

impp

**INSTITUT FÜR MEDIZINISCHE UND
PHARMAZEUTISCHE PRÜFUNGSFRAGEN**

Rechtsfähige Anstalt des öffentlichen Rechts • Mainz

GEGENSTANDSKATALOG

für den

**ERSTEN ABSCHNITT DER
PHARMAZEUTISCHEN PRÜFUNG**



INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung	1
Allgemeine, anorganische und organische Chemie	9
Grundlagen der pharmazeutischen Biologie und der Humanbiologie	27
Grundlagen der Physik, der physikalischen Chemie und der Arzneiformenlehre	45
Grundlagen der pharmazeutischen Analytik	65

Einleitung

Die vorliegende Überarbeitung der „Gegenstände, auf die sich der Erste Abschnitt der Pharmazeutischen Prüfung beziehen kann“, löst die dritte Auflage des „GK 1 1990“ Pharmazie ab. Dieser Gegenstandskatalog wurde von der Abteilung Pharmazie des IMPP in Zusammenarbeit mit 26 Hochschullehrern aus 16 Universitäten erstellt. Der Gegenstandskatalog, dem die Prüfungsstoffliste für den Ersten Abschnitt der Pharmazeutischen Prüfung in Anlage 13 (zu § 17 Abs. 3) der Approbationsordnung für Apotheker (AAppO) zugrunde liegt, soll ein Leitfaden bei der Prüfungsvorbereitung für die Studierenden der Pharmazie und eine Richtschnur für die Fragenautoren des IMPP sein.

Die Zweite Verordnung zur Änderung der Approbationsordnung für Apotheker (2. AAppO-ÄndV) vom 14.12.2000 bringt für die künftige Apothekerausbildung in mehrfacher Hinsicht einschneidende Veränderungen mit sich. So sind im Ersten Abschnitt der Pharmazeutischen Prüfung, der weiterhin schriftlich geprüft wird, drei Änderungen hervorzuheben, die Studierende, Lehrende und das IMPP gleichermaßen betreffen:

Das Prüfungsfach II wird um „Grundlagen der Humanbiologie“ und Prüfungsfach III um „Grundlagen der Arzneiformenlehre“ erweitert; in Prüfungsfach IV werden zusätzlich die Grundlagen der analytischen Arzneibuchmethoden mit einbezogen.

Fach II heißt nun: „Grundlagen der pharmazeutischen Biologie und der Humanbiologie“ und Fach III „Grundlagen der Physik, der physikalischen Chemie und der Arzneiformenlehre“.

Anlass für eine Neuauflage des Gegenstandskatalogs Pharmazie war - neben der erforderlichen Anpassung an die 2. AAppO-ÄndV - auch die Berücksichtigung neuerer Entwicklungen auf allen für diesen Prüfungsabschnitt relevanten Wissensgebieten. Eine zu weitgehende Konkretisierung wurde vermieden; sie soll der Lehre an den Universitäten überlassen bleiben. Es ist selbstverständlich beabsichtigt, die „Sammlung“ nach Bedarf dem Stand des Wissens anzupassen; leider lässt sich die ständige Entwicklung des Wissens jedoch nicht kontinuierlich fortschreiben. Gleichwohl können aktuelle Erkenntnisse im Rahmen der Prüfungsstoffliste der AAppO schon vorher Prüfungsstoff sein.

Naturngemäß können, vor allem bei Stoffen, Reaktionen oder Methoden, gleiche Prüfungsgegenstände in mehreren Fächern berührt sein. Mit „s.“ gekennzeichnete Gegenstände werden ausschließlich in dem zugewiesenen Fach geprüft, während Querverweise mit „s.a.“, bedeuten, dass das Item in mehreren Fächern, allerdings ggf. unter dem besonderen Blickwinkel des jeweiligen Faches, geprüft werden kann. Um Wiederholungen zu vermeiden, werden auch Verweise auf andere Gegenstände des gleichen Faches verwendet. Formulierungen mit „z.B.“ dienen der Verdeutlichung, bedeuten aber, dass durchaus auch andere entsprechende Beispiele in Prüfungsfragen auftreten können. Im Nachfolgenden sollen einige Erläuterungen zu den Überarbeitungen in den einzelnen Prüfungsfächern gegeben werden. Bei Querverweisen werden die in Klammern angegebenen Abkürzungen verwendet.

Es muss im Übrigen darauf geachtet werden, dass unterschiedliche Fächer ein- und dasselbe Fachwort mitunter in voneinander abweichender Bedeutung verwenden. Dies kann auch für Unterfächer im selben Prüfungsheft zutreffen, so z.B. in „Grundlagen der Physik und physikalischen Chemie“ einerseits und „Grundlagen der Arzneiformenlehre“ andererseits. Die Fragen der jeweiligen Unterfächer sind jedoch im Prüfungsheft separat als Block angeordnet und durch eine entsprechende Überschrift gekennzeichnet. Somit wird klar, welche Fachterminologie jeweils anzuwenden ist.

I. Allgemeine, anorganische und organische Chemie (Chem)

Analog einer nahezu unverändert gebliebenen Prüfungsstoffliste der 2. AAppO-ÄndV für dieses Prüfungsfach des Ersten Abschnitts der Pharmazeutischen Prüfung werden - bis auf einige geringfügige Aktualisierungen bzw. Streichungen - auch die bisherigen Inhalte beibehalten.

Von der insgesamt straffen und übersichtlichen Form der Darstellung wird - zum Zwecke einer näheren Erläuterung - lediglich bei einigen Items, insbesondere der Allgemeinen Chemie, abgewichen.

II. Grundlagen der pharmazeutischen Biologie und der Humanbiologie (PhBio)

Die 2. AAppO-ÄndV trägt den geänderten Anforderungen an die Ausbildung von Apothekern durch die Aufnahme medizinischer Grundlagenfächer Rechnung.

Dies wird auch in der Bezeichnung des Prüfungsfaches deutlich. Die Stoffliste wurde um Inhalte des neuen Unterfaches „Grundlagen der Humanbiologie“ erweitert.

Da das Stoffgebiet „Grundlagen der Humanbiologie“ erstmals Teil der Ausbildung und Prüfung im ersten Ausbildungsabschnitt des pharmazeutischen Studiums ist, wurden die Gegenstände, auf die sich dieser Teil der Prüfung bezieht, konkreter ausformuliert als bei den Sachgebieten, die den Studierenden und Lehrenden seit Jahrzehnten geläufig sind.

Die Tatsache, dass die Zahl der Prüfungsfragen in Fach II unverändert bei 100 geblieben ist, veranlasste die Verantwortlichen, die Inhalte des neuen Unterfaches auf das „Studierbare“ zu reduzieren. Damit einher ging eine Kürzung in den bereits bisher geprüften vier Unterfächern, schwerpunktmäßig bei den Unterfächern „Morphologie, Histologie und Anatomie der Samenpflanzen“ (jetzt vorgezogen als Kapitel 2) und der Systematik der Samenpflanzen (Kapitel 11).

Bei der Systematik wurde der aktuelle Stand der wissenschaftlichen Nomenklatur berücksichtigt. Da es in der wissenschaftlichen Öffentlichkeit Meinungsverschiedenheiten über die systematische Zuordnung einiger Gattungen gibt, und um den Prüfungsstoff zu reduzieren, wurde in den Kapiteln 7 bis 10 auf die Angabe von Familien, Ordnungen und Unterklassen verzichtet.

Der Gegenstandskatalog beginnt wie bisher mit den „Grundlagen der pharmazeutischen Biologie“, das sind die Kapitel 1 bis 11. Die „Grundlagen der Humanbiologie“ finden sich in den Kapiteln 12 bis 21. Die Gegenstände der humanen Cytologie, die bereits bisher in geringem Umfang im Kapitel 1 zu finden waren, sind dort verblieben und wurden etwas erweitert.

Die Zahl der Kapitel ist kein Maßstab für den Umfang des geforderten Wissens. Dieser ist an der fachlichen Bedeutung der Gegenstände orientiert und kann daher unterschiedlich sein.

III. Grundlagen der Physik, der physikalischen Chemie und der Arzneiformenlehre (P/PC/AFL)

In der Prüfungsstoffliste der AAppO von 1989 werden die beiden Fachgebiete „Physik“ und „Grundlagen der physikalischen Chemie“ in integrierter Form behandelt. Diese Art der Darstellung wurde übernommen, zumal vieles, was zu „Grundlagen der physikalischen Chemie“ gehört, auch Bestandteil der Physik ist. Es erscheint daher der Hinweis angebracht, an welchen Stellen des vorliegenden Prüfungsstoffkatalogs - im wesentlichen - die „Grundlagen der physikalischen Chemie“ zu finden sind:

Kap 3.6; 3.8; 3.9; 4.5; Teile von 2.2; 2.6; 3.3; 3.5

Bei der Arzneiformenlehre erschien eine derartige, in die beiden anderen Gebiete integrierte Darstellung nicht angebracht. Sie wird in geschlossener Form im Kapitel 8 behandelt.

Neben zahlreichen Kürzungen im Bereich der Physik wurde dieses Gebiet um das Kapitel „Schwingungen und Wellen“ erweitert, da es vom Verordnungsgeber in die Prüfungsstoffliste der 2. AAppO-ÄndV wieder aufgenommen wurde.

IV. Grundlagen der pharmazeutischen Analytik (PhAna)

Nach Maßgabe der Stoffliste der 2. AAppO-ÄndV umfasst dieses Prüfungsfach die in der pharmazeutischen Analytik gebräuchlichen, grundlegenden Methoden: Grundlagen, Arbeitsweisen und Anwendung klassischer qualitativer und quantitativer sowie instrumenteller Verfahren zur Analyse von Arzneistoffen, Hilfsstoffen und Schadstoffen (Kationen, Anionen und Neutralstoffe, Analytik funktioneller Gruppen organischer Verbindungen) einschließlich der Arzneibuchmethoden. Der vorliegende Prüfungsstoffkatalog berücksichtigt dies in der Regel durch entsprechende Verweise auf das Arzneibuch, jedoch sind aufgrund der Stoffliste der 2. AAppO-ÄndV Arzneibuchmethoden ggf. auch dann einzubeziehen, wenn sie nicht explizit erwähnt werden. Hierdurch wird die Weiterentwicklung des Arzneibuches berücksichtigt.

Der Prüfungsstoffkatalog der „Grundlagen der pharmazeutischen Analytik“ wurde den nicht zuletzt infolge von Kürzungen erzwungenen Entwicklungstendenzen an den Universitäten, weg von klassischen analytischen Methoden wie z. B. dem Trennungsgang der Kationen, als auch durch im Arzneibuch enthaltene neuere Methoden wie z.B. radiochemische, massenspektrometrische oder thermische Analysenverfahren angepasst. Die genannten Innovationen machten eine umfangreiche Überarbeitung des früheren Prüfungsstoffkataloges „Grundlagen der pharmazeutischen Analytik“ erforderlich. Im Zuge dieser Entwicklung fasst er die „Grundlagen und allgemeinen Arbeitsweisen der pharmazeutischen Analytik“ und hier insbesondere die Kalibrierung und Validierung von Analysenverfahren in einem vorangestellten Teil zusammen.

Bei den im Fach „Pharmazeutische Analytik“ geprüften Grundlagen der instrumentellen Analytik ergeben sich mit Fach III Überschneidungen, denen durch entsprechende Querverweise Rechnung getragen wurde.

BESONDERE HINWEISE

Soweit in den Items physikalische Gesetze genannt werden, wird vorausgesetzt, dass der Student sie auch anwenden kann. Ebenso wird zu jeder behandelten Größe auch die Kenntnis der zugehörigen gebräuchlichen Einheiten erwartet. Es werden Einheiten in der im Gesetz vom 5.7.1969 über Einheiten im Messwesen und der Ausführungsverordnung vom 26.9.1970 vorgesehenen Form verwendet. Dies schließt nicht aus, zusätzliche Zusammenhänge in anderen Einheiten (wie sie z.B. in Nachschlagewerken älteren Datums verbreitet sind) darzustellen. Hinsichtlich der Nomenklatur und der empfohlenen Symbole sei auf die entsprechende internationale Vereinbarung (Document U.I.P.20 [1978]) oder auch auf DIN 1301 verwiesen. Diese werden dem Studenten der Pharmazie im allgemeinen nicht ohne weiteres zugänglich sein; es kann aber festgestellt werden, dass sie in neueren Auflagen eingeführter Lehrbücher berücksichtigt sind. Soweit in Arzneibüchern davon abweichende Einheiten angegeben sind, können beide Formen verwendet werden.

Für das Erfassen naturwissenschaftlich-technischer Zusammenhänge sind einige mathematische Kenntnisse und Fertigkeiten im Umgang mit einfachen Formeln erforderlich. Aus der Mathematik-Ausbildung in der Sekundarstufe sollten sie in der Regel bei Studienaufnahme vorhanden sein; andernfalls sind sie spätestens bis zum Ersten Prüfungsabschnitt zu erwerben, z.B. in Lehrveranstaltungen „Mathematik für Pharmazeuten“ o.ä..

- | | | |
|----------|--|---|
| A | Allgemeine Grundlagen und elementare Funktionen | <ol style="list-style-type: none"> 1. Grundrechnungsarten, Bruchrechnung und Potenzrechnung 2. Einfache Funktionen und deren graphische Darstellung: Potenzfunktion (auch Wurzelfunktion), Winkelfunktion, Exponentialfunktion 3. Dekadischer und natürlicher Logarithmus 4. Anwendung linearer und logarithmischer Darstellung (lin. und log. Koordinaten) |
| B | Vektoren | <ol style="list-style-type: none"> 1. Addition und Komponentenerlegung von Vektoren (graphisch) 2. Skalarprodukt (Prinzip) 3. Vektorprodukt |
| C | Differentialrechnung | <ol style="list-style-type: none"> 1. Geometrische Bedeutung des Differentialquotienten 2. Differentiation der unter A 2. genannten Funktionen |
| D | Integralrechnung | <ol style="list-style-type: none"> 1. Geometrische Bedeutung des Integrals 2. Integration als Umkehrung der Differentiation (Prinzip) |

Im allgemeinen werden Zahlenwerte von Konstanten in den Prüfungsaufgaben mit der für die Rechnung erforderlichen Genauigkeit angegeben, einige sollten aber bekannt sein (Allgemeinwissen für einen Naturwissenschaftler). Sie sind in der folgenden Liste zusammengestellt. Soweit im Aufgabentext nicht ausdrücklich anders angegeben, ist die Genauigkeit dieser gerundeten Werte hinreichend:

A Reine Zahlenwerte

π	$\approx 3,14$	$\sin 0 = \cos 90^\circ$	$= 0$
π^2	≈ 10	$\sin 90^\circ = \cos 0$	$= 1$
e	$\approx 2,7$	$\sin 30^\circ = \cos 60^\circ$	$= 0,5$
$1/e$	$\approx 0,37$	$\tan 45^\circ = 1$	
$\sqrt{2}$	$\approx 1,4$		

B Physikalische Größen

1. Fallbeschleunigung g	$\approx 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
zur Abschätzung reicht hier:	$\approx 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
2. Dichte des Wassers	$\approx 1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$
3. Absoluter Nullpunkt	$= 0 \text{ K} \approx -273 \text{ }^\circ\text{C}$
4. Schmelzenthalpie von Wasser	$\approx 330 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$
5. Verdampfungsenthalpie von Wasser	$\approx 2200 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$

6. Allgemeine Gaskonstante R	$\approx 8,3 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
7. Elementarladung	$\approx 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
8. Faraday-Konstante F	$\approx 96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$
9. Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	$\approx 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
10. Avogadro-Konstante N_A	$\approx 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
11. Molvolumen V_m	$\approx 22,4 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$

**Allgemeine, anorganische und
organische Chemie**

1 Allgemeine Chemie

1.1 Grundbegriffe und -gesetze

- 1.1.1 Stoff, Stoffumwandlung (chem. Reaktion), Element, Verbindung
- 1.1.2 Atom- und Molekülhypothese nach Dalton bzw. Avogadro; Gesetze der Massenerhaltung, der konstanten und multiplen Proportionen
- 1.1.3 Definition und Beziehungen von Masse, Volumen, Stoffmenge, relative Atom/Molekülmasse, Gehalts- und Konzentrationsgrößen inkl. Einheiten und Symbole
- 1.1.4 Bedeutung chem. Elementsymbole, Formeln und Gleichungen, stöchiometrische Berechnungen

1.2 Atombau und Periodensystem der Elemente

- 1.2.1 Atomaufbau, Protonen, Neutronen, Elektronen (s.a. P/PC/AFL 7.2); Atommodelle; Quantenzahlen und Orbitale (räumliche und energetische Aspekte)
- 1.2.2 Elektronenbesetzung von Orbitalen, Pauli-Prinzip und Hund'sche Regel; Grundzustand und angeregte Zustände; Singulett- und Triplettzustände; Absorption und Emission von Strahlung (s.a. PhAna 12.5.1)
- 1.2.3 Isotope, Radionuklide, radioaktiver Zerfall und Strahlungsarten (s.a. P/PC/AFL 7.3.3); Bedeutung für Radiotherapie, Radiodiagnostik, (Bio)analytik
- 1.2.4 Aufbau des Periodensystems über die Elektronenbesetzung von Orbitalen; Elektronenkonfiguration, Valenzelektronen, Edelgaskonfiguration
- 1.2.5 Namen und Symbole der wichtigen Elemente
- 1.2.6 Anordnung in Perioden und Gruppen sowie deren Bezeichnung
- 1.2.7 Periodische Eigenschaften: Atomradien, „Schrägbeziehung“, Elektronegativität (EN), Ionisierungsenergie, Elektronenaffinität, Oxidationszahlen

1.3-1.6 Molekülbau und chem. Bindung

1.3 Ionenbindung

- 1.3.1 Bildung von Ionen und Ionengittern: EN-Unterschiede, Oktettregel, Edelgaskonfiguration
- 1.3.2 Ionengitter: Coulombsche Kräfte, Gittertypen, Gitterenergien, Ionenradien und -ladung, Kristallwasser, Mischkristalle, Ermittlung der Kristallstruktur
- 1.3.3 Physikalische und chemische Eigenschaften von Ionenverbindungen

1.4 Kovalente Bindung (Atombindung)

- 1.4.1 Bildung von Molekülen durch Elektronenpaarbindung:
EN-Größen, Edelgaskonfiguration, Oktettregel und -aufweitung, Hybridisierung
- 1.4.2 Prinzipien der VB-Methode:
Hybridorbitale, Molekülgeometrie, Isosterie, σ - und π -Bindungen, Dreizentrenbindung, Mesomerie
- 1.4.3 Bindungsordnung, Bindungsparameter
- 1.4.4 Prinzipien der MO-Methode:
Molekülorbitale, Moleküldiagramme
- 1.4.5 Polare Atombindungen:
EN-Unterschiede, Polarisierung, Dipol, Dipolmoment, Strukturabhängigkeit;
physikalische und chemische Eigenschaften sowie Strukturformeln von kovalenten Verbindungen; Unterschiede Molekülgitter/Ionengitter

