

# 1

## Einführung

### 1.1

#### Ihre beruflichen Tätigkeitsbereiche

Im Vorwort dieses Lehrbuches wird die hohe fachliche Qualifikation hervorgehoben, durch die die Ausbildung von technischen Assistenten in der Medizin und in der Biologie geprägt ist. Mit dieser Ausbildung werden die Grundlagen für die anspruchsvolle Tätigkeit an sehr unterschiedlichen Arbeitsplätzen und in vielfältigen Aufgabenbereichen geschaffen.

Der Schwerpunkt der beruflichen Tätigkeit von medizinisch-technischen Laboratoriumsassistenten (MTLA) liegt auf dem Gebiet der Laboratoriumsmedizin in den Laboratorien von Universitätskliniken und Krankenhäusern, ebenso wie in zahlreichen niedergelassenen Laborgemeinschaften. Hinzu kommen Tätigkeiten an Universitätsinstituten und in Untersuchungsämtern sowie an allen Forschungseinrichtungen in der Bundesrepublik, deren Forschungsarbeiten im Bereich der Medizin und der Lebenswissenschaften (Life Sciences) liegen.

Darüber hinaus arbeiten MTLA in der pharmazeutischen Industrie im Rahmen der Arzneimittel-Forschung, in der kosmetischen Industrie und in der Lebensmittelindustrie.

In einigen dieser Arbeitsbereiche sind auch biologisch-technische Assistenten (BTA) tätig, die zudem in der chemischen

Industrie sowie in vielen Biotechnologie (BioTec)-Firmen arbeiten.

Die Auswertung von Stellenangeboten zeigt, dass MTLA und BTA bei einer Reihe von beruflichen Tätigkeiten sowohl vonseiten industrieller Arbeitgeber als auch von staatlichen und privaten Forschungseinrichtungen und Laboratorien *gleichermaßen* angesprochen und als qualifiziert für eine verantwortungsvolle Tätigkeit angesehen werden. Dies trifft vor allem für die Gebiete Molekularbiologie, Zellbiologie und Mikrobiologie zu.

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, in welchen Bereichen Ihrer Ausbildung und beruflichen Tätigkeit Sie *Chemie-Kenntnisse anwenden*. An zahlreichen Beispielen lässt sich zeigen, dass von Ihnen weitreichende Chemie-Kenntnisse erwartet werden – vielfach auch auf Arbeitsgebieten, die zunächst nicht „nach Chemie aussehen“.

Für medizinisch-technische Assistenten liegen die umfassendsten Anwendungen ihrer Chemie-Kenntnisse auf den Gebieten der *Klinischen Chemie* und der *Molekularbiologie*.

Im klinisch-chemischen Labor untersuchen sie Körperflüssigkeiten, insbesondere Blut und Harn, und bestimmen den Gehalt an denjenigen Bestandteilen, die im Rahmen der vorgegebenen Aufgabenstellung von Bedeutung sind. In der Regel sind dies chemische Verbindungen

(Metabolite), die bei den Stoffwechsel-Reaktionen im menschlichen Körper gebildet werden, wie Glucose (Blutzucker), Cholesterin und Harnsäure, oder sie bestimmen die Aktivität von Enzymen, die wichtige Stoffwechsel-Reaktionen katalysieren.

Vielfach bestimmen sie auch den Gehalt von körpereigenen Hormonen oder von solchen Metaboliten, die im Körper aus eingenommenen Arzneimittel-Wirkstoffen gebildet worden sind (zur Kontrolle des Verlaufs einer Arzneimittel-Behandlung) oder sie prüfen in einem Speziallabor, ob Dopingmittel oder Drogen verwendet worden sind.

In einem an das klinisch-chemische Labor gerichteten Vordruck gibt der behandelnde Arzt an, welche Bestandteile im Blut des Patienten quantitativ bestimmt werden sollen. Abbildung 1.1 beinhaltet eine Zusammenstellung von

- Elektrolyten (Kationen und Anionen; in diesem Zusammenhang sind unter den Namen der Metalle ihre **Ionen** zu verstehen, z. B. bedeutet „Natrium“ Natrium-Ionen) und
- Stoffwechsel-Produkten (organischen Verbindungen) sowie von
- Enzymen, deren Aktivität gemessen werden soll.

Die erhaltenen Werte werden dann mit den Normwertbereichen verglichen. Die ermittelten Enzym-Aktivitäten sind für die Diagnose von Erkrankungen bestimmter Organe von Bedeutung.

