkesselkaskade (z.B. Esterverseifung unter pH-Verfolgung)

heterogen katalysierte Gasphasenströmungsreaktor-Reaktionsverfolgung (Umsatz, Zünden, Löschen einer Reaktion, Bilanzierung, Arrhenius-Plot, Transportkinetik/Massentransportlimitation)

Verweilzeitverhalten (z.B. Stoß- oder Sprungmarkierung in Rührkessel(kaskade) oder im Strömungsreaktor mit Zusatzeinbauten wie z.B. Totzone oder Bypass)

Temperaturprogrammierte Methoden (Desorption, Oxidation oder Reduktion)

Versuche zu mechanischen Grundoperationen (Sedimentation, Zentrifugation, Filtration/ druckgetriebene Membranverfahren, Mahlen/Sieben/Rühren etc.)

Versuche zu thermischen Grundoperationen (Adsorption, Ionenaustausch (Durchbruchskurven), Extraktion, Destillation/Rektifikation etc.)

Vgl. auch: „Lehrprofil Technische Chemie“, herausgegeben vom DECHEMA-Unterrichtsausschuss für Technische Chemie an Wissenschaftlichen Hochschulen, 4. Auflage, Frankfurt am Main, Oktober 2014

3.4 INDUSTRIELLE CHEMIE

KONZEPT:

Der Themenblock behandelt die chemischen Produktionsverfahren in ihren stofflichen und technischen Aspekten als Ganzes und ergänzt damit die anderen Teilbereiche der Chemischen Technologie, die sich in der Reaktionstechnik und den verfahrenstechnischen Grundoperationen mit den Einzelschritten chemischer Produktionsverfahren befassen.

INHALTE:

Chemische Industrie, Verfahrensentwicklung (Labor, Scale-up, Industrie)

Energie, Rohstoffe, Technologie

Ökonomische und ökologische Betrachtungen, Stoffflüsse und Stoffkreisläufe, Grundwasseraufbereitung

Basischemikalien-Herstellung (Wasserstoff, Kohlenmonoxid, Chlor, Ammoniak, Schwefeldioxid, etc.), Luftzerlegung

Anorganische Endprodukte, z.B. Anorganische Säuren, Herstellung und Verwendung; Düngemittel; Bauchemie (Zement, Pigmente); Zeolithe; Stahl und Metalle; Siliciumherstellung, Silicone

Petrochemie: Verfahrensabläufe, Produktspektrum

Organische Zwischen- und Endprodukte: C₁₋₃-Chemie, Alkohole, Aromaten, Halogen-derivate; Polymere: PE, PP, PVC, Polyamide, Polyester

Nachwachsende Rohstoffe

Im vorlesungsbegleitenden Seminar sollen Studenten in Kurzpräsentationen spezielle bzw. ergänzende Aspekte der industriellen Chemie darstellen, um so die Vorlesungsinhalte zu vertiefen (Beispielthemen: IC-Herstellung, Celitement, Stähle, Hartmetalle, Verwendung von Zeolithen, Synthetische anorganische Fasermaterialien, Superabsorber usw.).

3.5 BIOCHEMIE

KONZEPT:

Dieser Themenbereich vermittelt die notwendigen Kenntnisse und Konzepte, um Biomoleküle und ihre Reaktionen zu charakterisieren und Grundprinzipien chemischer Prozesse in lebenden Systemen zu verstehen. Kenntnisse aus der anorganischen und organischen Stoffchemie [Vgl. 2.3] und „Reaktionsmechanismen“ [Vgl. 2.11] werden dazu eingesetzt, Struktur und Eigenschaften von Biomolekülen zu klassifizieren, grundlegende Reaktionen in wichtigen Stoffwechselwegen nachzuvollziehen und Mechanismen von enzymkatalysierten Reaktionen zu verstehen. Die Energetik biochemischer Prozesse erlaubt eine Vorhersage darüber, wie biologische Prozesse auf Änderungen von Randbedingungen reagieren. In der Praxis werden biochemische Grundlagen bei der Entwicklung von Enzymen für die Synthese und für nachhaltige Prozesse ebenso benötigt wie für die Entwicklung neuer Diagnoseverfahren und Wirkstoffe.