1.5 Koordinative Bindung

- 1.5.1 Nomenklatur von Komplexen, Koordinationszahlen, Geometrien
- 1.5.2 Bildung:
Elektronendonatoren und -acceptoren, Polarität, Polarisierbarkeit, Pearson-HSAB-Konzept, Zentralatome, Liganden
- 1.5.3 Komplexstabilität:
Kinetische und thermodynamische; Bildungs/Zerfallskonstanten, einflussnehmende Faktoren
- 1.5.4 Komplexliganden:
Ein/mehrzählige (C-, N-, O-, S-, P- und Halogen-Donatoren), Chelat-Komplexe, Kronenetherkomplexe, π -Komplexe mit Aromaten/Olefinen
- 1.5.5 Ligandenfeldtheorie:
d-Orbitalaufspaltung oktaedrischer und quadratisch-planarer Komplexe, magnetische Eigenschaften (high spin/low spin), Lichtabsorption (Farbe)

1.6 Metallische Bindung

- 1.6.1 Rumpfgitter-Valenzelektronengas-Modell:
MO-Energiebänder, Valenzband, Leitungsband, verbotene Zone, Bandbreite;
Metallische Leiter, Halbleiter, Isolatoren
- 1.6.2 Physikalische Eigenschaften der Metalle und Halbleiter (s.a. P/PC/AFL 4.4.1);
Kugelpackung, Mischkristallbildung (Legierungen)

1.7 Zwischenmolekulare Bindungskräfte

- 1.7.1 Elektrostatische Ion/Dipol- und Dipol/Dipol-Kräfte, permanente und induzierte, Größenordnung, Einfluss Ladung bzw. Dipolmoment und Abstand, Bedeutung für Solvatation und biomolekulare Strukturen bzw. Wechselwirkungen (z.B. Arzneistoff/Rezeptoren)
- 1.7.2 Van der Waals-Kräfte als induzierte Dispersionskräfte, Größenordnung, einflussnehmende Parameter, Bedeutung für Wechselwirkung polarisierbarer Neutralteilchen (z.B. Edelgase)

- 1.7.3 Wasserstoffbrückenbindung: Dipolnatur, H-Donator/Akzeptoratome, inter/intramolekulare Assoziation, Bindungsenergien, Auswirkung auf Stoffeigenschaften, Bedeutung für biomolekulare Strukturen (z.B. Proteine, DNA) bzw. Wechselwirkungen (z.B. Arzneistoff/Rezeptor)

1.8 Zustandsformen der Materie, Phasen, Lösungen und heterogene Systeme

- 1.8.1 Aggregatzustände, Umwandlungswärmen, Grundbegriffe der Wärmelehre (s. a. P/PC/AFL 3.5)
Gase:
ideale, reale, Zustandsgrößen, Gasgesetze (s.a. P/PC/AFL 3.2.3)
Flüssigkeiten:
Viskosität, Oberflächenspannung, Dampfdruckkurve, Fixpunkte (s. a. P/PC/AFL 3.5.4)
Festkörper:
kristalline, amorphe, Allotropie, Polymorphie, monotrope/enantiotrope Modifikationen
- 1.8.2 Lösungen:
Lösevorgang, Solvatation (Hydratation), Lösungsenthalpie, Löslichkeit, chemische und physikalische Einflüsse (s. a. PhAna 1.4.3)
- 1.8.3 konzentrationsabhängige Lösungseigenschaften, Raoult'sches Gesetz
Bedeutung für physiologische Vorgänge (z.B. Osmose, Dialyse)
- 1.8.4 Elektrolytlösungen:
starke, schwache, mehrstufige Elektrolyte, Dissoziationsgrad, Ostwaldsches Verdünnungsgesetz, Ionenstärke, Aktivität und Aktivitätskoeffizient (Debye-Hückel), Leitfähigkeit, osmotisches Verhalten, Bedeutung „physiologischer“ Elektrolytlösungen (z.B. NaCl, KCl)
- 1.8.5 Phasensysteme:
Begriff Phase, homogene/heterogene Phasen, Phasengleichgewichte, Gibbs'sche Regel, Zustandsdiagramme, azeotrope Gemische (s.a. P/PC/AFL 3.6)

1.9 Thermodynamik chemischer Reaktionen (s.a. P/PC/AFL 3.3)

- 1.9.1 Isolierte, offene und geschlossene Systeme
- 1.9.2 Zustandsgrößen (-funktionen) geschlossener Systeme:
Innere Energie, Enthalpie, Entropie, Freie Energie, Freie Enthalpie inkl. Symbole und Vorzeichengebung bei Änderung; isotherme, isochore, isobare, adiabatische Zustandsänderung
- 1.9.3 1. Hauptsatz der Thermodynamik:
Bedeutung als Energieerhaltungssatz; Zusammenhang der Änderung von Zustandsgrößen mit Wärme und Arbeit; isotherme und adiabatische, exotherme und endotherme Prozesse; Reaktionsenthalpien und Hessscher Satz; Bildungs- und Verbrennungsenthalpien, Standardenthalpie
- 1.9.4 2. Hauptsatz der Thermodynamik:
Wahrscheinlichkeit und Richtung eines Reaktionsverlaufes sowie Entropie als Zustandsgröße; Umwandelbarkeit von Wärme in Arbeit; reversible/irreversible Prozesse und Entropieänderung, Standardentropie
- 1.9.5 3. Hauptsatz der Thermodynamik:
Entropie am absoluten Nullpunkt; Entropie als Maß für molekulare Unordnung

- 1.9.6 Gibbs-Helmholtz-Gleichung:
Zusammenhang der Änderung von Zustandsgrößen für isotherme und isobare Prozesse;
Anwendung auf chem. Reaktionen
- 1.9.7 Kriterien für den Reaktionsablauf in geschlossenen Systemen:
Bedeutung der freien Reaktionsenthalpie für chem. Reaktionen; exergonische und endergo-
nische Prozesse; Einfluss der Entropie auf chem. Reaktionen; Freie Reaktionsenthalpie und
Gleichgewichtskonstante sowie Redoxpotential (EMK) (s.a.1.12.2)

1.10 Chemisches Gleichgewicht

- 1.10.1 Kriterien des Gleichgewichtszustandes für geschlossene und offene Systeme:
Reversibilität, Reaktionsgeschwindigkeit, Änderung der freien Enthalpie und Entropie, dyna-
misches Gleichgewicht, Fließgleichgewicht (stationärer Zustand) und seine Bedeutung für
den Stoffwechsel von Organismen
- 1.10.2 Beschreibung und Abhängigkeit der Gleichgewichtslage für homogene und heterogene
Gleichgewichte; Bedeutung und Anwendungen des Massenwirkungsgesetzes (MWG), (s.a.
PhAna 1.4.1)
- 1.10.3 Anhang
Verteilungsgleichgewichte (Phasengleichgewichte, Abhängigkeitsparameter, Nernst'sches
Verteilungsgesetz (s. a. P/PC/AFL 3.6.3), Bedeutung für pharmazeutische Aspekte (z.B.
Lipophilie und Pharmakokinetik)

1.11 Säure-Base-Systeme (s.a. PhAna 6.1)

- 1.11.1 Säure-Base-Begriffe nach Arrhenius, Brönsted und Lewis
- 1.11.2 Säure-Base-Reaktion, korrespondierendes (konjugiertes) Säure-Base-Paar, Protolyse-
gleichgewicht, Ampholyt, Autoprotolyse; pH-Wert
- 1.11.3 Vergleich von Säure-Base-Stärken (pK-Werte) zu nichtwässrigen Systemen; Größenordnung
bei wichtigen Säuren und Basen; Dissoziationsgrad
- 1.11.4 Puffersysteme, Pufferbereiche (Titrationskurven), Puffergleichung (Henderson-Hasselbalch)
(s.a. P/PC/AFL 4.5.3), Pufferkapazität, Anwendung auf wichtige wässrige Systeme (z.B. Ace-
tat-, Ammoniak-, Carbonat- und Phosphat-Puffer) und Berechnungen; Bedeutung für physio-
logische Systeme

1.12 Redox-Systeme (s.a. PhAna 7.1.1)

- 1.12.1 Oxidation und Reduktion, Redoxvorgang, Redoxpaar, Oxidations- und Reduktionsmittel, Oxi-
dationszahl, Redoxamphoterie, Dis- und Komproportionierung
- 1.12.2 Redoxsystem, Redoxpotential, Normalpotential, Spannungsreihe, Nernst'sche Gleichung und
deren Anwendung
- 1.12.3 Redox-Reaktionen, Aufstellen von Redoxgleichungen, Gleichgewichtskonstantenermittlung,
Überspannung

1.13 Reaktionskinetik (s.a. P/PC/AFL 3.8)

- 1.13.1 Charakterisierung thermodynamischer und kinetischer Stabilität; Metastabilität

- 1.13.2 Definition und Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von Konzentration und Temperatur; Begriff der Reaktionsordnung (Reaktion 0., 1. und 2. Ordnung); Bedeutung der Reaktionsgeschwindigkeitskonstante (Arrhenius)
- 1.13.3 Reaktionsmolekularität; Unterschiede zur Reaktionsordnung
- 1.13.4 Bedeutung und Interpretation von Reaktionsdiagrammen: Reaktionskoordinate, Aktivierungsenergie (-enthalpie), freie Aktivierungsenthalpie, Aktivierungsentropie, Übergangszustand, Zwischenstufen, geschwindigkeitsbestimmender Schritt
- 1.13.5 Katalyse:
Einfluss auf freie Aktivierungsenthalpie, Reaktionsgeschwindigkeit und Reaktionsdiagramm; homogene und heterogene Katalyse; Bedeutung von Katalysatoren für chemische Prozesse (z.B. auch Enzyme als Biokatalysatoren)

2 Anorganische Chemie

2.1 Edelgase

- 2.1.1 Vorkommen, Gewinnung, Reaktivität und Anwendung

2.2 Wasserstoff

- 2.2.1 Molekularer Wasserstoff
Vorkommen, Synthese und Reaktivität
- 2.2.2 Atomarer Wasserstoff
Entstehung und Reaktivität
- 2.2.3 Wasserstoffisotope
Vorkommen, Reaktivität und Anwendung
- 2.2.4 Hydrid-Verbindungen
Synthese, Struktur, Reaktivität und Anwendung
- 2.2.5 Protische Verbindungen
Synthese, Struktur, Reaktivität und Bedeutung als Lösemittel

2.3 Halogene

- 2.3.1 Fluor, Chlor, Brom und Iod
Eigenschaften und Gewinnung
- 2.3.2 Halogenwasserstoffe und Halogenide
Synthese, Struktur und Reaktivität
- 2.3.3 Kovalente Halogenverbindungen
Synthese und Reaktivität
- 2.3.4 Halogenhalogenide und Interhalogene
Synthese, Struktur, Reaktivität und Eigenschaften
- 2.3.5 Halogenverbindungen der Hauptgruppenelemente
Synthese, Struktur und Reaktivität, Verwendung und Bedeutung

2.3.6 Halogensauerstoffsäuren
Synthese, Struktur und Reaktivität

2.3.7 Pseudohalogene, Pseudohalogenwasserstoffe und deren Salze
Synthese, Eigenschaften, Struktur und Reaktivität

2.4 Chalkogene

2.4.1 Sauerstoff
Vorkommen, Gewinnung, Modifikationen, Struktur und Reaktivität

2.4.2 Wasserstoffperoxid
Synthese, Eigenschaften

2.4.3 Wasser
Struktur, Reaktivität, physikalische Eigenschaften, destilliertes und entmineralisiertes Wasser, schweres Wasser, Wasserhärte

2.4.4 Oxide
Gewinnung, Struktur und Reaktivität

2.4.5 Schwefel
Vorkommen, Modifikationen, Reaktivität, Oxidationsstufen und Redoxverhalten

2.4.6 Schwefelwasserstoff und Sulfide
Synthese und Reaktivität

2.4.7 Schwefeloxide und -halogenide
Synthese, Struktur und Reaktivität

2.4.8 Sauerstoffsäuren des Schwefels und deren Salze
Synthese, Struktur und Reaktivität, Bedeutung

2.5 Stickstoffgruppe

2.5.1 Stickstoff
Vorkommen, Gewinnung

2.5.2 Ammoniak
Synthese, Struktur und Reaktivität, physikalische Eigenschaften

2.5.3 Hydrazine
Synthese, Struktur und Reaktivität

2.5.4 Stickstoffwasserstoffsäure und deren Salze
Synthese, Struktur und Reaktivität

2.5.5 Hydroxylamin
Synthese, Struktur und Reaktivität

2.5.6 Stickstoffoxide
Synthese und Entstehung, Struktur und Reaktivität, Nachweise

2.5.7 Sauerstoffsäuren des Stickstoffs
Synthese, Struktur und Reaktivität

- 2.5.8 Phosphor
Vorkommen, Gewinnung, Modifikationen und Reaktivität
- 2.5.9 Phosphoroxide
Synthese, Struktur und Reaktivität
- 2.5.10 Sauerstoffsäuren des Phosphors
Synthese, Struktur und Reaktivität
- 2.5.11 Arsen, Antimon und Bismut
Vorkommen, Oxide, Sauerstoffsäuren, Sulfide, Halogenide, Reaktivitäten

2.6 Kohlenstoffgruppe

- 2.6.1 Kohlenstoff
Vorkommen, Modifikationen, physikalische Eigenschaften, Reaktivität, Isotope
- 2.6.2 Kohlenstoffoxide
Vorkommen, Synthese, Reaktivität und Bedeutung
- 2.6.3 Kohlensäure und Derivate
Vorkommen, Reaktivität und Bedeutung
- 2.6.4 Siliciumdioxid, Silicate, Silicagele und Silicone
Vorkommen, Synthese, Reaktivität, Eigenschaften und Verwendung
- 2.6.5 Analoge, Kohlenstoff- und Siliciumverbindungen im Vergleich
- 2.6.6 Zinn und Blei
Vorkommen, Gewinnung und Reaktivität auch von Oxiden, Sulfiden und Halogeniden

2.7 Borgruppe

- 2.7.1 Bor
Vorkommen, Gewinnung, Modifikationen, Eigenschaften und Bedeutung
- 2.7.2 Wasserstoff-, Sauerstoff- und Halogenverbindungen
Synthese, Struktur und Reaktivität
- 2.7.3 Aluminium
Gewinnung, Reaktivität und Bedeutung
- 2.7.4 Aluminiumverbindungen
Synthese, Struktur, Reaktivität und Verwendung

2.8 Erdalkaligruppe

- 2.8.1 Gewinnung und Reaktivität
- 2.8.2 Salze
Vorkommen, Entstehung (Wasserhärte) und Bedeutung

2.9 Alkaligruppe

- 2.9.1 Gewinnung und Reaktivität
- 2.9.2 Salze
Vorkommen, Bedeutung und Verwendung

2.10 Erste Übergangsreihe (Ti - Ni)

- 2.10.1 Übergangsmetalle
Gewinnung, Reaktivität, Eigenschaften und Verwendung
- 2.10.2 Sauerstoffverbindungen
Synthese, Entstehung und Reaktivität
- 2.10.3 Chrom-, Mangan-, Eisen-, Kobalt- und Nickel-Komplexe
Synthese, Struktur, Reaktivität und Bedeutung

2.11 Erste und zweite Nebengruppe

- 2.11.1 Nebengruppenelemente
Vorkommen und Gewinnung, Struktur und Reaktivität
- 2.11.2 Salze und Komplexe
Entstehung, Struktur, Reaktivität und Bedeutung

2.12 Platingruppe

- 2.12.1 Platinmetalle
Vorkommen, Reaktivität und Verwendung
- 2.12.2 Platinkomplexe
Isomerie, Verwendung und Bedeutung

3 Organische Chemie

3.1 Chemische Bindung

- 3.1.1 Orbitale, deren Hybridisierung und Überlappung;
Modelle von Atom- und Molekülorbitalen, Elektronenkonfiguration;
geometrische und quantenmechanische Modelle
- 3.1.2 C-H -, C-C - und C-Heteroatom - Einfachbindungen
Bindungsparameter und Konformationen, Konfiguration
- 3.1.3 C=C - und C=Heteroatom - Doppelbindungen
Bindungsparameter, Isomerie, Polarität, Geometrie
- 3.1.4 Elektronenstruktur der lokalisierten und delokalisierten Bindung,
Elektronendelokalisierung, Mesomerie (Resonanz), Mesomerieregeln

- 3.1.5 Aromatischer Zustand:
Strukturmerkmale, MO- und VB-Modelle, nichtbenzoide Aromaten; antiaromatischer Charakter
- 3.1.6 $C\equiv C$ - und $C\equiv N$ - Dreifachbindungen, Bindungsparameter, Polarität
- 3.1.7 Reaktive Zwischenstufen:
Radikale, Radikal-Ionen, Carbenium-Ionen, Carbonium-Ionen, Carbanionen; Struktur und Reaktivität von Carbenen und Nitrenen
- 3.1.8 Bindungspolarität, Dipolmomente, Elektronegativität, CH-Acidität;
HSAB-Konzept bei organischen Verbindungen und Reaktionen
- 3.1.9 Interionische und intermolekulare Wechselwirkung, Dipol-Dipol-Interaktion, Wasserstoff-Brücken, Ion-Dipol-Interaktion (vgl. a. 1.7.1)
- 3.1.10 Übergangszustands-Strukturen organisch-chemischer Reaktionen
- 3.1.11 Elementaranalyse und Molekularformel
Methoden zur Analyse der chemischen Bindung und zum Molekülbau

3.2 Chemische Reaktionstypen

- 3.2.1 Synthesepaltung organischer Stoffe, konvergente, lineare Synthese, Retrosynthese, Beispiele
- 3.2.2 Methoden und Theorie zur Untersuchung von Reaktionsmechanismen und -abläufen, Beweise von Zwischenstufen, Substitutionen
- 3.2.3 Radikalische Substitution
Ablauf; Stabilität und Reaktivität von Radikalen
- 3.2.4 Nukleophile Substitution am gesättigten Kohlenstoff
Mechanismen, Struktur und Reaktivität
- 3.2.5 Prinzip der Phasentransferkatalyse
- 3.2.6 Elektrophile und nukleophile Substitution an Aromaten und Heteroaromaten
Mechanismen, Struktur und Reaktivität
- 3.2.7 Photochemische Reaktionen, Prinzipien, Beispiele

Addition und Eliminierung

- 3.2.8 Pericyclische Reaktionen
Mechanismen und Theorien; Cycloadditionen (Diels-Alder-Reaktion), elektrocyclische Reaktionen; sigmatrope Umlagerungen; En-Reaktionen; Cycloreversionen; Woodward-Hoffmann-Regeln (Orbitalsymmetrie)
- 3.2.9 Eliminierung unter Bildung von CC-Mehrfachbindungen
Mechanismen, Selektivität
- 3.2.10 Elektrophile Addition an CC-Mehrfachbindungen
Mechanismen, Selektivität; kationische Polymerisation
- 3.2.11 Nukleophile Addition an CC-Mehrfachbindungen
Struktur und Reaktivität; anionische Polymerisation; Michael-Addition