Für *biologisch-technische Assistenten* sind der chemische Aufbau von Verbindungen und Strukturen in allen lebenden Organismen, der Stoffwechsel und die Bestimmung von Enzym-Aktivitäten in biologischem Untersuchungsmaterial jeglicher Art von Interesse. Des Weiteren sind sie auf den Gebieten der Molekularbiologie, der

<span style="color: red;">■</span> Natrium	<input type="checkbox"/> Gesamt-Eiweiß
<span style="color: red;">■</span> Kalium	<input type="checkbox"/> Eiweiß-Elektrophorese
<span style="color: red;">■</span> Magnesium	<span style="color: green;">■</span> α-Amylase
<span style="color: red;">■</span> Calcium	<span style="color: green;">■</span> Alkalische Phosphatase
<span style="color: red;">■</span> Eisen	<span style="color: green;">■</span> Cholin-Esterase
<span style="color: blue;">■</span> Chlorid	<span style="color: green;">■</span> Creatin-Kinase
<span style="color: blue;">■</span> Phosphat	<span style="color: green;">■</span> Lactat-Dehydrogenase
<span style="color: yellow;">■</span> Glucose	<span style="color: green;">■</span> Glutamat-Dehydrogenase
<span style="color: yellow;">■</span> Triglyceride	<span style="color: green;">■</span> γ-Glutamyl-Transferase
<span style="color: yellow;">■</span> Cholesterin	<span style="color: green;">■</span> Alanin-Aminotransferase
<span style="color: yellow;">■</span> Harnstoff	<span style="color: green;">■</span> Aspartat-Aminotransferase
<span style="color: yellow;">■</span> Creatinin	
<span style="color: yellow;">■</span> Harnsäure	
<span style="color: yellow;">■</span> Bilirubin	
<span style="color: yellow;">■</span> Vitamin D	

**Abb. 1.1** In einem allgemeinen Untersuchungsantrag (hier als Ausschnitt wiedergegeben) wird von dem behandelnden Arzt angegeben, welche Bestandteile im Blut des Patienten im klinisch-chemischen Labor quantitativ bestimmt werden sollen. Die erhaltenen Werte werden dann mit den Normwertbereichen verglichen.

Biotechnologie und der Zellkultur-Technik tätig.

Für das qualifizierte Arbeiten mit pflanzlichen, tierischen und menschlichen Zellen, wie auch mit Mikroorganismen (Bakterien und Pilzen) und mit Viren, ist es erforderlich, bei ihrer Kultivierung hinsichtlich der Zusammensetzung der Nährmedien und der Wachstums-Parameter optimale Bedingungen einzuhalten.

Hinzu kommt, dass auch die Durchführung jedes biotechnologischen und gentechnologischen Verfahrens in der Vorbereitung, dem Ablauf und der Aufarbeitung fundierte Chemie-Kenntnisse erfordert. Hier gibt es viele Beispiele von Verfahren, deren Ziel darin besteht, einen durch ein gentechnisches Verfahren hergestellten Wirkstoff aus der erhaltenen Kulturbrühe zu isolieren und in höchster Reinheit zu gewinnen, was für die vorgesehene therapeutische Verwendung unerlässlich ist.

## 1.2

**Ihre berufsbezogene Chemie-Ausbildung**

Ihre Ausbildung umfasst viele Fächer, in denen entweder Chemie-Kenntnisse vorausgesetzt werden oder in denen diese in dem fachlichen Zusammenhang direkt vermittelt werden:

Ausbildungsfächer für MTLA **und** BTA

- Molekularbiologie
- Mikrobiologie
- Histologie und Zytologie
- Immunologie
- Gentechnologie
- Toxikologie
- Genetik und Molekulargenetik.

*Spezifische* Ausbildungsfächer für

MTLA	BTA
Klinische Chemie	Botanik
Hämatologie	Zoologie
Serologie	Zellbiologie
Pharmakologie	Biotechnologie
Hygiene	Ökologie

Die während Ihrer Ausbildung erworbenen Chemie-Kenntnisse werden sich in mehrfacher Hinsicht als nutzbringend erweisen: zum einen im beruflichen Bereich, zum anderen auch im „täglichen Leben“ im Hinblick auf Gesundheit, Ernährung und Körperpflege.