INHALTE:

Aufbau der Zelle (Organellen in Tier und Pflanzenzellen, Bedeutung der Kompartimentierung)

Proteine (Aminosäuren, Peptidbindung, Ramachandran-Plot, Proteinfaltung und Struktur motive, Proteinreinigung, Eigenschaften von Proteinen)

Nukleinsäuren (Nukleotide, Watson-Crick-Basenpaarung, Polymerase-Kettenreaktion, Sequenziermethoden, der genetische Code)

Enzyme (Beschreibung der Enzymkinetik, grundlegende enzymatische Mechanismen, Cofaktoren, Regulation und Inhibition von Enzymaktivität)

Membranen (Mizellen und Vesikel, Aufbau biologischer Membranen, Permeabilität, Fluidität von Membranen, Fluid-Mosaik-Model, Flip-Flop)

Oligosaccharide (Zucker, glykosidische Bindung, Nomenklatur von Oligosacchariden, Glykosylierung, Zell-Zell-Erkennung)

Grundlegende Stoffwechselwege (z.B. Glykolyse (aerob, anaerob), Citratzyklus, Atmungskette, β -Oxidation von Fettsäuren, Gluconeogenese, Aminosäurebiosynthese; Photosynthese; Gemeinsamkeiten biochemischer Reaktionsfolgen, Regulation von Stoffwechselwegen)

Analytik: Gelelektrophorese (Proteine, DNA), isoelektrische Fokussierung, HPLC, Schmelzpunkte von DNA und Membranen, DNA-Sequenzierung, Grundlagen der Proteinstrukturaufklärung

PRAKTIKUM:

Transformation und Selektion von Bakterien, Proteinexpression und Proteinanalyse durch SDS-PAGE, Proteinbestimmung, PCR und Gelelektrophorese, Enzymkinetik

3.6 MAKROMOLEKULARE CHEMIE

KONZEPT:

Grundlegende Verständnisse der Synthese, Verarbeitung und Eigenschaften makromolekularer Stoffe werden vermittelt.

INHALTE:

Allgemein: Grundbegriffe, Nomenklatur, Systematik der Makromolekularen Chemie nach Reaktionstypen und Polymerklassen, makromolekulare Strukturprinzipien, Strukturen in Lösung und im Festkörper

Synthesen von Makromolekülen (radikalische, kationische, anionische und koordinative Polymerisation, Polykondensation, Polyaddition, kontrollierte radikalische Polymerisationen), spezielle Reaktionstechniken (Emulsions-, Suspensions-, Fällungs-, Lösungs-, und Grenzflächenpolymerisation)

Analyse von Polymeren: Molekulargewichtsanalyse, thermische und strukturelle Analyse im Festkörper, mechanische Eigenschaften, Rheologie in Lösung und in Schmelzen, Oberflächeneigenschaften, Stabilität kolloidaler Systeme

Stoffchemie: Polyolefine, Polyester, Polyamide, Polyharnstoffe, Polyurethane, thermoplastische Elastomere, Elastomere, Duromere, Biopolymere, biologisch abbaubare Polymere, elektrisch leitfähige Polymere, transparente Polymere, Additive für Polymere
Verarbeitung von Polymeren: Film- und Faserherstellung, Schmelzextrusion, Spritzgießen, Blasformen, Schäumen, Verbundwerkstoffe

PRAKTIKUM

Reinigung von Monomeren und Polymeren, Radikalische Polymerisation in Substanz und Emulsion, Schmelzpolykondensation, Polyadditionsreaktion, lebende anionische Polymerisation, Herstellung von Polymerfilmen, Viskositätsbestimmung, GPC, DSC

3.7 UMWELTCHEMIE

KONZEPT:

Die Studierenden sollen Kenntnisse und Methoden erlernen, chemische Prozesse in der Umwelt zu verstehen. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der Analyse und Bewertung des Verhaltens von Schadstoffen in Boden, Pflanzen, Wasser, Sediment und Luft und in Grundzügen deren ökotoxische Effekte auf Organismen, Populationen und Ökosysteme. Studiengang- bzw. ortsbezogen soll ein Schwerpunkt auf eines der drei Kompartimente Boden, Wasser oder Atmosphäre gelegt werden. Ziel ist es, dass die Studierenden Einblicke in die vielfältigen biotischen und abiotischen Wechselwirkungen der Schadstoffe mit Umweltkompartimenten erhalten. Der Übungsteil dient der Vertiefung und praktischen Einübung der Methoden, Schadstoffe zu analysieren und deren Verteilungs- und Umwandlungsprozesse in der Umwelt zu verstehen.

INHALTE:

Eigenschaften, Funktion und Prozesse von Umweltmatrices (Boden, Pflanze, Wasser, Atmosphäre), Verhalten und Nachweis von organischen und anorganischen Spurenstoffen (Extraktionsmethoden, Probenaufreinigung, Fraktionierung, spektroskopische, spektrometrische und chromatographische Methoden, effektdirigierte Analytik umwelt- und gesundheitsrelevanter Stoffe)

Stoffliche Umwandlungsprozesse in Umweltkompartimenten

Grundlagen Ökotoxikologie: Bioverfügbarkeit, Bioakkumulation, Effektpunkte, Ermittlung von Dosis-Wirkungsbeziehungen und Effektschwellen, Zusammenwirken multipler Stressoren

PRAKTIKUM:

Analytik von Schadstoffen in Boden, Wasser, Sediment: Extraktion, Fraktionierung, physikochemische Nachweismethoden und effektdirigierte Analytik umwelt- und gesundheitsrelevanter Stoffe

Verteilung und Abbau von Schadstoffen in Boden, Sediment, Wasser

3.8 WIRTSCHAFTSCHEMIE

KONZEPT:

Prinzipiell existieren zwei verschiedene Modelle, nach denen das Studienfach Wirtschaftskemie studiert werden kann: Auf der einen Seite existiert das **Bändermodell** (Chemie und Wirtschaftswissenschaften werden sowohl im Bachelor- als auch im Master-Studium gelehrt) und auf der anderen Seite das **konsequente Modell** (Grundlagenvermittlung der Chemie mit anschließender Vertiefung der Chemie und Vermittlung der Betriebswirtschaft).

INHALTE:

Im Falle des Bändermodells könnten im Bachelor-Studium die folgenden wirtschaftswissenschaftlichen Inhalte angeboten werden:

Internes Rechnungswesen und Controlling (gegebenenfalls in Verbindung mit Investitionsrechnung)

Externes Rechnungswesen

Marketing

Strategie und Unternehmensführung

Makroökonomie

Mikroökonomie

Die ersten vier der genannten Themen könnten auch Gegenstand eines übergreifenden Lehrblocks „Einführung in die Betriebswirtschaftslehre“ sein, Makro- und Mikroökonomie könnten zu einem übergreifenden Lehrblock „Einführung in die Volkswirtschaftslehre“ zusammengefasst werden.

Die folgenden Lehrblöcke könnten auch optional bereits im Bachelor-Studium angeboten werden:

Recht (ggf. Patentrecht)

Innovationsmanagement (gegebenenfalls in Verbindung mit Projektmanagement)

Marketing (mit einem Schwerpunkt auf B2B-Marketing)

Produkt und Prozessmanagement

Da üblicherweise die inhaltliche und konzeptionelle Ausgestaltung der aufgeführten Lehrblöcke den wirtschaftswissenschaftlichen Fakultäten unterliegt, können hier nur bedingt Empfehlungen hinsichtlich konkreter Konzepte und Inhalte ausgesprochen werden.