- 3.2.12 Radikalische Addition und Polymerisation; Elektronen-Transfer-Prozesse

Reaktionen von Carbonyl-Verbindungen und Heteroanaloga

- 3.2.13 Carbonylgruppe
Struktur, Reaktivität und Molekülorbitalmodell; Polarität und Polarisierbarkeit; allgemeine Reaktivitätsreihung von Carbonylverbindungen
- 3.2.14 Carbonylverbindungen als CH-acide Verbindungen
Struktur, Reaktivität und Katalyse durch Säuren und Basen
- 3.2.15 Nukleophile und elektrophile Addition an Carbonylverbindungen
- 3.2.16 Umpolung der Carbonyl-Reaktivität
- 3.2.17 Heteroanaloge Carbonylgruppen, Struktur und Reaktivität

Umlagerungen

- 3.2.18 Anionotrope, kationotrope und radikalische Umlagerungen
- 3.2.19 Umlagerung an Aromaten

Oxidation und Reduktion

- 3.2.20 Oxidation von Alkylgruppen sowie CC-Mehrfachbindungen
- 3.2.21 Oxidative Spaltung von C-C - und C=C -Bindungen
- 3.2.22 Oxidation funktioneller Gruppen (u.a. auch von Amininen)
- 3.2.23 Dehydrierung, Dehydrierungsreagenzien
- 3.2.24 Reduktion und Selektivität, Hydrierung und Hydrogenolyse
- 3.2.25 Elektronen-Transfer bei Reaktionen von metallorganischen Verbindungen und bei der Bildung von charge-transfer-Komplexen

3.3 Stereochemie

- 3.3.1 Begriffe
Isomerie, Stereoisomerie, Reaktionsselektivität; statische und dynamische Stereochemie
- 3.3.2 Bezeichnungen der absoluten und relativen Konfiguration, Konformationsbezeichnung
- 3.3.3 Graphische Darstellung von Stereoformeln, Symmetriegruppen
- 3.3.4 Chiralität: zentrale, axiale und planare Chiralität, Chiralität bei helikalen Molekülen
- 3.3.5 Stereochemie an C, N, S, P und Si
Geometrische und energetische Aspekte
- 3.3.6 Unterscheidung und Trennung von stabilen langlebigen Konfigurationsisomeren

- 3.3.7 Dynamische Stereochemie von Reaktionen:
 S_N1 -, S_N2 - und S_{Ni} -Reaktionen, cis- und trans-Addition an Alkene; trans-Eliminierung; pericyclische Reaktionen (s.a. 3.2.8); Prinzip der asymmetrischen, diastereo- und enantioselektiven Synthese; Nachbargruppen-Beteiligung; Inversion; Retention; Racemisierung
- 3.3.8 Grundprinzipien der Stereochemie in Verbindung mit biologischen Effekten

3.4 Alkane, Cycloalkane

- 3.4.1 Summenformel, Konstitutionsformel, Nomenklatur

Alkane

- 3.4.2 Isomerisierungsenergien, Energie/Konformations-Diagramm, Torsionswinkel
- 3.4.3 Physikalisch-chemische Eigenschaften und Trennmethoden
- 3.4.4 Gewinnung, Synthese und Reaktionen

Cycloalkane

- 3.4.5 Stereochemie, Eigenschaften, Struktur und Reaktivität, Ringspannung
- 3.4.6 Synthese kleiner und großer Ringe
- 3.4.7 Kondensierte Ringsysteme, z.B.: Decalin und Steran; Spirane, Brückenringsysteme; z.B.: Adamantan

3.5 Alkene, Alkine

- 3.5.1 Summenformel, Konstitutionsformel, Nomenklatur

Alkene

- 3.5.2 Stereochemie, Isomerisierung
- 3.5.3 Synthese und Reaktionen
- 3.5.4 Di- und Polyene
Struktur und Reaktivität
- 3.5.5 Allene
Struktur, Synthese, Reaktionen

Alkine

- 3.5.6 Synthese und Reaktionen, Reppe-Synthesen
- 3.5.7 CH-Acidität (s.a. 3.1.8)

3.6 Aromatische Kohlenwasserstoffe (Arene)

- 3.6.1 Nomenklatur, Trivialbezeichnungen
- 3.6.2 Struktur und chemische Eigenschaften, Aromatizität/Hückel-Regel (vgl. 3.1.5), Benzoide und nichtbenzoide Aromaten, kondensierte Aromaten, einfache Heteroaromaten, Triphenylmethane, Cyclophane und Ansaverbindungen, Sandwich-Verbindungen
- 3.6.3 Gewinnung und Synthese

- 3.6.4 Chemische Eigenschaften und Reaktionen
Additionen, elektrophile und nukleophile Substitutionen, Substituenteneffekte

3.7 Halogenkohlenwasserstoffe

- 3.7.1 Nomenklatur, Trivialbezeichnungen
- 3.7.2 Alkylhalogenide
Synthese, physikalisch-chemische Eigenschaften, Verwendung
- 3.7.3 Arylhalogenide
Synthese, physikalisch-chemische Eigenschaften (s.a. 3.6.4), Reaktionen, Verwendung

3.8 Metallorganische Verbindungen

- 3.8.1 Bindungstypen
 σ -Bindung und π -Komplexe; Chelatkomplexe
- 3.8.2 Struktur, Polarität und Reaktivität
- 3.8.3 Herstellung, z.B. von: Li-, Mg-, Ti-, Zn-, Cd- und Hg-organischen Verbindungen
- 3.8.4 Eigenschaften sowie Reaktionen mit wichtigen Stoffklassen

3.9 Alkohole, Phenole, Enole; Ether

- 3.9.1 Struktur und Klassifizierung
- 3.9.2 Nomenklatur und Trivialnamen
- 3.9.3 Physikalische und chemische Eigenschaften
- 3.9.4 Herstellungsverfahren
- 3.9.5 Reaktionen

3.10 Stickstoffverbindungen

Amine

- 3.10.1 Struktur und Klassifizierung
- 3.10.2 Nomenklatur und Trivialnamen
- 3.10.3 Physikalische und chemische Eigenschaften
 pK_a -Werte, optische Aktivität an 3- und 4-bindigem N-Atom
- 3.10.4 Herstellung durch Substitutions-, Reduktions-(Hydrierungs-) und Abbau-Reaktionen
- 3.10.5 Reaktionen
- 3.10.6 Wichtige abgeleitete Stoffklassen
Synthese und Eigenschaften

Diazo- und Diazonium-Verbindungen

- 3.10.7 Herstellung, Eigenschaften und Verwendung einfacher aliphatischer und aromatischer Diazo-
verbindungen
- 3.10.8 Herstellung, Eigenschaften und Reaktionen aromatischer Diazoniumverbindungen

Nitro- und Nitroso-Verbindungen

- 3.10.9 Nitroalkane
Struktur, Herstellung, Eigenschaften und Umsetzungen
- 3.10.10 Aromatische Nitroverbindungen
Herstellung und Eigenschaften, Reduktionsprodukte
- 3.10.11 Aromatische Nitrosoverbindungen
Herstellung durch direkte Nitrosierung und Oxidation von N-Arylhydroxylaminen, Eigenschaf-
ten
- 3.10.12 Nitrosamine
Herstellung und Eigenschaften
- 3.10.13 Anhang Phosphorverbindungen: Phosphorylide, Phosphonate, Phosphate
Struktur, Herstellung, Eigenschaften, Reaktionen

3.11 Schwefelverbindungen

- 3.11.1 Nomenklatur wichtiger Stoffklassen
- 3.11.2 Thiole und Disulfide
Struktur, Darstellung, Eigenschaften und Reaktionen
- 3.11.3 Sulfide, Sulfoxide und Sulfone
Struktur, Stereochemie, Darstellung, Eigenschaften und Reaktionen
- 3.11.4 Sulfonsäuren und Derivate
Struktur, Darstellung, Eigenschaften und Reaktionen
- 3.11.5 Thiol-, Thion-, Dithiocarbonsäuren und Derivate
Struktur, Darstellung am Beispiel von Thioderivaten der Kohlensäure

3.12 Aldehyde und Ketone

- 3.12.1 Nomenklatur und Trivialbezeichnungen einfacher und mehrwertiger Aldehyde und Ketone
(auch als Oligomere sowie Naturstoffe)
- 3.12.2 Strukturmerkmale der Carbonylfunktion (s.a. 3.2.13)
- 3.12.3 Synthesen
- 3.12.4 Physikalische und chemische Eigenschaften niederer Aldehyde und Ketone
- 3.12.5 Reaktivität der Carbonylfunktion
Additions- und Kondensationsreaktionen, Redox-Reaktionen, Enolisierung (s.a. 3.9)
Thioacetale, Umpolung, Hydrodimerisierung
- 3.12.6 Reaktionen α,β -ungesättigter Carbonylverbindungen

- 3.12.7 Chinone
Herstellung, Eigenschaften, Reaktivität

3.13 Carbonsäuren und Derivate (einschließlich Kohlensäure)

- 3.13.1 Nomenklatur und Trivialnamen aliphatischer und aromatischer Carbonsäuren sowie ihrer Salze und Derivate

Carbonsäuren

- 3.13.2 Strukturmerkmale, Eigenschaften, homologe Reihen
- 3.13.3 Gewinnung, Darstellung und Synthese
- 3.13.4 Reaktionsverhalten
Reduktion; Decarboxylierung, α - und β -Halogenierung sowie Substitution der Halogene

Derivate

- 3.13.5 Carbonsäureester, Lactone (s. 3.14.4)
Synthese (u.a. über reaktive Zwischenstufen), Mechanismen der Esterbildung, Strukturmerkmale und Eigenschaften im Vergleich zu Carbonsäuren, Reaktionen mit Nucleophilen, Struktur und Darstellung einfacher Orthoester
- 3.13.6 Carbonsäureanhydride, Ketene
Synthese, Strukturmerkmale, Eigenschaften, Reaktionen
- 3.13.7 Carbonsäureamide, -imide, -hydrazide, -nitrile und Hydroxamsäuren; Lactame
Synthesen, Strukturmerkmale, Eigenschaften, Reaktionen
- 3.13.8 Carbonsäurehalogenide und -azide
Synthesen, Strukturmerkmale, Eigenschaften, Reaktionen
- 3.13.9 Isocyanate, Isothiocyanate, Carbodiimide
Synthese, Strukturmerkmale, Reaktionen mit Nucleophilen und Reduktion
- 3.13.10 Reaktionen CH -acidischer und α - und β -ungesättigter Carbonsäurederivate, z.B.: Ketenbildung, Esterkondensation, Alkylierung, Michael-Addition (s.a. 3.2.11), Knoevenagel- und Perkin-Synthese

3.14 Hydroxy- und Ketocarbonsäuren

- 3.14.1 Nomenklatur und Trivialnamen von Säuren und Salzen

Hydroxycarbonsäuren

- 3.14.2 Strukturmerkmale und physikalisch-chemische Eigenschaften, Stereochemie
- 3.14.3 Gewinnung, Darstellung und Synthese
- 3.14.4 Reaktionsverhalten, Darstellung von Lactonen, Stabilität

Ketocarbonsäuren

- 3.14.5 Strukturmerkmale und physikalisch-chemische Eigenschaften, Trivialnamen
- 3.14.6 Synthesen

- 3.14.7 Reaktionen
Decarbonylierung und Decarboxylierung; Alkylierung, Acylierung, Keton- und Säurespaltung

3.15 Heterocyclen (Heterarene)

- 3.15.1 Nomenklatur, Trivialnamen und Struktur gesättigter und ungesättigter 3- bis 7-gliedriger Heterocyclen mit N-, O- und S-Heteroatomen
- 3.15.2 Eigenschaften, Stabilität, Säure-Base-Verhalten N-haltiger Heterocyclen, aromatischer Charakter
- 3.15.3 Synthesen von Furan-, Pyrrol-, Thiophen-, Pyrazol-, Imidazol-, Thiazol-, Pyridin-, Pyrimidin-, Pyrazin-, Indol-, Chinolin-, Isochinolin- und Purin-Derivaten
- 3.15.4 Substitution an 5- und 6-Ring-Heteroaromaten, Reaktionsverhalten

3.16 Kohlenhydrate

- 3.16.1 Definition, Einteilung, Nomenklatur und Trivialnamen natürlicher Mono-, Oligo- und Polysaccharide:
Aldosen, Ketosen, Triosen bis Hexosen
- 3.16.2 Strukturen und Stereochemie natürlicher Mono- und Disaccharide; offenkettige und Cyclohalbacetal-Formen; Mutarotation und α/β -Anomere; Epimere; D- und L-Zucker; erythro- und threo-Form; α/β -glykosidische Acetale mit 1.1-, 1.4- und 1.6-Verknüpfung (inkl. Cellulose und Stärke)
- 3.16.3 Reaktionsverhalten natürlicher Mono- und Disaccharide
Reduktion, Oxidation, Hydrolyse, Isomerisierung, Acylierung, Methylierung, Osazonbildung
- 3.16.4 Auf- und Abbau von Monosacchariden

3.17 Aminosäuren und Peptide

Aminosäuren (AS)

- 3.17.1 Einteilung, Nomenklatur, Trivialnamen und Abkürzungen proteinogener AS; essentielle AS
- 3.17.2 Strukturen und Stereochemie proteinogener AS
- 3.17.3 Eigenschaften proteinogener AS als Zwitterionen und Ampholyte
- 3.17.4 Reaktionsverhalten proteinogener AS
Racemisierung; Komplexbildung mit Cu^{2+} ; Ninhydrin-Reaktion; Kondensation zu Peptiden sowie zu Diketo-Piperazinen
- 3.17.5 Synthese proteinogener AS, Racematspaltung; Möglichkeit asymmetrischer Synthesen; β - und γ -Aminosäuren

Peptide

- 3.17.6 Einteilung und Nomenklatur
nach Zahl der AS; als Acyl-AS; abgekürzte Sequenzschreibweise
- 3.17.7 Peptidbindung; Sequenz und Konformation

- 3.17.8 Eigenschaften als polyvalente Ionen und Ampholyte
- 3.17.9 Chemischer Abbau und Aufbau von Peptidketten, Merrifield-Synthese als Beispiel eines Prinzips der organischen Festphasen-Synthese

3.18 Synthetische Polymere

- 3.18.1 Grundbegriffe der Polymerchemie
- 3.18.2 Nomenklatur und Einteilung nach Art der Monomereinheit (s.a. 3.18.4), der Entstehung und der Eigenschaften
- 3.18.3 Charakterisierung
- 3.18.4 Monomere und Verknüpfung, Struktur
Polyolefine, Polyoxymethylen, Polyethylenoxid, Polyester, Polyamide, Polyurethane, Polysiloxane, Phenolformaldehyd-Harze, Polyvinylpyrrolidon, Polyglycole, Einteilung nach Eigenschaften
- 3.18.5 Synthesen über Stufenreaktion sowie über Kettenreaktion mit Beispielen aus 3.18.4

**Grundlagen der pharmazeutischen Biologie und
der Humanbiologie**

Grundlagen der pharmazeutischen Biologie

1 Cytologie

1.1 Morphologische Grundlagen der Zelle (Eubakterien, Eukaryoten)

1.1.1 Zelle der Eubakterien (Bacteria)

1.1.2 Zelle der Samenpflanzen

1.1.3 Zelle der Säugetiere

1.2 Chemie, Struktur, Funktion von Zellwänden, Interzellulärsubstanz und Glykocalyx

1.2.1 Eubakterien (incl. Angriffsort von β -Lactamantibiotika)

1.2.2 Samenpflanzen

1.2.3 Säugetiere

1.3 Biomembranen

1.3.1 Chemie und Aufbau

1.3.2 Membranfluss

1.3.3 Physikalische Eigenschaften: Semipermeabilität, Membranpotential

1.3.4 Zellkontakte (gap junction, tight junction, Desmosom, Plasmodesmata)

1.3.5 Transportmechanismen

1.3.6 Signaltransduktionswege in Säugetierzellen

1.4 Zellstrukturen und ihre Funktionen

1.4.1 Zusammensetzung und Funktion des Cytosols

1.4.2 Zellkern (inkl. Chromosomen), Kernäquivalente

- 1.4.3 Vakuole
- 1.4.4 Glattes und raues Endoplasmatisches Retikulum
- 1.4.5 Dictyosomen, Golgi-Apparat
- 1.4.6 Speichervesikel
- 1.4.7 Mitochondrien
- 1.4.8 Plastiden
- 1.4.9 Ribosomen
- 1.4.10 Glyoxysomen, Peroxisomen
- 1.4.11 Lysosomen
- 1.4.12 Cytoskelett
- 1.4.13 Geißeln

2 Anatomie, Morphologie und Histologie der Samenpflanzen

2.1 Allgemeines

- 2.1.1 Zellen, Form und Struktur (s.a.1.1.2)
- 2.1.2 Bildungsgewebe
- 2.1.3 Grundgewebe
- 2.1.4 Abschlussgewebe, Absorptionsgewebe
- 2.1.5 Leitgewebe, Leitbündel
- 2.1.6 Festigungsgewebe
- 2.1.7 Exkretionsgewebe (inkl. taxonspezifische Besonderheiten)

2.2 Wurzel

- 2.2.1 Struktur und Funktion vor und nach sekundärem Dickenwachstum

2.3 Sprossachse

2.3.1 Struktur und Funktion vor und nach sekundärem Dickenwachstum

2.4 Laubblatt

2.4.1 Struktur und Funktion

2.4.2 Taxonspezifische Merkmale

2.5 Blüte

2.5.1 Struktur und Funktion

2.5.2 Blütenstände

2.5.3 Taxonspezifische Merkmale von Blüten und Blütenständen

2.6 Frucht

2.6.1 Struktur und Funktion

2.6.2 Taxonspezifische Merkmale

2.7 Samen

2.7.1 Struktur und Funktion

2.7.2 Taxonspezifische Merkmale

3 Genetik

3.1 Nucleinsäuren

3.1.1 Molekulare Struktur, Konformationen und Funktionen der Desoxyribonucleinsäure (DNA); Exon, Intron

3.1.2 Molekulare Strukturen und Funktionen der Ribonucleinsäuren (RNA) (s.a. 4.1.3)

3.1.3 Genetischer Code

3.2 Umsetzung genetischer Information

- 3.2.1 Transkription der DNA
- 3.2.2 Prozessieren der RNA
- 3.2.3 Translation
- 3.2.4 Regulation der Proteinbiosynthese

3.3 Weitergabe und Verteilung der genetischen Information

- 3.3.1 Replikation der DNA
- 3.3.2 Zellzyklus, Mitose, Meiose
- 3.3.3 Meiotische Systeme, Kernphasenwechsel, Generationswechsel
- 3.3.4 Plasmatische Vererbung
- 3.3.5 Parasexuelle (parameiotische) Systeme, Phagen, Plasmide, Resistenzfaktoren

3.4 Veränderungen der genetischen Information

- 3.4.1 Somatische Mutationen, Mutationen der Keimbahn
- 3.4.2 Mutationstypen, Genom-, Chromosomen- und Punktmutationen, Ames-Test
- 3.4.3 Mutagene Faktoren und transponierbare genetische Elemente
- 3.4.4 Umordnungen der Gene (Antikörperbildung)