Chemie-Kenntnisse tragen zum Verständnis der Zusammensetzung und der Wirkungsweise von Arzneimitteln bei und ermöglichen eine Beurteilung zahlreicher Ernährungsratschläge und Diät-Empfehlungen, in denen uns ständig Vitamine, Mineralstoffe, Spurenelemente, *Omega-3*-Fettsäuren, freie Radikale und Polyphenole begegnen.

Nachstehend sind einige Beispiele zusammengestellt, die zeigen sollen, in welchen *Ausbildungsfächern* einschlägige Chemie-Kenntnisse erforderlich sind:

**Klinische Chemie**

- Herstellung von Reagenzlösungen und von Puffer-Lösungen
- Eigenschaften und Anwendung von Enzymen (Biokatalysatoren)
- Bestimmungen des Gehalts an anorganischen Stoffen (Elektrolyten) und an Stoffwechsel-Produkten sowie der Aktivität von Enzymen

**Physiologie**

- Wasser-Haushalt des Organismus/osmotischer Druck
- Elektrolyt-Haushalt (Salze, Mineralstoffwechsel)
- Säure-Basen-Haushalt (pH-Wert des Blutes)
- Zusammensetzung der anorganischen Knochensubstanz
- Hormone
- Bestandteile der Nahrung/Proteine, Kohlenhydrate, Fette, Vitamine
- Stoffwechsel-Wege
- Zwischenprodukte und Endprodukte des Stoffwechsels

**Hämatologie**

- Aufbau und Funktion des roten Blutfarbstoffs
- Blutgerinnungsfaktoren

**Immunologie**

- Glycoproteine
- Struktur von Antikörpern

**Mikrobiologie**

- Antibiotika (chemische Struktur, Wirkungsweise und Verwendung)

**Histologie**

- Farbstoffe zum Anfärben von Zellen und Gewebeschnitten
- Herstellung von Fixierungslösungen aus anorganischen und organischen Chemikalien

**Molekularbiologie**

- DNA und RNA
- Enzyme, welche die Synthese und den Abbau von Nucleinsäuren sowie chemische Reaktionen mit Nucleinsäuren katalysieren
- Polymerase-Kettenreaktion

**Zellbiologie**

- Nährlösungen für Zellkulturen und Gewebekulturen

**Hygiene**

- Desinfektionsmittel

**Pharmakologie/Toxikologie**

- Wirksamkeit neuer chemischer Verbindungen
- Schwermetalle mit toxischer Wirkung.

**1.3****Wie ist dieses Lehrbuch aufgebaut?**

Dieses Buch umfasst Lehrinhalte aus den Gebieten:

**I.**

Allgemeine Chemie  
Anorganische Chemie  
Organische Chemie

**II.**

Biochemie  
Biotechnologie  
Arzneimittel.

Für die Fachschülerinnen und Fachschüler besteht der Nutzen dieses **in einem Band** vorliegenden Lehrbuches darin, dass sie zum Verständnis der in Teil II beschriebenen chemischen Strukturen und Stoffwechsel-Reaktionen *unmittelbar* auf ihrem in Teil I erworbenen Wissen aufbauen können.

Sowohl bei der Schreibweise von Fachbegriffen als auch bei der Wiedergabe von chemischen Formeln und Reaktions-Gleichungen wurde besonderer Wert auf **Über-**

**sichtlichkeit** und Zweckmäßigkeit gelegt.

Aus mehreren Gründen war es nur gelegentlich möglich, auf die historische Entwicklung der Chemie einzugehen und die Aufeinanderfolge von herausragenden Experimenten und daraus abgeleiteten Modell-Vorstellungen und Gesetzmäßigkeiten zu beschreiben. Umso mehr Raum nehmen die daraus in der Chemie gewonnenen Erkenntnisse ein, die wesentlich zu dem raschen Fortschritt in der Biologie und der Medizin beigetragen haben.

Im **Periodensystem der Elemente** (PSE, siehe Anhang A-10 und Kap. 4) sind grundlegende Erkenntnisse und Informationen niedergelegt, die uns durch die „gesamte Chemie“ begleiten. Von allen chemischen Elementen interessieren uns vor allem diejenigen Elemente, aus denen die im menschlichen Körper und die in der gesamten belebten Natur vorkommenden Verbindungen aufgebaut sind. Diese **Bioelemente** sind in Tab. 1.1 zusammengestellt.