A1 MITGLIEDER DER GDCh-STUDIENKOMMISSION

Name	Institution; Fachgebiet
Prof. Dr. Barbara Albert (Vorsitz)	Technische Universität Darmstadt; Anorganische Chemie, Festkörper- und Materialchemie
Dr. Thomas Engel	Ludwig-Maximilians-Universität München; Studiengangskordinator für Chemie und Biochemie
Prof. Dr. Bernd Engels	Julius-Maximilians-Universität Würzburg; Physikalische und Theoretische Chemie
Prof. Dr. Günter Gauglitz	Eberhard Karls Universität Tübingen; Analytische Chemie, Physikalische Chemie
Prof. Dr. Andreas Greiner	Universität Bayreuth; Makromolekulare Chemie
Prof. Dr. Klaus Griesar	Merck KGaA, Darmstadt; Wirtschaftschemie
Prof. Dr. Heiko Hayen	Westfälische Wilhelms-Universität Münster; Analytische Chemie
Prof. Dr. Peter Klüfers	Ludwig-Maximilians-Universität München; Bioanorganische Chemie, Koordinationschemie
Prof. Dr. Burkhard König	Universität Regensburg; Organische Chemie
Prof. Dr. Nikolaus Korber	Universität Regensburg; Anorganische Chemie
Prof. Dr. Jörg Kreßler	Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; Physikalische Chemie
Prof. Dr. Heinrich Lang	Technische Universität Chemnitz; Anorganische Chemie
Prof. Dr. Christian Ochsenfeld	Ludwig-Maximilians-Universität München; Theoretische Chemie
Dr. Gerd-Ludwig Schlechtriemen	Verband der Chemischen Industrie, Frankfurt am Main
Prof. Dr. Katja Schmitz	Technische Universität Darmstadt; Biochemie
Prof. Dr. Carsten Schmuck	Universität Duisburg-Essen; Organische Chemie

Name	Institution; Fachgebiet
Tanja Scholz, M.Sc.	GDCh-JungChemikerForum; RWTH Aachen; Festkörperchemie
Prof. Dr. Klaus Stöwe	Universität des Saarlandes/Technische Universität Chemnitz; Chemische Technologie
Prof. Dr. Christina Marie Thiele	Technische Universität Darmstadt; Organische Chemie
Prof. Dr. Clemens Walther	Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover; Radioökologie und Strahlenschutz
Prof. Dr. Birgit Weber	Universität Bayreuth; Anorganische Chemie
Dr. Hans-Georg Weinig	GDCh-Geschäftsstelle, Frankfurt am Main
Prof. Dr. Roland Winter	Technische Universität Dortmund; Physikalische Chemie

Außerdem haben zahlreiche Kolleginnen und Kollegen aus den GDCh-Fachgruppen, GDCh-Arbeitsgemeinschaften und verschiedenen Chemie-Fakultäten mit Diskussions- und Textbeiträgen an der Ausarbeitung der Empfehlungen mitgewirkt. Allen sei an dieser Stelle für ihre engagierte Unterstützung gedankt.

A2 LITERATURVERZEICHNIS

- 1) GDCh: Empfehlung der Studienreformkommission zum Basisstudium Chemie, 1.-6. Semester (180 SWS), 1998
- 2) Einführung von Bachelor- und Master-Studiengängen in der Chemie, eine gemeinsame Empfehlung von GDCh und VCI, 2004
- 3) Chemiestudiengänge in Deutschland – Statistische Daten 2013, GDCh, Juni 2014
- 4) Fachspezifisch ergänzende Hinweise zur Akkreditierung von Bachelor- und Masterstudiengängen der Chemie, ASIIN, 9. Dezember 2011
- 5) Tuning Chemistry Subject Area Brochure, European Chemistry Thematic Network ECTN, 2008



Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V. (GDCh)

Varrentrappstraße 40-42

60486 Frankfurt am Main

www.gdch.de