3.5 Grundlagen der Molekularbiologie

- 3.5.1 Techniken der Molekularbiologie
- 3.5.2 Klonierung und Überexpression von Genen

4 Stoffwechsel- und Entwicklungsphysiologie

4.1 Enzyme

- 4.1.1 Einteilung, Wirkweise und Bedeutung von Enzymen für den Stoffwechsel; Coenzyme, Beziehung zu Vitaminen
- 4.1.2 Beeinflussung der Enzymaktivität
- 4.1.3 Ribozyme (s.a. 3.1.2)

4.2 Grundzüge des Kohlenhydratstoffwechsels

- 4.2.1 Mono-, Oligo- und Polysaccharide (s.a. Chem 3.16.1 u. 3.16.4)

4.3 Grundzüge des Stickstoffstoffwechsels

- 4.3.1 Aminosäuren und Proteine (s.a. Chem 3.17.1, 3.17.2 u. 3.17.6)

4.4 Grundzüge des Fettstoffwechsels

- 4.4.1 Fettsäuren und Fette

4.5 Grundzüge des Energiestoffwechsels (s.a. 4.2.1, 4.3.1 und 4.4.1)

- 4.5.1 Energetische Kopplung, Prinzip und Bedeutung
- 4.5.2 Glykolyse (s.a. 4.2.1)
- 4.5.3 Pyruvatdecarboxylierung
- 4.5.4 Citratzyklus
- 4.5.5 Glyoxylatzyklus und Gluconeogenese
- 4.5.6 Atmung, Endoxidation
- 4.5.7 Anaplerotische Reaktionen
- 4.5.8 Gärungen

4.6 Pflanzliche und bakterielle Stoffwechselprozesse

4.6.1 Photosynthese

4.6.2 Chemosynthese

4.6.3 Calvin-Zyklus

4.6.4 Aufnahme und Verwertung von Stickstoff und Schwefel

4.6.5 Sekundärstoffwechsel: Abgrenzung zum Primärstoffwechsel, Beeinflussung durch ökologische Faktoren, Bedeutung für die Gewinnung biogener Arzneistoffe; Strukturtypen sekundärer Pflanzenstoffe

4.7 Entwicklungsphysiologie der Pflanzen

4.7.1 Totipotenz, Polarität

4.7.2 Wirkung ökologischer Faktoren (Licht, Wasser, Temperatur, Nährstoffe)

5 Grundlagen der Systematik und der Taxonomie

5.1 Definition und Nomenklatur taxonomischer Einheiten und deren Stellung in einem hierarchischen System

5.2 Grundlegende Merkmale der Eubakterien, Archaeobakterien, Pilze, Rotalgen, Braunalgen, Grünalgen, Moose, Bärlappe, Farne, Schachtelhalme, Samenpflanzen

6 Viren

6.1 Merkmale der aufgeführten Taxa

6.1.1 Herpesviridae, Picornaviridae, Retroviridae, Orthomyxoviridae

6.2 Vermehrung von Viren

6.2.1 Entwicklungszyklus von Bakteriophagen

6.2.2 Entwicklungszyklus von Humanen Polioviren (HPV) und Humanen Immundefizienz-Viren (HIV)

6.3 Einordnung und Pathogenität medizinisch bedeutsamer Arten der unter 6.1.1 aufgeführten Taxa

7 Eubakterien (Bacteria)

7.1 Morphologie und Cytologie

7.1.1 Bau der Bakterienzellen (s.a. 1.1.1, 1.2.1 und 7.3)

7.1.2 Gramfärbung

7.2 Wachstum und Entwicklung

7.2.1 Wachstumsphasen

7.2.2 Ernährungstypen

7.2.3 Asexuelle Fortpflanzung und parasexuelle Prozesse (s.a. 3.3.5)

7.3 Pharmazeutische und medizinische Bedeutung von Arten der aufgeführten Taxa

7.3.1 Acetobacter, Pseudomonas, Vibrio, Escherichia, Salmonella

7.3.2 Corynebacterium, Mycobacterium, Streptomyces

7.3.3 Bacillus, Clostridium, Lactobacillus, Staphylococcus, Streptococcus

8 Pilze (Mycota, Fungi)

8.1 Pharmazeutische und medizinische Bedeutung von Arten der aufgeführten Taxa

8.1.1 Rhizopus, Cunninghamella

8.1.2 Acremonium, Aspergillus, Penicillium, Trichophyton, Saccharomyces, Candida

8.1.3 Amanita

9 Braunalgen (Phaeophyceae)

9.1 Chemische Merkmale und pharmazeutische Bedeutung der aufgeführten Taxa

9.1.1 Laminaria, Macrocystis

10 Rotalgen (Rhodophyta)

10.1 Chemische Merkmale und pharmazeutische Bedeutung der aufgeführten Taxa

10.1.1 Gelidium, Gracilaria, Gigartina

11 Samenpflanzen (Spermatophyta)

11.1 Einordnung pharmazeutisch verwendeter oder toxischer Arten der unter 11.2, 11.3 und 11.4 aufgeführten Taxa; Stoffgruppen der in diesen Arten vorkommenden Wirkstoffe

11.2 Morphologische und chemische Merkmale folgender Taxa der Pinopsida

11.2.1 Pinaceae

11.3 Morphologische und chemische Merkmale folgender Taxa der Liliopsida

11.3.1 Alliaceae

11.3.2 Asphodelaceae

11.3.3 Colchicaceae

11.3.4 Zingiberaceae

11.3.5 Poaceae

11.4 Morphologische und chemische Merkmale folgender Taxa der Rosopsida

- 11.4.1 Ranunculaceae
- 11.4.2 Papaveraceae
- 11.4.3 Caryophyllaceae
- 11.4.4 Polygonaceae
- 11.4.5 Rosaceae
- 11.4.6 Fabaceae (incl. Mimosaceae, Caesalpiaceae)
- 11.4.7 Brassicaceae
- 11.4.8 Malvaceae (incl. Tiliaceae)
- 11.4.9 Rutaceae
- 11.4.10 Primulaceae
- 11.4.11 Solanaceae
- 11.4.12 Gentianaceae
- 11.4.13 Apocynaceae (incl. Asclepiadaceae)
- 11.4.14 Rubiaceae
- 11.4.15 Scrophulariaceae
- 11.4.16 Lamiaceae
- 11.4.17 Apiaceae
- 11.4.18 Asteraceae

11.5 Drogenherkunft

- 11.5.1 Kenntnis der Arzneibuchdrogen (soweit nicht unter 11.2, 11.3 und 11.4 gefordert), der entsprechenden Stammpflanzen und deren systematischer Zugehörigkeit (Pflanzenfamilie)

Grundlagen der Humanbiologie

12 Grundzüge der Anatomie und Physiologie des Nervensystems

12.1 Gliederung des Nervensystems

12.1.1 Zentrales und peripheres Nervensystem, weiße und graue Substanz, Hirnnerven, Spinalnerven, Gliazellen, vegetatives Nervensystem, Darmnervensystem

12.2 Struktur der Nervenfasern

12.2.1 Aufbau eines Neurons, Unterschiede zwischen sensorischen und motorischen Fasern, markhaltige und marklose Nervenfasern, Myelinscheide, Schwannsche Zelle, Ranvierscher Schnürring

12.3 Erregungsleitung

12.3.1 Aktionspotential, Depolarisation, Repolarisation, spannungsabhängige Na⁺-Kanäle, Erregungsfortleitung

12.4 Feinstruktur einer Synapse, Erregungsübertragung

12.4.1 Aufbau von Synapsen: prä-, postsynaptische Zelle, Speichervesikel, Rezeptoren, Neurotransmitter

12.5 Struktur und Funktion einzelner Gehirnteile

12.5.1 Großhirnhemisphären, Balken, Basalganglien, Thalamus, Hypothalamus, Hypophyse, Brücke, verlängertes Mark, Kleinhirn, Blut-Hirn-Schranke, Liquorräume

12.6 Rückenmark und peripherer Nerv

12.6.1 Vorder- und Hinterhorn, afferente und efferente Nerven; Reflexbogen, Eigen- und Fremdreiflex

12.7 Sinnesorgane

12.7.1 Auge: Akkommodation, Pupillenfunktion, Kurz- und Weitsichtigkeit, Kammerwasserproduktion und -abfluss

12.7.2 Ohr: Hör- und Gleichgewichtsorgan

12.8 Vegetatives Nervensystem

12.8.1 Zentrale Regulation, Ursprung vegetativer Nerven

12.8.2 Lokalisation prä- und postganglionärer sympathischer und parasympathischer Nerven

12.8.3 Vegetativ innervierte Organe

13 Grundzüge der Anatomie und Physiologie der glatten Muskulatur und der Skelettmuskulatur

13.1 Feinstruktur und Funktion der quergestreiften Muskulatur

13.1.1 Muskelfaser, Myofilamente, Kontraktion, elektromechanische Kopplung

13.2 Neuromuskuläre Endplatte

13.2.1 Acetylcholin: Bildung, Freisetzung und Abbau

13.2.2 Acetylcholinrezeptoren, Depolarisation der Muskelmembran

13.3 Feinstruktur und Funktion der glatten Muskulatur

13.3.1 Vorkommen, Kontraktion und Erschlaffung

14 Grundzüge der Morphologie und Physiologie des Herzens und des Gefäßsystems

14.1 Anatomischer Aufbau des Herzens

14.1.1 Vorhöfe, Kammern, Herzklappen, Koronargefäße, Herzmuskelzelle

14.2 Herzerregung

- 14.2.1 Aktionspotentiale und Ionenströme in Sinusknoten und Ventrikelmuskulatur, Refraktärzeit, Funktion Sinusknoten, sekundäre Schrittmacher, Erregungsausbreitung, Kontraktion des Herzmuskels, Systole, Diastole

14.3 Regulation der Herztätigkeit

- 14.3.1 Schlagvolumen und Herzzeitvolumen sowie Anpassung bei körperlicher Belastung, Regulation der Herztätigkeit durch das vegetative Nervensystem, Sauerstoffversorgung, Energiestoffwechsel

14.4 Elektrokardiogramm

- 14.4.1 Grundprinzip der Messung

14.5 Gliederung des Kreislaufsystems

- 14.5.1 Schema des Blutkreislaufs, kleiner und großer Kreislauf, Pfortaderkreislauf
- 14.5.2 Lymphsystem

14.6 Bau und Funktion der Gefäße

- 14.6.1 Arterien, Arteriolen, Kapillaren, Endothel, Venolen und Venen, aktives und passives Dehnungsverhalten, Gefäßwiderstand, Hoch- und Niederdrucksystem, Windkesselfunktion, Regulation

14.7 Blutdruckregulation

- 14.7.1 Herzzeitvolumen und peripherer Widerstand, vegetatives Nervensystem, Barorezeptoren, Renin-Angiotensin-Aldosteron-System

15 Grundlagen der wichtigsten Funktionen des Blutes

15.1 Zusammensetzung des Blutes

- 15.1.1 Elektrolyte, verschiedene Blutzellen, Blutgruppen, Rhesusfaktor, Hämatokrit, Plasma, Serum

15.2 Erythrozyten

15.2.1 Erythropoese

15.2.2 Funktion des Hämoglobins beim Atemgastransport

15.3 Grundlagen des Immunsystems

15.3.1 Angeborene, übertragene und erworbene Immunität, humorale und zelluläre Immunität

16 Prinzipien des Elektrolyt- und Wasserhaushaltes

16.1 Niere und ableitende Harnwege

16.1.1 Nierenrinde und -mark, Verlauf der Blutgefäße in der Niere und den Glomeruli

16.1.2 Harnleiter, Blase und Harnröhre

16.2 Aufbau des Nephrons

16.2.1 Glomerulus, Tubulussystem, funktionelle Zuordnung der einzelnen Tubulussegmente

16.3 Glomeruläre Filtration

16.3.1 Funktion der Glomeruli, effektiver Filtrationsdruck, Filterstruktur und ihre Funktion, glomeruläre Filtrationsrate

16.4 Tubuläre Sekretion und Reabsorption, Harnbildung

16.4.1 Sekretion und Rückresorption von Elektrolyten, Säuren, Basen und Glucose, transepithelialer Transport, Clearance

16.4.2 Tubuloglomeruläres Feedback, Harnkonzentrierung, Angriffspunkte und Wirkungsweise von Aldosteron und Adiuretin

17 Grundzüge der Anatomie und Physiologie der Atmungsorgane

17.1 Bau und Funktion der Atmungsorgane

17.1.1 Atemwege, Trachea, Bronchien, Zwerchfell, Lunge, Alveolen, Flimmerepithel

17.2 Gasaustausch

17.2.1 Ventilation, Lungen- und Atemvolumina, Atmungswiderstände

17.2.2 Gasaustausch, Atemgastransport, Partialdruckgefälle

17.3 Atmungsregulation

17.3.1 Respiratorische Neurone (Atemzentrum), Chemorezeptoren

18 Grundzüge der Morphologie und Physiologie der Haut und von Geweben

18.1 Aufbau und Funktion der Haut

18.1.1 Epidermis, Korium, Subkutis, Anhangsorgane, Regulation der Körperhomöostase, Hautrezeptoren, Stoffwechselläufe

18.2 Aufbau und Funktion von Geweben

18.2.1 Epithelien, Bindegewebe, Knorpel, Knochen

19 Grundzüge der Anatomie und Physiologie der Verdauungsorgane

19.1 Aufbau und Funktion des Gastrointestinaltraktes

19.1.1 Gliederung des Gastrointestinaltraktes

19.1.2 Aufbau und Bedeutung der Schleimhäute, Magenmotorik und Magensaftsekretion

19.1.3 Darmmotilität

19.2 Aufbau und Funktion des hepatobiliären Systems

19.2.1 Produktion, Abgabe und Funktion von Galleflüssigkeit, Gallenblase, Ausführungsgänge

19.2.2 Aufbau eines Leberläppchens, Pfortader, enterohepatischer Kreislauf

19.3 Aufbau und Funktion des Pankreas

19.3.1 Endokrine Funktion

19.3.2 Exokrine Funktion

19.4 Nährstoffe

19.4.1 Essentielle Nährstoffe

19.4.2 Bedarf, Aufnahme und Speicherung von Kohlenhydraten, Fetten und Eiweißen

20 Grundzüge der Anatomie und Physiologie der Fortpflanzungsorgane

20.1 Bau und Funktion der Fortpflanzungsorgane

20.1.1 Männliche und weibliche Fortpflanzungsorgane

20.1.2 Sexualhormone

20.1.3 Menstruationszyklus

20.2 Schwangerschaft und Geburt

20.2.1 Befruchtung und Implantation, Plazentafunktion

20.2.2 Entwicklung des Embryos und des Feten, Phasen des Geburtsverlaufs, Milchproduktion

21 Hormone

21.1 Grundzüge der hormonalen Regelung

21.2 Hormone des Hypophysenvorderlappens (s.a. 12.5.1 und 20.1.2)

21.3 Hormone des Hypophysenhinterlappens (s.a. 12.5.1 und 16.4.2)

21.4 Hormone der Nebenniere (s.a. 14.7.1 und 16.4.2)

21.5 Hormone des Pankreas (s.a. 19.3.1)

21.6 Sexualhormone (s.a. 20.1.2)

**Grundlagen der Physik,
der physikalischen Chemie
und der Arzneiformenlehre**

1 Allgemeines

1.1 Physikalische Größen und Einheiten

1.1.1 Physikalische Größen

Darstellung mittels Einheit und Maßzahl

1.1.2 Einheiten

Kenntnis der 7 Basisgrößen und Basiseinheiten des SI (Système International d'Unités); abgeleitete Einheiten: Zusammenhang mit den Basiseinheiten über die Definitions-Größengleichung der abgeleiteten Größe; in Literatur und Praxis verbreitete Einheiten aus anderen Maßsystemen, z.B.: °C, eV, bar, cal

1.1.3 Vielfache und Bruchteile von Einheiten

Vorsätze für dezimale Teile und Vielfache

1.1.4 Skalare und vektorielle Größen

Unterscheidung; Einordnung der von dieser Prüfungsstoffsammlung abgedeckten physikalischen Größen

1.2 Physikalische Messungen

1.2.1 Graphische Darstellungen

Anfertigung, Gebrauch und Auswertung graphischer Darstellungen; Anwendung linearer und logarithmischer Skalen

1.2.2 Unsicherheiten, Fehler

Unsicherheiten von Messungen, systematische Fehler, zufällige Fehler, Unsicherheiten bei Zählungen statistischer Ereignisse (s.a. PhAna 1.2.2)

1.2.3 Auswertung unter Berücksichtigung von Unsicherheiten

Graphische Darstellung mit Unsicherheitsbalken; absolute und relative Unsicherheiten (Fehler); Bestimmung der maximalen Unsicherheit einer aus mehreren Messgrößen zusammengesetzten Größe aus den einzelnen Messfehlern; arithmetischer Mittelwert bei Messreihen

1.2.4 Messgeräte und ihr Gebrauch

Gebrauch von Maßstäben, Messschiebern (Schieblehren), Uhren, Zählern, Thermometern, Manometern, Messgeräten für elektrische Stromstärke und Spannung, Oszilloskopen; Messunsicherheit bei digital anzeigenden Messgeräten

2 Mechanik

2.1 Bewegungen

2.1.1 Geschwindigkeit, Beschleunigung

Definitionen, vektorielle Zusammensetzung von Geschwindigkeiten und Beschleunigungen

2.1.2 Geradlinige Bewegungen

Zusammenhang von Beschleunigung, Geschwindigkeit, Weg und Zeit; einfache Beispiele mit konstanter Beschleunigung

2.1.3 Rotationsbewegungen

Zusammenhang von Winkelbeschleunigung, Winkelgeschwindigkeit, Winkel und Zeit; einfache Beispiele mit konstanter Drehzahl (Darstellung mittels Winkelgeschwindigkeit, Kreisfrequenz und Umfangsgeschwindigkeit)

2.1.4 Zeitabhängige Vorgänge

Nichtperiodische, allgemein-periodische und harmonische Vorgänge, Periodendauer und Frequenz, Einordnung einfacher Beispiele; Überlagerung von harmonischen Schwingungen in einfachen Fällen

2.1.5 Momentanwert und Mittelwert

Definitionen, Vergleich bei einfachen Vorgängen, z.B. beschleunigter Bewegung, harmonischem Vorgang

2.2 Kraft, Drehmoment

2.2.1 Kräfte

Vektorielle Addition von Kräften, Zerlegung einer Kraft in Komponenten vorgegebener Richtung (Kräfteparallelogramm)

2.2.2 Newton'sche Prinzipien

Trägheitsprinzip; Zusammenhang zwischen Kraft, Masse und Beschleunigung; Prinzip der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung (actio = reactio)

2.2.3 Kräfte und Bewegungen

Einfache Beispiele (konstante Beschleunigung oder Verzögerung); Zusammenhang von Masse und Gewichtskraft, Fallbeschleunigung, freier Fall; Reibungskräfte (Richtung, Bremswirkung)