Viele chemische Verbindungen, welche Elemente der *Hauptgruppen* des PSE (Abb. 4.2) miteinander bilden, sind in leicht überschaubarer Weise aufgebaut. Es ist nützlich sich zu merken, welche wichtigen Elemente in *derselben Hauptgruppe* des PSE angeordnet sind, weil die Gruppen-Nummer hier zugleich die Anzahl der Valenzelektronen (siehe Abschn. 4.5) und der chemischen Bindungen (siehe Abschn. 5.1) angibt.

Es lohnt sich, wenn Sie sich zu gegebener Zeit gleich die wichtigsten Regeln zur *systematischen Benennung* sowohl von anorganischen Verbindungen (siehe Abschn. 5.2.3) als auch von organischen Verbindungen (siehe Abschn. 18.6) einprägen. Hierzu gehört, dass Sie sich frühzeitig die Bedeutungen von Vorsilben und Endungen merken, die mit dem Wortstamm verbunden werden.

**Tab. 1.1** Chemische Elemente, aus denen die im *menschlichen Organismus* vorliegenden Verbindungen aufgebaut sind.

Element	Symbol	Biologische Bedeutung
Kohlenstoff	C	In allen organischen Verbindungen enthalten
Wasserstoff	H	In allen organischen Verbindungen enthalten, meist an C sowie an O, N und S gebunden
Sauerstoff	O	In Wasser, dem Milieu der lebenden Zellen; in Phosphat- und Sulfat-Ionen; in einer Vielzahl organischer Verbindungen, wie Fetten und Kohlenhydraten
Stickstoff	N	In Aminosäuren und Proteinen; in Nucleotiden und Nucleinsäuren, in wasserlöslichen Vitaminen; in rotem Blutfarbstoff und den Gallenfarbstoffen; in Harnsäure und Harnstoff
Schwefel	S	In Sulfat-Ionen; in zwei proteinogenen Aminosäuren und in sehr vielen Proteinen
Phosphor	P	In Phosphat-Ionen, einem Puffer-System des Blutes und in der anorganischen Knochen- und Zahnschmelze; in energiereichen Phosphaten; in allen Nucleinsäuren; in Phospholipiden und damit in Zellmembranen; in Phosphoproteinen
Selen	Se	Als Spurenelement im aktiven Zentrum einiger Enzyme
<b>Elektrolyte</b>		Die <b>Ionen</b> von Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium und Chlor zur Aufrechterhaltung des osmotischen Drucks
Natrium	Na	Na <sup>+</sup> -Ionen überwiegend in der extrazellulären Flüssigkeit
Kalium	K	K <sup>+</sup> -Ionen überwiegend in der intrazellulären Flüssigkeit; bei der Erregungs-Leitung über das Membran-Potential Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup>
Magnesium	Mg	Mg <sup>2+</sup> -Ionen in der intrazellulären Flüssigkeit; Bindung an energiereiche Phosphate; Bindung an Enzyme
Calcium	Ca	Ca <sup>2+</sup> -Ionen bilden gemeinsam mit Phosphat-, Hydroxid-, Fluorid und Carbonat-Ionen die Knochen- und Zahnmineralien; Einfluss auf die Blutgerinnung; Auslösung der Muskel-Kontraktion und der Glycogenolyse
Chlor	Cl	Chlorid-Ionen (Cl <sup>-</sup> ) in der extrazellulären Flüssigkeit
Fluor	F	Fluorid-Ionen (F <sup>-</sup> ) als Bestandteil von Fluorapatit
Iod	I	Gebunden in Schilddrüsen-Hormonen
<b>Spurenelemente</b>		Chrom, Mangan, Eisen, Cobalt, Kupfer, Zink, Molybdän als Komplex-Verbindungen mit Proteinen (Metalloproteine)
Chrom	Cr	Einfluss auf die Glucose-Verwertung im Stoffwechsel
Mangan	Mn	Als Mn <sup>2+</sup> -Ionen zur Aktivierung einiger Enzyme
Eisen	Fe	Als Eisen(II)-Komplex gebunden im Hämoglobin zum Sauerstoff-Transport; im Myoglobin zur Sauerstoff-Speicherung im Muskel; als Fe(III)/Fe(II) in Cytochromen zur Elektronen-Übertragung in der Atmungskette
Cobalt	Co	Als Cobalt(III) in Vitamin B <sub>12</sub>
Kupfer	Cu	Als Cu(II)/Cu(I) in Enzymen, die Redox-Reaktionen katalysieren
Zink	Zn	In vielen Enzymen (fest gebunden); ferner als Zink-Insulin
Molybdän	Mo	Als Mo(VI)/Mo(V) in Oxido-Reduktasen

Der Lohn dieser Mühe besteht darin, dass Sie aus systematischen Namen die *chemische Formel* (die Zusammensetzung der betreffenden Verbindung) *unmittelbar herleiten* können, ohne diese jemals vorher auswendig gelernt zu haben.