2.2.4 Drehmoment, Hebelgesetz

Zusammenhang des Drehmoments mit Kraft und Hebelarm, Gleichgewichtsbedingung, Behandlung einfacher Beispiele, z.B. Hebel, Waage

2.2.5 Fliehkraft

Betrag und Richtung der Zentrifugalkraft bei einer gleichförmigen Kreisbewegung (s.a. 2.5.7); Zentrifuge

2.2.6 Verformungen

Zusammenhang zwischen Kraft und Längenänderung einer elastischen Feder (Federkonstante); plastische Verformungen

2.2.7 Dichte

Dichte, relative Dichte, mittlere Dichte von Haufwerken (Pulvern); Porosität

2.3 Energie, Leistung, Impuls

2.3.1 Arbeit, Energie

Zusammenhang mit Kraft und Weg, auch bei nicht konstanter Kraft und für den Fall, dass die Kraft nicht parallel zum Weg angreift; kinetische Energie der Translation und Rotation; potentielle Energie, Berechnung einfacher Beispiele wie senkrechte Bewegung im Schwerfeld (Hubarbeit); Bewegung auf der schiefen Ebene; Verformung einer Feder

2.3.2 Energieerhaltungssatz (s.a. 3.3.3)

Kinetische Energie der Translation; einfache Anwendungen des Energieerhaltungssatzes aus der Mechanik (Energieformen und ihre Umwandlungen für die senkrechte Bewegung im Schwerfeld, Energieformen und ihr periodischer Wechsel beim Federpendel), Einfluss der Reibung (Prinzip)

2.3.3 Leistung

Zusammenhang mit Energie, Arbeit und Zeit

2.3.4 Impuls, Impulserhaltungssatz

Zusammenhang mit Masse und Geschwindigkeit; vektorielle Darstellung; Anwendung auf einfache elastische und unelastische zentrale Stöße

2.3.5 Drehimpuls

Zusammenhang mit Trägheitsmoment und Winkelgeschwindigkeit; Drehimpulserhaltungssatz

2.4 Mechanik ruhender Flüssigkeiten und Gase (Fluide)

2.4.1 Druck

Schweredruck und Stempeldruck, auch Gesamtdruck in einem flüssigkeitsgefüllten Behälter

2.4.2 Druckmessung

Druckmessung mittels üblicher Manometer; Darstellung einfacher Fälle, speziell auch am U-Rohr-Manometer

2.4.3 Hydraulische Anordnungen

Druckerzeugung mittels Kolben; Zusammenhänge für Druck, Kraft, Weg und Energie (Arbeit), z.B. bei der hydraulischen Presse

2.4.4 Auftrieb

Auftrieb in Flüssigkeiten und Gasen, archimedisches Prinzip, Schwimmbedingung, Schweben

2.4.5 Dichte

Messung mittels Aräometer und Mohr'scher Waage, Pyknometer-Methode; Messung an Festkörpern mittels Schwebemethode

2.4.6 Partialdruck

Gesamtdruck und Partialdruck bei Gasgemischen

2.5 Mechanik bewegter Flüssigkeiten und Gase (Fluide)**2.5.1 Kontinuitätsbedingung**

Prinzip, Anwendung auf Massen-, Stoffmengen- und Volumenstrom

2.5.2 Bernoulli'sche Beziehung

Grundzüge, Begriff des Staudrucks

2.5.3 Viskosität

Begriff der dynamischen Viskosität; Temperaturabhängigkeit (qualitativ); Charakteristik einer Newton'schen Flüssigkeit

2.5.4 Strömungswiderstand

Definition als Druckdifferenz/Volumenstrom; Strömungsleitwert; Druckdifferenz-Volumenstrom-Diagramm; Serien- und Parallelschaltung von Rohrleitungen, Analogie zu Kirchhoff'schen Regeln (s.a. 4.3.3)

2.5.5 Hagen-Poiseuille'sches Gesetz

Anwendungsvoraussetzungen: laminare Strömung, Newton'sche Flüssigkeit; Zusammenhang mit Abmessungen, Druckdifferenz und Viskosität; Anwendung beim Kapillarviskosimeter

2.5.6 Stokes'sche Beziehung

Zusammenhang zwischen Abmessungen, Geschwindigkeit und Reibungskraft einer sinkenden Kugel

2.5.7 Sedimentation

Sedimentation im Schwerfeld; Wirkung der Zentrifuge (s.a. 2.2.5)

2.6 Grenzflächeneffekte**2.6.1 Grenzflächenspannung**

Oberflächenspannung, Darstellung als Flächendichte der Grenzflächenenergie und als Kraft pro Länge an einer Berandung; Temperaturabhängigkeit (qualitativ); Wirkung von Tensiden

2.6.2 Zwischenmolekulare Kräfte

Zusammenhang mit Grenzflächeneffekten (qualitativ), Kohäsion, Adhäsion, Benetzung, Spreitung, Adsorption, Desorption, Adsorptions- und Desorptionswärme

2.6.3 Grenzflächeneffekte flüssig/fest

Kapillarität, Zusammenhang von Aszension oder Depression mit Oberflächen- und Grenzflächenenergie, Randwinkel (Benetzungswinkel) und seine Abhängigkeiten (qualitativ)

2.6.4 Bestimmung der Grenzflächenspannung

Abreißmethode (Tensiometer), Stalagmometer, Kapillarmethode

2.6.5 Adsorption an festen Grenzflächen

Feststoff/Gas-Grenzfläche, Feststoff/Flüssigkeit-Grenzfläche, Adsorptionsisothermen: Langmuir, Freundlich (qualitativ); Chromatographie (s. PhAna 13), Bestimmung spezifischer Oberflächen, z.B. an Suspensionen

3 Wärmelehre

3.1 Grundbegriffe

3.1.1 Temperatur

Temperatur als eine den Zustand der Materie kennzeichnende Größe; Skalen: absolute Temperatur, Celsius-Temperatur, Umrechnung zwischen Temperaturwerten dieser Skalen (s.a. 1.1.2)

3.1.2 Temperaturmessung

Ausdehnungsthermometer (Flüssigkeitsthermometer, Bimetallanordnung); Thermoelement, Aufbau, Schaltung und Funktionsweise (Grundzüge); Widerstandsthermometrie mit Metall- oder Halbleiter-Fühlern (Grundzüge)

3.1.3 Wärme

Wärme als Form der Energie

3.2 Thermische Eigenschaften der Materie

3.2.1 Thermische Dehnung

Lineare Darstellung für Längen- und Volumenausdehnung

3.2.2 Materialeigenschaften

Temperaturabhängigkeit (qualitativ) von: Dichte (auch Anomalie des Wassers), Viskosität (s.a. 2.5.3), elektrischem Widerstand von Metallen, Halbleitern und wässrigen Elektrolyten (s.a. 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3)

3.2.3 Ideale Gase

Allgemeine thermische Zustandsgleichung; Spezialfälle: Boyle-Mariotte'sches Gesetz (Anwendung insbesondere bei Druckgaszylinder und bei der Druckerniedrigung in geschlossenen Gefäßen, Bedeutung des Produktes Druck mal Volumen); Gay-Lussac'sche Gesetze; Isotherme, Isobare, Isochore (Adiabate s. 3.3.4)

3.2.4 Reale Gase

Abweichung vom Modell des idealen Gases, Begründung (qualitativ)

3.3 Wärme und Wärmekapazität der Materie; Thermodynamik (s.a. Chem 1.9)**3.3.1 Wärmekapazität**

Wärmekapazitäten, spezifische Wärmekapazität; molare Wärmekapazität C_{mp} und C_{mv} , Bedeutung der Differenz ($C_{mp} - C_{mv}$), Wert für ideale Gase

3.3.2 Messung von Wärme

Kalorimetrische Bestimmung; Messung der spezifischen Wärmekapazität

3.3.3 1. Hauptsatz

Inhalt (quantitativ) sowie Bedeutung als Form des Energieerhaltungssatzes; Begriff der inneren Energie als Zustandsfunktion; Anwendung auf ideale Gase: Allgemeine (kalorische) Zustandsgleichung

3.3.4 Adiabatischer Prozess

Grundzüge; unterschiedliches Verhalten idealer Gase bei einfachen adiabatischen und isothermen Prozessen

3.3.5 Kreisprozesse

Definition; reversible Prozesse und Kreisprozesse; Carnot'scher Wirkungsgrad

3.3.6 2. Hauptsatz

Allgemeine Aussagen; einfache Beispiele für irreversible Prozesse

3.3.7 Entropie

Entropie als Zustandsfunktion; Zusammenhang mit der (reversibel) zugeführten Wärmeenergie und der absoluten Temperatur; Verhalten bei reversiblen Zustandsänderungen eines idealen Gases

3.3.8 Weitere Zustandsgrößen und charakteristische Funktionen

Innere Energie, Freie Energie, Enthalpie, Freie Enthalpie; Änderung von Zustandsgrößen bei isobaren, isothermen, isochoren und adiabatischen Prozessen

3.4 Wärmeübertragung

3.4.1 Wärmeleitung

Zusammenhang der Wärmeleitung mit Temperaturdifferenz, Materialeigenschaften und Abmessungen (Grundzüge); Möglichkeit der Wärmedämmung (Isolierung)

3.4.2 Konvektion

Grundzüge der Wärmeübertragung durch Konvektion

3.4.3 Strahlung

Wärmeübertragung durch Strahlung (Grundzüge), Möglichkeit der Isolierung

3.5 Aggregatzustände der Materie

3.5.1 Aggregatzustände

Charakterisierung der Aggregatzustände bezüglich Anordnung und Beweglichkeit der Teilchen

3.5.2 Änderung des Aggregatzustandes

Atomistisches Bild der Umwandlung zwischen Aggregatzuständen; Siedeverzug bei Flüssigkeiten, Übersättigung von Dampf, Unterkühlung von Schmelzen; Bestimmung von Übergangstemperaturen, z.B. Siedetemperatur, Siedebereich, Schmelztemperatur

3.5.3 Umwandlungswärmen

Spezifische und molare Umwandlungswärmen, ungefähre Werte bei Wasser

3.5.4 Dampfdruck

Temperaturabhängigkeit des Sättigungsdampfdruckes reiner Flüssigkeiten (Einstoffsysteme, qualitativ) im p-T-Diagramm (auch Tripelpunkt und kritischer Punkt, insbesondere des Wassers); Prinzip des Autoklaven, z.B. für die Dampfdrucksterilisation; Volumenunabhängigkeit des Sättigungsdampfdruckes; relative Luftfeuchte

3.6 Mehrphasensysteme

3.6.1 Begriffe

Phasen, Stoff (Komponente), Modifikationen, Aggregatzustände

3.6.2 Gleichgewichtssysteme

Phasengleichgewichte, Gibbs'sche Phasenregel (s.a. Chem 1.8.5)

3.6.3 Phasengleichgewichte in Zweikomponenten-Systemen mit mindestens einer Mischphase

Ideale Lösungen, Dampfdruckerniedrigung, Siedepunktserhöhung und Gefrierpunktserniedrigung (Darstellung im Dampfdruckdiagramm); Destillation; Raoult'sches Gesetz, Henry'sche Regel, Bestimmung relativer Molekülmassen; osmotischer Druck und seine Bestimmung (Pfeffer'sche Zelle); van't Hoff'sches Gesetz; Nernst'scher Verteilungssatz, Verteilungskoeffizient

3.6.4 Schmelzdiagramme

Schmelzdiagramme einfacher, binärer und ternärer Systeme; partielle Mischungslücken, Eutektika

3.6.5 Löslichkeit (s.a. Chem 1.8.2, PhAna 1.4.3)

Einflussgrößen: Ionenstärke, Aktivität, Aktivitätskoeffizient (s.a. 4.5.2)

3.7 Thermodynamik chemischer Reaktionen**3.7.1 Thermochemie**

Standardbildungsenthalpie, Reaktionsenthalpie, Kirchhoff'sches Gesetz

3.7.2 Chemisches Gleichgewicht

Freie Reaktionsenthalpie, Temperatur- und Druckabhängigkeit

3.8 Grundlagen der Reaktionskinetik (s.a. Chem 1.13)**3.8.1 Darstellung von Reaktionsabläufen**

Molekularität und Ordnung; Geschwindigkeitsgleichungen für einfache Reaktionen: 0., 1., 2., pseudo-0. Ordnung; zusammengesetzte Reaktionen 1. Ordnung; reversible, parallele und Folgereaktionen; Kettenreaktionen

3.8.2 Reaktionsgeschwindigkeitskonstanten

Arrhenius-Gleichung, Temperatureinfluss, Teilkonstanten der Säure-Base-Katalyse, Stoßmodell, mittlere freie Weglänge, Boltzmann'sches Verteilungsgesetz

3.9 Kinetik der Diffusion und Verteilung**3.9.1 Stofftransport**

Diffusion, Diffusionsgeschwindigkeit

3.9.2 Diffusionsgesetze

1. Fick'sches Gesetz: Geschwindigkeitsgleichung (Grundzüge), Diffusionskoeffizient und seine Bestimmung; prinzipielle Aussage des 2. Fick'schen Gesetzes

3.9.3 Diffusion durch Membranen

Schichtenmodell, Fließgleichgewicht

3.9.4 Lösungsgeschwindigkeit

Auflösung fester Stoffe

4 Elektrizität und Magnetismus

4.1 Elektrische Ladungen und Felder

4.1.1 Ladungen

Elektrische Ladungen; Begriff der Elementarladung, Zusammenhang mit Faraday- und Avogadro-Konstante (s.a. 4.5.1, 7.1.1)

4.1.2 Coulomb'sches Gesetz

Kräfte zwischen Punktladungen (auch Einfluss der Dielektrizitätszahl des umgebenden Mediums)

4.1.3 Elektrische Feldstärke

Kraft auf eine Ladung im elektrischen Feld; Arbeit im elektrischen Feld (s.a. 2.3.1); Zusammenhang mit der Spannung (s.a. 4.2.1)

4.1.4 Elektrische Felder

Elektrisches Feld in der Umgebung einer Ladung und eines Dipols; Feldlinienanordnung für Kugel- und Plattenkondensator; qualitativer Zusammenhang zwischen Feldlinienbild und Feldstärke; Feld an der Oberfläche eines metallischen Leiters, Oberflächenladungen

4.1.5 Kapazität, Kondensatorschaltungen

Zusammenhang von Kapazität, Ladung und Spannung; Beziehungen für Parallel- und Serienschaltung von Kondensatoren

4.1.6 Plattenkondensator

Kapazität eines Plattenkondensators, Zusammenhang mit Plattenfläche und -abstand sowie Einfluss des Dielektrikums zwischen den Platten; Dielektrizitätszahl, elektrische Feldkonstante; Zusammenhang der Energie des geladenen Kondensators mit Kapazität, Spannung und Ladung

4.1.7 Elektrischer Dipol

Definition des Dipolmoments, Wirkungen eines homogenen sowie auch eines inhomogenen elektrischen Feldes auf einen elektrischen Dipol (Grundzüge)

4.1.8 Faraday-Käfig

Wirkungsweise

4.2 Stromstärke und Spannung

4.2.1 Stromstärke, Spannung

Einheiten; Zusammenhang der Stromstärke mit Ladung und Zeit; Stromdichte; Spannung als Potentialdifferenz

4.2.2 Stromwirkungen

Wärmeerzeugung, Entstehung von Magnetfeldern, chemische Wirkungen

4.2.3 Leistung, Energie

Zusammenhänge mit Stromstärke, Spannung, Widerstand, Zeit (s.a. 4.1.3, 2.3.1)

4.2.4 Stromstärke- und Spannungsmessung

Schaltung gebräuchlicher Messinstrumente; Messfehler bei zu berücksichtigendem Innenwiderstand (Eingangswiderstand)

4.2.5 Quellenspannung, Innenwiderstand

Zusammenhang von Leerlaufspannung (Quellenspannung), Innenwiderstand und Klemmenspannung, Zusammenschaltung mehrerer Spannungsquellen

4.3 Elektrischer Widerstand**4.3.1 Widerstand, Leitwert**

Zusammenhang mit Stromstärke und Spannung; spezifischer Widerstand und elektrische Leitfähigkeit; Widerstand bei zylindrischen Leitern (Zusammenhang mit spezifischem Widerstand und Abmessungen)

4.3.2 Ohm'sches Gesetz

Proportional-Charakteristik und davon abweichendes Verhalten, z.B.: Glühlampe, Elektrolysezelle

4.3.3 Kirchhoff'sche Regeln

Knotenregel, Maschenregel, einfache Anwendungen, insbesondere mit Serien- und Parallelschaltungen von Widerständen; Kombination mehrerer Widerstände, Analogie zu strömenden Flüssigkeiten (s.a. 2.5.4)

4.3.4 Widerstandsmessung

Widerstandsbestimmung durch Stromstärke- und Spannungsmessung sowie mit Wheatstone-Brücke (Schaltung, Funktionsweise)

4.3.5 Potentiometer, Kompensationsmethode

Potentiometerschaltung (Spannungsteiler); leistungslose Spannungsmessung durch Kompensation

4.4 Ladungstransport in Materie und Vakuum, Anwendungen**4.4.1 Metalle**

Bewegliche Elektronen in Metallen, Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes (qualitativ, s.a. 3.2.2)

4.4.2 Schema der Energiebänder

Valenz- und Leitungsbänder bei Metallen, Halbleitern und Isolatoren (s.a. Chem 1.6)

4.4.3 Halbleiter

Grundzüge des Ladungstransportes in Halbleitern, Temperaturabhängigkeit des Widerstandes (s.a. 3.2.2)

4.4.4 Elektrolyte

Grundzüge des Ladungstransportes in wässrigen Elektrolyten (s.a. 3.2.2)

4.4.5 Gase

Ionisation durch Strahlung; Stoßionisation; Prinzip der Rekombination

4.4.6 Thermische Elektronenemission

Grundzüge (Glühemission); Austrittsarbeit

4.5 Elektrochemie (s.a. Chem 1.8.4, PhAna 11)**4.5.1 Elektrische Eigenschaften wässriger Elektrolyte**

Elektrolytische Dissoziation, Solvation, Faraday'sches Gesetz, Verknüpfung von Ladungs- und Materietransport; Faraday-Konstante (s.a. 4.1.1), Leitfähigkeit; Konduktometrie (s. PhAna 11.7); Elektrophorese (s. PhAna 11.9)

4.5.2 Starke Elektrolyte

Aktivität, Aktivitätskoeffizient; Ionenstärke und ihr Einfluss auf die Reaktionskinetik; Kohlrausch-Gesetz

4.5.3 Schwache Elektrolyte

Dissoziation, Dissoziationsgrad, Ionengleichgewicht, Aciditätskonstante, pK_a -Wert, Puffergleichung von Henderson-Hasselbalch, Pufferkapazität

4.5.4 Elektrochemische Zellen und Ketten

Quellenspannung, Anwendungen der Nernst'schen Gleichung, Messung (s.a. 4.3.5); Elektrodentypen (s. PhAna 11.1.3); Spannungsreihe, Elektrolyse, elektrochemische Abscheidung

4.5.5 Elektrische Phänomene an Grenzflächen, qualitativ (s.a. PhAna 11.1.2)

Elektrische Doppelschicht; Nernstpotential, Zetapotential

4.6 Elektromagnetismus**4.6.1 Magnetische Felder**

Magnetisches Feldlinienbild bei geradem stromdurchflossenem Leiter (Umgebung), bei Stabmagnet, bei stromdurchflossener Zylinderspule; Wirkung eines Magnetfeldes (homogen und inhomogen) auf einen Stabmagneten (Dipol)

4.6.2 Magnetische Feldgrößen

Magnetische Feldstärke, magnetischer Fluss, Flussdichte und deren Verknüpfung

4.6.3 Lorentzkraft

Kraft auf ein geladenes Teilchen bei Bewegung senkrecht zum Magnetfeld; Kraft auf stromdurchflossene Leiter bei Stromrichtung senkrecht zum Magnetfeld

4.6.4 Elektromagnetische Induktion

Induktionsgesetz, Selbstinduktion

4.6.5 Transformator

Spannungs- und Stromstärkeübersetzung beim idealen Transformator

4.7 Wechselstrom**4.7.1 Sinusförmige Größen**

Sinusförmige Verläufe von Stromstärke oder Spannung, Phasendifferenz

4.7.2 Effektivwert

Effektivwert bei sinusförmigen Stromstärke- oder Spannungsverläufen

4.7.3 Wechselstromwiderstand

Induktiver und kapazitiver Widerstand, Frequenzabhängigkeit

4.7.4 Schwingkreis

Funktion von Spule und Kondensator; Eigenfrequenz, Resonanz (s.a. 6.1.3)

5 Optik**5.1 Allgemeine Eigenschaften des Lichtes****5.1.1 Modellvorstellungen**

Wellen- und Korpuskular-Beschreibung des Lichtes

5.1.2 Lichtgeschwindigkeit

Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wert für Vakuum; Zusammenhang mit der Brechzahl der Materie; Zusammenhang von Ausbreitungsgeschwindigkeit, Frequenz und Wellenlänge; Abhängigkeit dieser Größen vom Medium; Definition der Wellenzahl

5.1.3 Spektralbereiche

Spektrum elektromagnetischer Strahlung, sichtbarer Spektralbereich, ungefähre Wellenlängen

5.1.4 Quantenstrahlung

Zusammenhang von Quantenenergie und Frequenz; Photoeffekt (Grundzüge); Ionisation (Grundzüge)

5.1.5 Lambert-Beer'sches Gesetz (s.a. PhAna 12.7.3)

Quantitativ; Absorption [gemäß Arzneibuch $A = \lg(I_0/I)$], Abhängigkeit von Schichtdicke und Konzentration; Halbwertdicke; Begriff der Transmission

5.1.6 Quadratisches Abstandsgesetz

Abnahme der Strahlungsflussdichte mit wachsendem Abstand von einer punktförmigen Quelle

5.2 Geometrische Optik**5.2.1 Lichtbündel**

Parallelbündel, Erzeugung mittels Blende und Linse; divergentes und konvergentes Bündel

5.2.2 Reflexion und Brechung

Reflexionsgesetz, geometrische Zusammenhänge; Brechungsgesetz, Brechzahl (Messung s. PhAna 12.2.1); Dispersion; Totalreflexion, Bedingungen des Auftretens, z.B. Lichtleiter

5.2.3 Spiegel

Abbildung am ebenen Spiegel und am sphärischen Hohlspiegel

5.2.4 Linsen

Sammel- und Zerstreuungslinsen, Abbildung mit (dünnen) Linsen, Bildkonstruktion, Abbildungsformel, Verhältnis Bildgröße zu Gegenstandsgröße; Linsensysteme aus zwei dicht zusammengefügt dünnen Linsen; Brechwert und Brennweite

5.3 Optische Einrichtungen und Systeme**5.3.1 Vergrößerung**

Winkelvergrößerung, Sehwinkel, (konventionelle) deutliche Sehweite

5.3.2 Lupe

Strahlengang, Vergrößerung

5.3.3 Lichtmikroskop

Funktion des Objektivs und des Okulars, Zusammenhang von Vergrößerung und Brennweiten von Objektiv und Okular; Okularmikrometer, Eichung mittels Objektmikrometer; Auflösungsvermögen, qualitative Abhängigkeit von Wellenlänge, Apertur und Immersionsfähigkeit

5.3.4 Spektralapparat (s.a. PhAna 12.5.2)

Prismen- und Gitterspektrometer, Aufbau und Strahlengang (s.a. 5.3.5); Handhabung für die Spektralanalyse (Eichung, Vergleichsmessungen)

5.3.5 Monochromatoren

Spektralfilter; Prismen- und Gittergeräte (vereinfachtes Schema) für ultraviolettes, sichtbares und infrarotes Licht (s.a. 5.1.3, 5.3.4)

5.4 Polarisierung des Lichtes

5.4.1 Grundlagen

Unpolarisiertes und linear polarisiertes Licht, Unterschied, Beispiele

5.4.2 Polarisierungseffekte

Brechung und Reflexion, Brewster'sches Gesetz; Grundzüge von Dichroismus, Streupolarisation und Doppelbrechung; Anwendung von Polarisationsfolien

5.4.3 Optische Drehung (s.a. PhAna 12.3)

Abhängigkeit zwischen Drehung der Polarisierungsebene sowie Konzentration des Stoffes, Art des Lösungsmittels, Temperatur, Lichtweglänge und Wellenlänge des Lichtes (Rotationsdispersion)

5.4.4 Polarimeter (s.a. PhAna 12.3.1)

Einfache Polarimeter, Aufbau und Wirkungsweise; Halbschattenapparat, Aufbau und Arbeitsweise

6 Schwingungen und Wellen

6.1 Allgemeines über Schwingungen

6.1.1 Darstellung

Darstellung harmonischer Schwingungsvorgänge (quantitativ, s.a. 2.1.4)

6.1.2 Schwingungsenergie

Periodischer Wechsel zwischen verschiedenen Energieformen am Beispiel Federpendel und elektrischer Schwingkreis (s.a. 2.3.2 und 4.7.4)

6.1.3 Schwingungsfähige Systeme

Eigenfrequenz von elektrischem Schwingkreis (s.a. 4.7.4) und Federpendel (s.a. 2.3.2), Resonanz schwingungsfähiger Systeme

6.1.4 Gedämpfte Schwingungen

Schematische Darstellung einfacher Einschwing- und Abklingvorgänge

6.2 Wellen

6.2.1 Ausbreitung

Zusammenhang von Ausbreitungsgeschwindigkeit, Frequenz und Wellenlänge; Abhängigkeit dieser Größen vom Medium; Definition der Wellenzahl; Ausbreitungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen im Vakuum (s.a. 5.1.2)

6.2.2 Darstellung

Raum- und Zeitdarstellung von sinusförmigen Wellen

6.2.3 Schwingungsformen

Transversale und longitudinale Wellen (schematisch); Beispiele (elektromagnetische Wellen, Schallwellen); Lichtpolarisation (s.a. 5.4.1)

6.2.4 Interferenz

Huygens'sches Prinzip; Überlagerung zweier Wellenzüge, Voraussetzung für vollständige Auslöschung; Grundzüge der Interferenz am optischen Strichgitter (s.a. 5.3.5)

7 Atomistische Struktur der Materie

7.1 Bausteine und Aggregatzustände der Materie

7.1.1 Atomare Einheiten

Stoffmenge (Mol), atomare Masseneinheit, Avogadro-Konstante, Definition und Größenordnung

7.1.2 Thermische Bewegung

Thermische Bewegung von Atomen und Molekülen in Flüssigkeiten und Gasen; Geschwindigkeitsverteilung (qualitativ); qualitativer Zusammenhang mit der Temperatur bei Gasen; Brown'sche Bewegung

7.1.3 Kristallgitter

Einfache räumlich-periodische Anordnungen von Atomen im kubischen Gitter; Schwingungen um „Ruhelagen“ (qualitativ, s.a. 3.5.1)

7.2 Aufbau von Atomen und Molekülen (s.a. Chem 1.2)

7.2.1 Atome

Aufbau aus Kern und Hülle; Masse und Radius von Atomen und ihren Kernen (Größenordnung)

7.2.2 Bohr'sches Atommodell

Grundzüge

7.2.3 Moleküle

Aufbau von Molekülen; Molekülschwingungen: Analogie zum Federpendel (s.a. 2.3.2), Einfluss der Substitution isotoper Nuklide (qualitativ); Molekülrotation (s.a. 2.3.5)

7.2.4 Energieniveaus und Spektren (s.a. PhAna 12.5.1)

Zusammenhang diskreter Energiestufen in Atomen mit den beobachtbaren Spektren im sichtbaren und Röntgen-Bereich; Linienspektren bei Atomen (Beispiele im Sichtbaren und bei Röntgenstrahlung); Lichtemission bei Elektronenübergängen (qualitativ); Bandenspektren bei Molekülen, Schema der Entstehung; kontinuierliche Spektren

7.2.5 Röntgenröhre

Aufbau, Betrieb und Wirkungsweise (s.a. 4.4.5); Grundzüge der Entstehung von Bremsstrahlung und charakteristischer Strahlung

7.3 Atomkerne und Kernstrahlung**7.3.1 Kerne und ihre Bausteine**

Proton, Neutron; Ladung und relative Masse, Vergleich mit Elektron; Kernladungszahl; Begriff isotoper Nuklide, einfache Beispiele

7.3.2 Kernreaktionen

Symbole zur Darstellung von Kernreaktionen; Erhaltungssätze für Ladung und Nukleonenzahl

7.3.3 Radioaktivität

Änderung von Ladung und Masse von Atomkernen in Verbindung mit α -, β - und γ -Emission, Eigenschaften von α -, β - und γ -Strahlung

7.3.4 Detektoren

Strahlungsnachweis mittels Ionisationskammer, Zählrohr, Szintillationszähler (Grundzüge)

7.3.5 Zerfallsgesetz

Definition der Aktivität; gebräuchliche Darstellungen; Halbwertszeit und mittlere Lebensdauer, Zusammenhang mit dem Zerfallsgesetz

7.3.6 Absorption energiereicher Strahlung

Durchdringungsfähigkeit von α -, β - und γ - und Neutronenstrahlung in festen Stoffen; Absorptionsgesetz für γ -Strahlung und Röntgenstrahlung in Materie, Abhängigkeit von der Wellenlänge

7.3.7 Dosimetrie

Energiedosis, Energiedosisleistung, Ionendosis; gebräuchliche Einheiten

7.3.8 Anwendungen aktiver und stabiler Nuklide

Grundzüge der Gewinnung radioaktiver Nuklide und der Anwendung radioaktiver Atome in der Chemie und bei Pharmaka, z.B.: ^{60}Co (Kobaltbestrahlungsquelle), $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (Radiagnostik), ^{131}I (Stoffwechseluntersuchung); Tracermethode; Anwendung ionisierender Strahlung zur Sterilisierung von Verbandmaterial und Verpackungen

8 Grundlagen der Arzneiformenlehre

8.1 Grundbegriffe

- 8.1.1 Arzneimittel, Rezeptur-, Defekturen-, Fertigarzneimittel; Arzneiform, Darreichungsform, Droge; Standardzulassung
- 8.1.2 Haltbarkeit, Laufzeit, Aufbrauchfrist, Verfalldatum
- 8.1.3 Grundzüge der GMP-Richtlinien, Dokumentation

8.2 Grundoperationen

- 8.2.1 Lösen (s.a. 3.6.5 u. 3.9.5), Dispergieren (Emulgieren, Suspendieren; s.a. 2.5 u. 2.6), Extrahieren, Konzentrieren, Trocknen
- 8.2.2 Wägen, Zerkleinern, Verreiben, Trennen, Mischen, Granulieren
- 8.2.3 Grundzüge der Konservierung und Stabilisierung (z.B. Antioxydantien, Lichtschutz, Viskosierung, pH-Einstellung, Emulgatoren)

8.3 Rezepturarzneimittel

- 8.3.1 Definition und Eigenschaften von: Pulver, Granulate, Kapseln, molekular- und kolloid-disperse Lösungen, Emulsionen, Suspensionen, Salben, Gele, Cremes, Pasten, Suppositorien, Vaginalzäpfchen, Extrakte, Tinkturen, Teegemische
- 8.3.2 Grund- und Hilfsstoffe des Arzneibuchs für die in 8.3.1 genannten Zubereitungen, Inkompatibilitäten
- 8.3.3 Herstellung der in 8.3.1 genannten Arzneiformen; Primärpackmittel
- 8.3.4 Qualitätskontrolle (Methoden der pharmazeutischen Technologie des Arzneibuchs) und biopharmazeutische Gesichtspunkte der in 8.3.1 genannten Arzneiformen
- 8.3.5 Wichtige homöopathische Arzneiformen: Urtinkturen, Lösungen, Verreibungen, Streukügelchen; Definition, Herstellung, Ausgangsstoffe, Hilfsstoffe; Potenzen

Grundlagen der pharmazeutischen Analytik

KLASSISCHE QUALITATIVE ANALYSE

1 Grundlagen und allgemeine Arbeitsweisen der pharmazeutischen Analytik

1.1 Größen und Einheiten (s.a. P/PC/AFL 1.1)

Angabe von Stoffmengen; Begriff des Äquivalents, Angabe von Stoffmengen von Äquivalenten; Gehalts- und Konzentrationsangaben

1.2 Auswertung von Analysendaten, Validierung und Kalibrierung

1.2.1 Grundbegriffe

Nachweisgrenze, Bestimmungsgrenze, Grenzkonzentration, s.a. Arzneibuch; Selektivität, Spezifität; Signal-Rausch-Verhältnis

1.2.2 Statistische Auswertung von Analysendaten, Validierung

Mess- und Auswerteunsicherheiten (Fehler; s.a. P/PC/AFL 1.2.2); Fehlerfortpflanzung; Mittelwert, Richtigkeit; Standardabweichung, Varianz, Genauigkeit, Präzision (Wiederhol- und Vergleichspräzision), Gauß-Verteilung von Messergebnissen; Vertrauensbereich; Robustheit; Streubereich; (Arbeits-, Bestimmungs-)Bereich; Signifikanz, Prüfverfahren (F-Test, t-Test)

1.2.3 Kalibrierung quantitativer Analysenverfahren

Lineare Kalibrierkurven und deren Gleichung, Linearität, Empfindlichkeit; lineare Regression, gewichtete Regression; Verwendung von Referenzsubstanzen; interner und externer Standard; Rückführbarkeit

1.2.4 Standardadditionsverfahren

Durchführung, graphische und rechnerische Auswertung, pharmazeutisch relevante Anwendungsbeispiele

1.3 Stöchiometrische Grundlagen

Aufstellen und analytische Bedeutung chemischer Reaktionsgleichungen und Formeln

1.4 Gleichgewichte, Aktivität

1.4.1 Gleichgewichte (s.a. Chem 1.10)

z.B. bei Säure-Base-, Redox-, Komplexbildungs-, Lösungs-/Fällungs-, Adsorptions- und Verteilungsvorgängen, Formulierung und Bedeutung analytisch relevanter homogener und heterogener Gleichgewichte

1.4.2 Aktivität (s.a. P/PC/AFL 4.5.2)

Thermodynamische Gleichgewichtskonstante (Aktivitätskonstante); Aktivitätskoeffizient, Größenordnung in Abhängigkeit von Verdünnung und Ladung; Aktivität reiner Phasen; Ionenstärke

1.4.3 Löslichkeit

Löslichkeitsprodukt (s.a. Chem 1.10.2), Löslichkeitsbeeinflussende Faktoren (s.a. Chem 1.8.2), analytisch relevante Aspekte

1.5 Probenahme, Probenvorbereitung**1.5.1 Probenahme**

bei Gasen, Flüssigkeiten und Feststoffen

1.5.2 Lösen, Eluieren, Aufschließen

Lösen des Analyten und dabei ablaufende chemische Reaktionen; Alkalicarbonatauszug; Aufschlüsse mittels Alkalihydrogensulfaten, Alkalicarbonaten, Alkalihydroxiden; alkalisch-oxidierende, alkalisch-reduzierende Aufschlüsse am Beispiel von Al/NaOH; Hydrogenolyse

1.5.3 Spezielle Aufschlussverfahren

Schöniger- (s.a. 7.2.2, 8.2.1), Lassaigue-, Kjeldahl-Aufschluss (s.a. 6.2.4); Veraschungsmethoden des Arzneibuches

2 Anorganische Bestandteile**2.1 Analyse nichtionischer Stoffe**

Nachweis pharmazeutisch relevanter nichtionischer Stoffe

2.2 Analyse von Anionen

Nachweis pharmazeutisch relevanter Anionen, Selektivität, Störungen

2.3 Analyse von Kationen

Nachweis pharmazeutisch relevanter Kationen, Selektivität, Störungen

3 Organische Bestandteile**3.1 Siedetemperatur und Siedebereich**

Definitionen und Bestimmungsmethoden nach Arzneibuch (s.a. P/PC/AFL 3.5.2); Bedeutung für die Identifizierung und Reinheitsprüfung von Substanzen; Einflussgrößen; Siedetemperatur von Stoffgemischen, bei konstanter Temperatur siedende Stoffgemische (Azeotrope)

3.2 Schmelztemperatur

Definitionen und Bestimmungsmethoden nach Arzneibuch (s.a. P/PC/AFL 3.5.2); Bedeutung für die Identifizierung und Reinheitsprüfung von Substanzen; Einflussgrößen; Schmelztemperatur von Mischungen, eutektische Gemische; Tropfpunkt nach Arzneibuch; Erstarrungspunkt nach Arzneibuch

3.3 Relative Dichte

Definitionen und Bestimmungsmethoden nach Arzneibuch (s.a. P/PC/AFL 2.2.7, 2.4.5), Bedeutung für die Identifizierung und Reinheitsprüfung von Substanzen, Einflussgrößen

3.4 Viskosität

Definitionen (s.a. P/PC/AFL 2.5.3), Bestimmungsmethoden nach Arzneibuch, Bedeutung für die Identifizierung und Reinheitsprüfung von Substanzen, Einflussgrößen

3.5 Identitäts- und Grenzprüfungen des Arzneibuches

für pharmazeutisch relevante Stoffe, alternative Methoden

KLASSISCHE QUANTITATIVE ANALYSE

4 Gravimetrie

4.1 Grundlagen

Löslichkeitsprodukt, löslichkeitsbeeinflussende Faktoren (s. 1.4.3); Löslichkeitskurve; gravimetrische Grundoperationen; Fällungs- und Wägeform; gravimetrischer Faktor

4.2 Pharmazeutisch relevante gravimetrische Bestimmungen

Bestimmung von Kationen, Anionen und Neutralstoffen (wie z.B. Aschen [s.a. 1.5.3], Trocknungsverlust, unverseifbare Anteile)

5 Maßanalyse

5.1 Titrationskurven

Verlauf, graphische Darstellung; Auffinden und angenäherte Berechnung ausgezeichneter Punkte bei Säure-Base-, Redox-, Fällungs- und komplexometrischen Titrationsen

5.2 Begriffe, Methodik

Direkte Titration, Rücktitration, indirekte Titration, Substitutionstitration, Simultantitration

6 Säure-Base-Titrationen

6.1 Grundlagen

6.1.1 Aciditäts- und Basizitätskonstanten

Wichtige Säure-Base-Theorien, Definitionen, Anwendung; pK-Werte wichtiger konjugierter Säure-Base-Paare (Größenordnung); Dissoziation (Protolyse) in mehreren Stufen, mehrbasige Säuren, mehrsaurige Basen, Unterschiede der Dissoziationskonstanten

6.1.2 pH-Wert (s.a. Chem 1.11.2)

Definitionen nach Arzneibuch und DIN, konventionelle pH-Skala, Berechnung, Messung kolorimetrisch, potentiometrisch (s. 11.2.2); Pufferlösungen

6.1.3 Titrationsmöglichkeiten

Abschätzung anhand vorgegebener pK-Werte und Konzentrationen, qualitative Abschätzung aufgrund der Struktur; Äquivalenzpunkt; acidimetrische Titrationen (mit Säure, gem. IUPAC) bzw. alkalimetrische Titrationen (mit Base, gem. IUPAC); direkte Titrationen, Rücktitrationen bzw. indirekte Titrationen, Simultantitrationen (s. 5.2); mehrstufige Titrationskurven und deren Auswertung

6.1.4 Indizierungsmöglichkeiten

Pharmazeutisch relevante Indikatoren, insbesondere des Arzneibuches; Reaktion von Säure-Base-Indikatoren, Bedeutung des pK-Wertes eines Indikators, Umschlagsintervalle, einfarbige und zweifarbige Indikatoren; Auswahl geeigneter Indikatoren zur Bestimmung von Titrationsendpunkten; elektrometrische Indizierung (s. 11 Elektrochemie)

6.1.5 Maßlösungen, insbesondere des Arzneibuches

Herstellung, Einstellung, Titer, Korrekturfaktor, Titerstabilität, Temperatureinfluss; pharmazeutisch relevante Maßlösungen

6.1.6 Ursubstanz, insbesondere des Arzneibuches

Erforderliche Eigenschaften; Ursubstanz für Maßlösungen nach 6.1.5

6.2 Titration von Säuren und Basen in wässrigen Lösungen, insbesondere nach Arzneibuch

6.2.1 Titration von Säuren

Starke Mineralsäuren, starke organische Säuren, schwache anorganische Säuren, schwache organische Säuren (OH-, SH-, CH-, NH-acide Verbindungen); Kationsäuren, Anionsäuren; Säuregemische; Säurezahl

6.2.2 Titration von Basen

Starke anorganische und organische Basen, schwache anorganische und organische Basen (z.B. Alkaloide); Basengemische

6.2.3 Bestimmung von Carbonsäurederivaten

Ester, Anhydride, Lactone, Amide, Lactame; Esterzahl, Verseifungszahl

6.2.4 Spezielle Verfahren

Formoltitration, Oximtitration, argentoalkalimetrische Titration; Hydroxylzahl; Säure-Base-Titrationen nach Komplexbildung, Ionenaustausch, Derivatisierung, Extraktion; Kjeldahl-Bestimmung (s.a. 1.5.3)

6.3 Titration von Säuren und Basen in nichtwässrigen Lösungen, insbesondere nach Arzneibuch

6.3.1 Physikalisch-chemische Grundlagen

Brönstedtsche Säure-Base-Theorie bei nichtwässrigen Lösungen; Lyat- und Lyonium-Ionen; Ionisationskonstante, Gesamtaciditäts- bzw. -basizitätskonstante, Einfluss der Dielektrizitätszahl

6.3.2 Lösungsmittel

Aprotische und protische Lösungsmittel, protophile und protogene Lösungsmittel, Ampholyte; Reaktionen von Säuren und Basen mit den Lösungsmitteln, nivellierende und differenzierende Effekte; Einfluss des Wassergehaltes auf den Verlauf der Titration

6.3.3 Titration von Säuren

Schwache Säuren, Säuregemische; verwendete Maßlösungen; Erkennung der Äquivalenzpunkte

6.3.4 Titration von Basen

Schwache Basen, Basengemische; Halogenide; verwendete Maßlösungen; Erkennung der Äquivalenzpunkte

7 Redox titrationen

7.1 Grundlagen

7.1.1 Redoxpotential, Standardpotential, Redoxreaktionen (s.a. Chem 1.12, P/PC/AFL 4.5.4)

Definitionen, Messung, Konzentrations-(Aktivitäts-)abhängigkeit, Nernst'sche Gleichung (s. 11.1.2), Spannungsreihe; Redoxpotential eines Gemisches von Redoxpaaren; Redoxtitration, Äquivalenzpunkt, Abschätzung der Titrierbarkeit von Redoxpartnern

7.1.2 Redoxindikatoren, insbesondere nach Arzneibuch

Wirkungsweise, Umschlagpotentialbereich; umkehrbare, nichtumkehrbare Indikatorreaktionen; ein- und zweifarbige Indikatoren; pharmazeutisch relevante Redoxindikatoren; Auswahl geeigneter Indikatoren

7.1.3 Maßlösungen, insbesondere nach Arzneibuch

Herstellung, Einstellung, Titerstabilität; pharmazeutisch relevante Maßlösungen, insbesondere des Arzneibuches

7.1.4 Ur titersubstanzen, insbesondere nach Arzneibuch

Erforderliche Eigenschaften; Ur titersubstanzen für Maßlösungen nach 7.1.3

7.2 Methoden, pharmazeutische Anwendungen, insbesondere nach Arzneibuch

7.2.1 Grundlagen, Durchführung und Anwendungen oxidimetrischer Verfahren

Permanganometrie, Cerimetrie, Iodometrie, Iodatometrie, Periodatometrie, Bromometrie, Bromatometrie, Dichromatometrie, Nitritometrie

7.2.2 Spezielle Verfahren

Karl-Fischer-Titration, Iodmonochlorid-Verfahren, Titration kationischer Tenside im 2-Phasensystem (s.a. 10.2), Bestimmungen mit Hypoiodit, Bestimmung des Stickstoffs in primären aromatischen Aminen, Bestimmung von organisch gebundenem Iod nach Schöniger-Aufschluss (s.a. 1.5.3), Peroxidzahl, Iodzahl

8 Fällungstitrationsen

8.1 Grundlagen

8.1.1 Löse- und Fällungsvorgänge

Löslichkeit, Löslichkeitsprodukt (s. 1.4.3), Bedeutung löslichkeitsbeeinflussender Faktoren (s.a. 1.4.3); Fällungstitration

8.1.2 Indizierungsmöglichkeiten

Visuelle und elektrometrische Indizierung (s. 11 Elektrochemie)

8.1.3 Maßlösungen, insbesondere nach Arzneibuch

Herstellung, Einstellung, Titerstabilität; pharmazeutisch relevante Maßlösungen

8.1.4 Urtitersubstanzen, insbesondere nach Arzneibuch

Erforderliche Eigenschaften; Urtitersubstanzen, insbesondere des Arzneibuches, für Maßlösungen nach 8.1.3

8.2 Methoden, pharmazeutische Anwendungen, insbesondere nach Arzneibuch

8.2.1 Grundlagen, Durchführung und Anwendungen von Fällungstitrationsen

Argentometrie nach Fajans, Mohr, Volhard; Bestimmung von organisch gebundenem Halogen und organisch gebundenem Schwefel, auch nach Schöniger-Aufschluss (s.a. 1.5.3); Simultantitrationsen

9 Komplexometrische Titrationsen

9.1 Grundlagen

9.1.1 Chelatbildung

Struktur und Eigenschaften von Chelatbildnern und Chelaten, insbesondere Ethylendiamintetraacetat (Natriumedetat)

9.1.2 Anwendungsmöglichkeiten von Natriumedetat

Abschätzung aus der Größenordnung der Stabilitätskonstanten des Chelatkomplexes, Einfluss anderer Komplexbildner und des pH-Wertes, effektive Stabilitätskonstante

9.1.3 Komplexometrische Methodik

Direkte Titration, Rücktitration, Substitutionstitration, indirekte Titration s. 5.2

9.1.4 Indizierungsmöglichkeiten

Visuelle und elektrometrische Indizierung s. 11 Elektrochemie; Metallindikatoren, Wirkungsweise, Umschlagsintervalle; pharmazeutisch relevante Indikatoren, insbesondere des Arzneibuches; Auswahl geeigneter Indikatoren, pH-Einfluss, Pufferung

9.1.5 Maßlösungen, insbesondere nach Arzneibuch

Herstellung, Einstellung, Titerstabilität; pharmazeutisch relevante Maßlösungen

9.1.6 Urtitersubstanzen, insbesondere nach Arzneibuch

Erforderliche Eigenschaften; Urtitersubstanzen, für Maßlösungen nach 9.1.5

9.2 Pharmazeutische Anwendungen, insbesondere nach Arzneibuch

9.2.1 Bestimmung von Kationen

Mg^{2+} , Ca^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} , Al^{3+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Bi^{3+} ; Simultantitrationen

9.2.2 Bestimmung von Anionen

SO_4^{2-} , CN^-

10 Titration ionischer Tenside

10.1 Grundlagen

Ionenpaare, Stabilität der Ionenpaare im 2-Phasensystem; Phasentransfer der Ionenpaare im 2-Phasensystem; Indizierung des Titrationsendpunktes, Eigenschaften und Zusammensetzung geeigneter Indikatoren; Maßlösungen

10.2 Pharmazeutische Anwendungen

Bestimmung von anionischen und kationischen Tensiden (kationische s.a. 7.2.2)

INSTRUMENTELLE ANALYSE

11 Elektrochemische Analysenverfahren

11.1 Grundlagen der Elektrochemie

11.1.1 Ladungstransport in Elektrolytlösungen

Migration, Wanderungsgeschwindigkeit, Ionenbeweglichkeit, Konvektion, Diffusion (s.a. P/PC/AFL 3.9.1, 3.9.2); Leitwert, elektrische Leitfähigkeit (s.a. P/PC/AFL 4.3.1), Definition nach DIN und Arzneibuch; Ionen-, Äquivalent-, Ionenäquivalent-, Grenzleitfähigkeit; Konzentrationsabhängigkeit bei starken und schwachen Elektrolyten, Abhängigkeit vom Dissoziationsgrad

11.1.2 Vorgänge an Elektroden

Elektrochemische Doppelschicht, Phasengrenzpotential (s.a. P/PC/AFL 4.5.5); Durchtrittsreaktion, Durchtrittsüberspannung s. 11.1.4; kathodischer und anodischer Strom, elektrochemisches Gleichgewicht; Nernst'sche Gleichung (s.a. 7.1.1, P/PC/AFL 4.5.4), Standardpotential, pH-Abhängigkeit von Redoxpotentialen; stromdurchflossene Elektroden, Faraday'sches Gesetz (s.a. P/PC/AFL 4.5.1), Stofftransport zur Elektrode (s.a. P/PC/AFL 3.9.2), Konzentrationsänderungen an stationären Elektroden bei Stromfluss (qualitativ)

11.1.3 Arten, Aufbau und Anwendung von Elektroden

Elektroden 1. und 2. Art; Metallionenelektroden, Gaselektroden, Redoxelektroden, Glaselektroden (s.a. 11.2.2) und andere Membranelektroden (s.a. 11.2.2); inerte Elektrodenmaterialien, z.B. Platin, Gold, Quecksilber, Kohle; Indikatorelektroden, Arbeitselektroden, Bezugselektroden

11.1.4 Galvanische und elektrolytische Zellen

Aufbau, Halbzellen; EMK galvanischer Zellen; Konzentrationsketten; Zusammenhang zwischen ΔG^0 und der EMK; Elektrolyse, Strom-Spannungs-Charakteristik, Zersetzungsspannung; Durchtritts-, Konzentrations-, Diffusionsüberspannungen (qualitativ), Diffusionspotentiale

11.2 Potentiometrie

11.2.1 Prinzip, Anordnung, Durchführung

Praktisch leistungslose Messung von Zellspannungen (s.a. P/PC/AFL 4.3.5)

11.2.2 Direktpotentiometrie

Absolutmessung von Zellspannungen zur Bestimmung von Ag^+ , Halogeniden, Pseudohalogeniden, Hg^{2+} , K^+ , Na^+ , pH-Wert (s.a. 6.1.2); Auswertung mittels Kalibrierkurve (s. 1.2.3), Standardadditionsverfahren (s. 1.2.4); Kombinierte Glaselektrode (Einstabmesskette), Säure- und Alkalifehler; ionenselektive Elektroden, auch moderne unter Einsatz von FET's; Einsatz als Detektoren für die Ionenchromatographie, Kalibrierung (Nullpunkt, Steilheit), Querempfindlichkeit (Selektivitätskoeffizienten)

11.2.3 Potentiometrisch indizierte Titrationen

Titrationenkurven (s.a. 5.1) und Bestimmung von Endpunkten bei Säure-Base- (auch in nichtwässrigem Milieu), Redox-, Fällungs- und Komplexbildungstitrationen

11.3 Elektrogravimetrie

Prinzip, Anordnung, Durchführung; anodische und kathodische Abscheidungen, Abscheidungsgebiete; Möglichkeit von Einzelbestimmungen und Trennungen, z.B. Cu/PbO₂, Ni/Zn

11.4 Coulometrie

Prinzip, Faraday'sches Gesetz (s. 11.1.2), Anordnung, Durchführung und Auswertung der Potentiostatischen Coulometrie und der Coulometrischen Titration, z.B. durch Erzeugung folgender Reagenzien: H⁺, OH⁻, Ag⁺, Fe²⁺, Ce⁴⁺, Edetat, I₂, insbesondere coulometrische Mikrobestimmung von Wasser nach Arzneibuch; Prinzip coulometrischer Detektoren für die Flüssigchromatographie

11.5 Voltammetrie

11.5.1 Grundlagen

Prinzipien der Voltammetrie, Gleichstrompolarographie, Pulspolarographie und inversen Voltammetrie (Stripping-Verfahren); Faraday'scher Strom, kapazitiver Ladestrom

11.5.2 Anordnung, Durchführung

Funktionsprinzip; voltammetrische Zellen, Quecksilbertropfelektrode, Stationärelektroden, rotierende Elektroden, Polarisierbarkeitsgebiete; Zwei- und Dreielektroden-technik; Grundlösung, Puffer; Entlüftung (s.a. 11.5.3); Bezugslektroden

11.5.3 Strom-Spannungs-Kurven

Polarogramme, Halbstufenpotential, pH-Abhängigkeit; Diffusionsgrenzstromstärke, wichtige Proportionalitäten in der Ilkovič-Gleichung; Strom-Spannungs-Kurven bei stationären Elektroden; Voltammogramme von Gemischen; reversible und nichtreversible Voltammogramme; Einfluss von Grundelektrolyt, pH-Wert, Komplexbildung; Sauerstoffstufen, polarographische Maxima; Auswertung; Grund- und Ladestrom (s.a. 11.5.1) und ihr Einfluss auf die Bestimmungsgrenzen

11.5.4 Anwendung

Bedeutung von Polarographie und Voltammetrie als Referenzmethoden und für spezielle Anwendungen: Kationen (auch mittels Stripping-Verfahren [s. 11.5.1]): Cu²⁺, Pb²⁺, Cd²⁺, Zn²⁺, Ni²⁺ über AdSV; prinzipielle Bestimmungsmöglichkeit für Anionen; Neutalmoleküle: O₂, H₂O₂; Clark-Sensor und Glucose-Sensoren (s.a. Amperometrie 11.6.3); Reduktion organischer Stoffe, die folgende Gruppen enthalten: -O-O-, >C=O, >C=N-, -N=N-, R₃N⁺-O⁻, -N=O, -NO₂, Reduzierbarkeit von R-Hal; Oxidation organischer Stoffe am Beispiel von Ascorbinsäure an Hg-Elektroden und R-SH an Au-Elektroden

11.6 Amperometrie/Voltametrie

11.6.1 Amperometrische/voltametrische Titration mit einer Indikatorelektrode (Monoamperometrie/Monovoltametrie)

Prinzipien, Anordnungen und Durchführung; Titrationskurven (qualitativ) bei Fällungs-, Komplexbildungs- und Redox-titrationen

11.6.2 Amperometrische/voltametrische Titration mit zwei Indikatorelektroden (biamperometrische/bivoltametrische Titration)

Prinzip, Anordnung und Durchführung; Titrationskurven (qualitativ) bei Fällungs-, Komplexbildungs- und Redox-titrationen; „dead-stop-Titration“, Wasserbestimmung nach Karl Fischer, Titration primärer aromatischer Amine nach Arzneibuch

11.6.3 Amperometrische Sensoren

am Beispiel des Clark'schen Sauerstoffsensors und von Glucose-Sensoren; Amperometrische Detektion in der Flüssigchromatographie

11.7 Konduktometrische Indizierung

Grundlagen (s. 11.1.1); Anordnung zur Messung von elektrolytischen Leitfähigkeiten, insbesondere nach Arzneibuch; Titrationskurven bei Säure-Base-, Fällungs- und Komplexbildungstitrationsen; Einzel- und Simultanbestimmungen; Anwendung absoluter Leitfähigkeitsmessungen im Arzneibuch; Anwendung von Leitfähigkeitsdetektoren für die Flüssigchromatographie

11.8 Einsatzschwerpunkte der verschiedenen Indikationen für Titrationsen und Detektionen

nach den Kriterien Robustheit, Genauigkeit, Bestimmungsgrenzen

11.9 Elektrophorese

11.9.1 Grundlagen (s.a. 11.1.1)

Elektrophoretische Beweglichkeit, Abhängigkeit von Teilchenart und Medium; Elektroosmotischer Fluss, Strömungsprofil

11.9.2 Elektrophoretische Verfahren

Funktionsweisen von trägerfreien (Grenzflächen-) Elektrophoresen und Trägerelektrophoresen (Zonenelektrophoresen), Kapillarelektrophorese, Isoelektrischer Fokussierung, Isotachophorese, Diskelektrophorese, Micellarer Elektrokinetischer Chromatographie (MEKC) und Immunelektrophoresen

11.9.3 Anordnungen und Durchführung der in 11.9.2 genannten elektrophoretischen Verfahren, insbesondere nach Arzneibuch

11.9.4 Auswertung, qualitative und quantitative Detektionsmöglichkeiten

11.9.5 Pharmazeutische Anwendungen, insbesondere nach Arzneibuch

Bestimmung von relativen Molekülmassen, Identitäts- und Reinheitsprüfungen von Peptiden und Proteinen, radiochemische Reinheit; Enantiomerentrennungen

12 Optische und spektroskopische Verfahren**12.1 Grundlagen****12.1.1 Elektromagnetische Strahlung**

Allgemeines (s. P/PC/AFL 5.1); zur Charakterisierung von Arzneistoffen wichtige Spektralbereiche, Zuordnung einzelner Spektralbereiche zu Methoden des Arzneibuches; graphische Darstellung von Spektren

12.2 Grundlagen der Refraktometrie**12.2.1 Brechzahl (Brechungsindex), Messung**

Allgemeines (s. P/PC/AFL 5.2.2); Bestimmungsmethode: Grenzwinkel der Totalreflexion, Abbe-Refraktometer; Dispersion der Brechzahl (s.a. P/PC/AFL 5.2.2); Bezugswellenlängen, Bezugstemperaturen, Kalibrierung und Kontrolle von Refraktometern nach Arzneibuch; Referenzsubstanzen des Arzneibuches

12.2.2 Pharmazeutische Anwendungen, insbesondere nach Arzneibuch

Identitäts- und Reinheitsprüfungen; Charakterisierung von Stoffgemischen und Lösungen (auch in der HPLC)

12.3 Grundlagen der Polarimetrie**12.3.1 Optische Drehung, Messung**

Allgemeines (s. P/PC/AFL 5.4); Chiralität (s. Chem 3.3), optische Aktivität; Abhängigkeit der Drehwerte von der Konzentration; spezifische Drehung, Definitionen nach Arzneibuch, Einfluss von Wellenlänge (Dispersion), Temperatur, Lösungsmittel; Polarimeter, Leistungsmerkmale nach Arzneibuch; Prüfung von Polarimetern nach Arzneibuch

12.3.2 Pharmazeutische Anwendungen, insbesondere nach Arzneibuch

Identitäts- und Reinheitsprüfungen, Gehaltsbestimmungen

12.4 Zirkulardichroismus**12.4.1 Grundlagen (s.a. 12.3.1)**

Prinzip des Zirkulardichroismus (CD), Einfluss der Wellenlänge, CD-Spektrum

12.4.2 Anordnung

Funktionsweise von Dichrographen, Messgrößen; Apparatur nach Arzneibuch, Prüfung

12.4.3 Zusammenhang von molarem Zirkulardichroismus und molarer Elliptizität

12.4.4 Pharmazeutische Anwendungen

12.5 Grundlagen der Atomemissionsspektroskopie

12.5.1 Lichtemission von Atomen

Lichtemission durch angeregte Zustände von Atomen, Temperaturabhängigkeit bei thermischer Anregung; Emissionsspektren, Energieniveaudiagramme; Auftreten von Serien bei einfachen Atomen; Anregbarkeit pharmazeutisch relevanter Elemente

12.5.2 Messmethodik und instrumentelle Anordnung

Prinzipieller Aufbau und Funktionsweise von Spektroskopen und Spektralphotometern (s.a. P/PC/AFL 5.3.4); Flammenphotometrie und weitere Atomisierungs- und Anregungsverfahren, atomemissionsspektroskopische (einschl. flammenphotometrische) Techniken des Arzneibuches

12.5.3 Pharmazeutische Anwendungen, insbesondere nach Arzneibuch

Qualitative Analyse (Spektralanalyse, Flammenfärbung); quantitative Analyse, Kalibrierkurven (s. 1.2.3), Standardadditionsmethode (s. 1.2.4); pharmazeutisch relevante Bestimmungen

12.6 Grundlagen der Atomabsorptionsspektroskopie (AAS)

12.6.1 Lichtabsorption von Atomen

Prinzip der AAS; Absorption von Licht durch atomare Dämpfe, Resonanzlinien; Vergleich mit Emissionsvorgängen (s. 12.5.1)

12.6.2 Messmethodik und instrumentelle Anordnung

Prinzipieller Aufbau und Funktionsweise von AAS-Geräten, Anforderungen des Arzneibuches, Lichtquellen, thermische Atomisierungseinrichtungen, Hydridtechnik, Kaltdampftechnik

12.6.3 Pharmazeutische Anwendungen, insbesondere nach Arzneibuch

Qualitative und quantitative Analyse mit der AAS, Nachweis- und Erfassungsgrenzen, Selektivität; Gültigkeit des Lambert-Beer'schen Gesetzes, Störungen; Kalibrierkurve (s. 1.2.3), Standardzumischmethode (s. 1.2.4); pharmazeutisch relevante Bestimmungen

12.7 Grundlagen der Molekülspektroskopie im ultravioletten (UV) und sichtbaren (Vis) Bereich

12.7.1 Grundlagen der Lichtabsorption durch Moleküle im UV und Vis

Absorption von Licht durch Moleküle; HOMO-LUMO-Übergänge, Anregungsarten, Absorptionsbanden, Absorptionsspektren; Chromophore mit π -Elektronen, Chromophore mit π - und n-Elektronen; Jablonski-Termschema (Energieniveaudiagramm)

12.7.2 Beziehungen zwischen Molekülstruktur und Lichtabsorption

Verbindungen mit $\pi \rightarrow \pi^*$ -Übergängen, Verbindungen mit $\pi \rightarrow \pi^*$ - und $n \rightarrow \pi^*$ -Übergängen, Grundstrukturen und Absorptionsverhalten von Carbonylverbindungen, Aromaten, Polymethinen (Cyaninen, Oxonolen, Merocyaninen) und Polyenen; batho- und hypsochromer, hypo- und hyperchromer Effekt; Absorptionskoeffizienten und Struktur; Lösungsmittel, Eigenabsorption, Einfluss des pH-Wertes, Solvatochromie; Lichtabsorption und Farbe; Charge-Transfer-Spektren

12.7.3 Gesetz der Lichtabsorption

Messgrößen (Absorption, Transmission gemäß Arzneibuch) (s.a. P/PC/AFL 5.1.5); Lambert-Beer'sches Gesetz (s.a. P/PC/AFL 5.1.5), Anwendung, Abweichungen, molarer Absorptionskoeffizient und spezifische Absorption; Abhängigkeit des Absorptionskoeffizienten von der Wellenlänge; Absorption von Gemischen, isosbestische Punkte

12.7.4 Messmethodik und instrumentelle Anordnung

Aufbau und Funktionsweise von Geräten zur Kolorimetrie, Photometrie und Spektralphotometrie, Spektrometer nach Arzneibuch; subtraktive und additive Farbmischung; verwendetes Licht, Lichtquellen, Monochromatoren, Küvetten, Messung der Lichtabsorption; Kalibrierung und Kontrolle nach Arzneibuch, Wellenlängenskala, Absorption, Streulicht, Auflösungsvermögen

12.7.5 Pharmazeutische Anwendungen, insbesondere nach Arzneibuch

Anwendung der in 12.7.4 genannten Methoden zu Gehaltsbestimmungen, Identitäts- und Reinheitsprüfungen von Arzneistoffen; Prüfung der Färbung von Flüssigkeiten nach Arzneibuch; Bestimmungsmethoden (Vergleichslösung; Kalibrierkurven, Aufstocken [s. 1.2.3 und 1.2.4]; Mehrkomponentenanalyse), prinzipielle Anwendung zur Strukturanalyse

12.8 Grundlagen der Fluorimetrie

12.8.1 Prinzip

Absorption von Strahlung (s. 12.7.1); Vorgänge bei Lumineszenz (Fluoreszenz, Phosphoreszenz; verzögerte Fluoreszenz); Beziehungen zwischen Struktur und Fluoreszenz, Fluorophore; Beziehungen zwischen Absorptions- und Fluoreszenzspektren; Einflüsse der Matrix, Fluoreszenzlöschung; Beziehung zwischen Intensität des Anregungslichtes, Konzentration, Quantenausbeute und Fluoreszenzintensität

12.8.2 Messmethodik und instrumentelle Anordnung

Prinzipieller Aufbau und Funktionsweise von Fluorimetern, Fluorimeter nach Arzneibuch; Anregungsquellen, Anregungs- und Emissionsmonochromator, Detektoren; Nachweis- und Bestimmungsgrenzen

12.8.3 Pharmazeutische Anwendungen, insbesondere nach Arzneibuch

Gehaltsbestimmungen, Identitäts- und Reinheitsprüfungen, Fluoreszenzmarkierung

12.9 Ramanspektroskopie

Prinzip, Anwendungsbereich

12.10 Grundlagen der Absorptionsspektroskopie im infraroten Spektralbereich (IR-Spektroskopie)

12.10.1 Grundlagen der Lichtabsorption im IR

Vorgänge bei der Absorption von Licht, Normalschwingungen, IR-aktive und -inaktive Schwingungen, harmonischer Oszillator; Rotations- und Schwingungsanregung, Rotationsquantenzahl, Schwingungsquantenzahl; Valenz- und Deformationsschwingungen, Gerüstschwingungen; Absorptionsbanden, Rotationsschwingungsspektren (-banden); Absorptionsspektren; Gesetz der Lichtabsorption (s. 12.7.3)

12.10.2 Beziehungen zwischen Molekülstruktur und Lichtabsorption im IR

Charakteristische Absorption (Wellenzahlbereiche) wichtiger Verbindungsklassen bzw. funktioneller Gruppen, Bedeutung des Fingerprint-Bereiches

12.10.3 Messmethodik und instrumentelle Anordnung, insbesondere nach Arzneibuch

Prinzipieller Aufbau und Funktionsweise von IR-Spektrometern; Lichtquellen, Detektoren, IR-durchlässige Materialien; Kalibrierung und Kontrolle nach Arzneibuch, Wellenzahlkala, Auflösungsvermögen; Messung von IR-Spektren fester, flüssiger und gasförmiger Substanzen; Messung durch Mehrfachreflexion; Lösungsmittel, Eigenabsorption und deren Einfluss

12.10.4 Pharmazeutische Anwendungen, insbesondere nach Arzneibuch

Identitätsprüfungen von Arzneistoffen, polymorphe Formen; pharmazeutisch relevante Methoden, Reinheitsprüfungen, Stabilitätsprüfungen; Referenzsubstanzen nach Arzneibuch; Referenzspektren nach Arzneibuch; Anwendung zum Nachweis von Substanzklassen und funktionellen Gruppen (s.a. 12.10.2)

12.10.5 Spektroskopie im nahen Infrarot (Nahinfrarotspektroskopie, NIR)

Besonderheiten der Messtechnik, Anforderungen des Arzneibuches; Messung mittels Transmission, Mehrfachreflexion und Transflexion; Geräteprüfung nach Arzneibuch; Prinzipien der Spektrenauswertung nach Arzneibuch; Anwendungsbereich am Beispiel der Identitätsprüfung von Arznei- und Hilfsstoffen

12.11 Kernresonanzspektroskopie (NMR)

12.11.1 Grundlagen

NMR-aktive Atome, natürliche Häufigkeit, Kernspin, Kernspinquantenzahl, gyromagnetisches Verhältnis; Wechselwirkung mit äußerem Magnetfeld und elektromagnetischen Wellen, Kernresonanz, Zahl der Energiezustände im äußeren Feld, Besetzungsunterschiede, Relaxation, Resonanzbedingung, Larmor-Gleichung

12.11.2 Instrumentelle Anordnung

Funktionsprinzipien von NMR-Geräten, Kernresonanzspektrometer, Continuous-Wave-Verfahren (CW-NMR), Puls-Fourier-Transformations-NMR-Spektroskopie (FT-NMR), nach Arzneibuch verwendete Kernresonanzspektrometer; Durchführung nach Arzneibuch

12.11.3 NMR-Spektrum

Chemische Verschiebung und ihre Ursachen, Abschirmung, Entschirmung; interner Standard für chemische Verschiebung, δ -Skala; Größenordnung chemischer Verschiebungen bei ^1H und ^{13}C ; Spin-Spin-Kopplung, homo- und heteronukleare Kopplungen; Signalaufspaltungen, Kopplungskonstante, Multiplizitätsregeln; Integrationskurve; qualitative und quantitative Aus-

wertung der Spektren, pharmazeutische Anwendung nach Arzneibuch

12.11.4 Anhang: ESR-Spektroskopie

Prinzip, Anwendungsbereich

12.12 Massenspektrometrie

12.12.1 Grundprozesse der Ionisation und Fragmentierung von Arzneistoffen unter massenspektrometrischen Bedingungen

am Beispiel von Elektronenstoß-Ionisation (EI), chemischer Ionisation (CI); prinzipielle Fragmentierungswege

12.12.2 Prinzipien massenselektiver Filter bzw. Analysatoren

am Beispiel von magnetischen, elektrostatischen und Quadrupol-Analysatoren

12.12.3 Massenspektrometrische Koppeltechniken

am Beispiel von Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS), Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie-Massenspektrometrie (HPLC-MS), Kapillarelektrophorese-Massenspektrometrie (CE-MS) und Thermoanalyse-Massenspektrometrie (TA-MS)

12.12.4 Pharmazeutische Anwendungen unter Berücksichtigung von Arzneibuch-Verfahren

Strukturaufklärung, Analyse von Gemischen, quantitative Bestimmungen

12.13 Radiochemische Analysenverfahren

12.13.1 Grundlagen radiochemischer Messmethoden (s.a. P/PC/AFL 7.3)

Reichweite und Energie radioaktiver Strahlung; chemische Wirkungen radioaktiver Strahlung; Messgrößen für radioaktive Strahlung, Messgeräte zur Messung radioaktiver Strahlung (s. P/PC/AFL 7.3)

12.13.2 Auswerteverfahren

Zählausbeute, natürliche Untergrund-Strahlung; energiedispersive Techniken, Gammaskopie

12.13.3 Pharmazeutische Anwendungen

Prüfung von radioaktiven Arzneimitteln nach Arzneibuch (Identität, Aktivität, radionukleare Reinheit, radiochemische Reinheit, spezifische Radioaktivität)

13 Chromatographische Analysenverfahren

13.1 Grundlagen

13.1.1 Chromatographische Trennmechanismen

Ursachen der Trennungen: Adsorption, Verteilung, Ionenaustausch, Größenausschluss von Molekülen, Bioaffinität

13.1.2 Chromatographische Phasen

Stationäre und mobile Phasen, eluotrope Reihen; Umkehrphasen (Reversed Phase)

13.1.3 Chromatographische Größen

Trennstufenhöhe (HETP), effektive Trennstufenhöhe; Trennstufenzahl, effektive Trennstufenzahl; R_F -Wert, R_{St} -Wert, Gesamt(Brutto)- und Nettoretentionszeiten, Totzeit, Totvolumen, Retentionsvolumen, Trennfaktor, Auflösung, Kapazitätsverhältnis (Massenverteilungsverhältnis)

13.1.4 Auswertung chromatographischer Verfahren, auch nach Arzneibuch

Qualitative und quantitative Auswertung und Detektionsmöglichkeiten; Peakform, Peak-, Fleck-, Zonen-, Bandenverbreiterung; Peaksymmetrie, Symmetriefaktor eines Peaks; Van Deemter-Gleichung; Signal-Rausch-Verhältnis (s. 1.2.1)

13.2 Dünnschichtchromatographie (DC, TLC)

13.2.1 Prinzip

Funktionsweise, Versuchsaufbau und Durchführung insbesondere nach Arzneibuch; Sorbentien, Schichtdicke, mittlere Korngröße, Fließmittel, eluotrope Reihe (s. 13.1.2), Auftragevolumen, Auftragetechnik, Entwicklung

13.2.2 Pharmazeutische Anwendung, insbesondere nach Arzneibuch

Identitäts- und Reinheitsprüfungen

13.3 Papierchromatographie (PC)

13.3.1 Prinzip

Funktionsweise, Versuchsaufbau und Durchführung nach Arzneibuch; Entwicklungsarten

13.3.2 Pharmazeutische Anwendungen

Identitäts- und Reinheitsprüfungen radioaktiver Arzneimittel nach Arzneibuch

13.4 Gaschromatographie (GC, GLC)

13.4.1 Prinzip

Funktionsweise, Geräte und Durchführung, auch nach Arzneibuch; stationäre Phasen, gepackte Säulen, Kapillarsäulen; Trägergase; Detektoren; Temperaturgradient; Derivatisierung

13.4.2 Pharmazeutische Anwendungen, insbesondere nach Arzneibuch

Gehaltsbestimmungen, Identitäts- und Reinheitsprüfungen, Bestimmung von Lösungsmitteln als Verunreinigung, Headspace-Analytik

13.5 Flüssigchromatographie (LC)

13.5.1 Prinzipien

Funktionsweise; Geräte und Durchführung, stationäre Phasen, Fließmittel, eluotrope Reihe (s. 13.1.2); Elution unter isokratischen Bedingungen, Temperatur der Säule, Gradientenelution, Detektion

13.5.2 Methoden, insbesondere nach Arzneibuch

Niederdruck-, Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC), Ionenaustauschchromatographie, Ionenpaarchromatographie, Superkritische Flüssigchromatographie (SFC)

13.5.3 Pharmazeutische Anwendungen, insbesondere nach Arzneibuch

Gehaltsbestimmungen, Identitäts- und Reinheitsprüfungen; Bestimmung von Verteilungskoeffizienten, Enantiomerentrennung

13.6 Ausschlusschromatographie (SEC)

13.6.1 Prinzipien der SEC

Funktionsweise; Geräte und Durchführung, Trägermaterial, mobile Phasen, Ausschlussvolumen

13.6.2 Methoden

Gelpermeationschromatographie, Gelfiltrationschromatographie

13.6.3 Pharmazeutische Anwendungen, insbesondere nach Arzneibuch

Bestimmung der relativen Zusammensetzung von Gemischen, von Molekülmassen, der molekularen Größenverteilung von Polymeren

14 Thermische Analysenverfahren (TA)

14.1 Grundlagen

14.1.1 Zustandsformen

Aggregatzustände (s. P/PC/AFL 3.6.1), insbesondere metastabile Zustände, Polymorphie, Pseudopolymorphie

14.1.2 Thermoanalytisch erfassbare Vorgänge

Zustandsänderungen, insbesondere enantiotrope und monotrope Modifikationsänderungen, Glasübergänge; chemische Reaktionen, auch mit der Atmosphäre

14.1.3 Grundprinzipien thermischer Analysenmethoden

Physikalische Größen, die sich bei den in 14.1.2 genannten Vorgängen ändern, insbesondere latente Wärme, Wärmekapazität, Enthalpie (s.a. P/PC/AFL 3.3)

14.2 Thermogravimetrie (TG), Differentialthermogravimetrie (DTG)

14.2.1 Prinzipien

von TG und DTG; Funktionsweise von Thermowaagen; mit Änderungen der Probenmasse verbundene Vorgänge

14.2.2 Durchführung

Öfen, Temperaturbereiche, Massen- und Temperaturkalibrierung nach Arzneibuch; inerte und reaktive Atmosphären

14.2.3 Pharmazeutischer Anwendungsbereich, insbesondere nach Arzneibuch

Trocknungsverluste, Hydratwasser, Identitätsprüfung und Charakterisierung, insbesondere von Polymeren, Stabilitätsprüfungen, Hygroskopizität

14.3 Thermoanalyse (TA), Differenzthermoanalyse (DTA), kalorimetrische Verfahren (DDK/DSC)

14.3.1 Prinzipien

von TA, DTA und DDK/DSC, Funktionsweisen der Geräte; mit Änderungen der Proben-temperatur verbundene Vorgänge, Messgrößen

14.3.2 Durchführung

Wärmefluss zur Probe, Messung der Wärmemengen, Temperaturmessung; Kalibrierung; Referenzprobe

14.3.3 Pharmazeutischer Anwendungsbereich

Identifizierung, Reinheitsprüfung und Charakterisierung von Ausgangsstoffen für Arzneistoff-synthesen, Arzneistoffen und Polymeren