In der *Organischen Chemie* begegnet uns eine Vielzahl an Verbindungen mit unterschiedlichsten Eigenschaften. An ihrem Aufbau ist jedoch immer das Element *Kohlenstoff* beteiligt. Kohlenstoff-Atome besitzen die in dieser Erscheinungsvielfalt einzigartige Eigenschaft, dass sie, durch chemische Bindungen miteinander verknüpft, sowohl kettenförmig als auch ringförmig aufgebaute Strukturen (Kohlenstoff-Gerüste) bilden können.

In organischen Verbindungen, in denen Kohlenstoff-Atome mit Atomen anderer Elemente, wie *Sauerstoff*, *Stickstoff* oder *Schwefel*, verknüpft sind, haben diese andersartigen Atome oder Atomgruppen entscheidenden Einfluss auf die physikalischen und chemischen Eigenschaften dieser Verbindungen. Man nennt solche Atomgruppen daher **funktionelle Gruppen** (siehe Abschn. 18.6), *weil sie die Eigenschaften der betreffenden Stoffe prägen*.

Der Einteilung organischer Verbindungen liegen somit zum einen der Aufbau ihrer Kohlenstoff-Gerüste, zum anderen aber auch die Art und die Anzahl an funktionellen Gruppen zugrunde.

Dies erscheint nur auf den ersten Blick kompliziert. Um jedoch rasch und dauerhaft einen Überblick zu gewinnen, ist es zweckmäßig, sich von Anfang an mit der **systematischen Benennung** chemischer Verbindungen vertraut zu machen (siehe Abschn. 18.6).

Anfangs, als die chemische Zusammensetzung der in der Natur aufgefundenen oder aus Pflanzen und Tieren isolierten Stoffe nicht bekannt war, gab man ihnen Namen nach ihrem Entdecker (insbesonde-

re bei chemischen Elementen und Mineralien), ihrem Vorkommen (Harnstoff, Coffein) oder nach einer typischen Eigenschaft unter Hinweis auf das Ausgangsmaterial (Essigsäure, Milchsäure, Citronensäure, Harnsäure, Nicotinsäure). Solche **Trivialnamen** lassen keine Rückschlüsse auf die chemische Zusammensetzung (Formel) der Stoffe zu.

In dem Maße, wie die chemische Zusammensetzung der Stoffe analysiert und ihre Struktur aufgeklärt wurde, ergab sich die Grundlage für ihre Einteilung in *Stoffklassen* und für ihre systematische Benennung (Nomenklatur) nach international vereinbarten Regeln. Hierbei kommen *definierte Vorsilben und Wortendungen* zur Anwendung. Die frühzeitige Beschäftigung mit den wichtigsten Regeln führt dazu, dass wir einer chemischen Verbindung mit bekannter Formel leicht ihren systematischen Namen *zuordnen* können, ebenso wie wir andererseits aus dem systematischen Namen die zugehörige chemische Formel *ableiten* können.

Trivialnamen werden jedoch nach wie vor aus zwei Gründen verwendet: zum einen, weil sie sich für zahlreiche chemische Verbindungen auf vielen Gebieten eingebürgert haben, zum anderen, weil die Anwendung der systematischen Benennung auf chemische Verbindungen mit komplizierter Struktur, insbesondere auf Naturstoffe, wegen der Länge der sich ergebenden Namen nicht übersichtlich ist.

Im Hinblick auf die beim Arbeiten mit Chemikalien und Reagenzien im Labor geübene *berufliche Praxis* hat die **Verwendung von Trivialnamen** nach wie vor ihre Berechtigung, zumal über lange Zeit gebräuchliche Trivialnamen auch in angrenzenden Fachgebieten, ebenso wie in der Umgangssprache, ständig benutzt werden.

## 1.4

## Physik ... Chemie

Die Physik untersucht die verschiedenen Erscheinungsformen der Materie und der Energie sowie die Wechselwirkungen von Materie und Energie. Bei vielen *physikalischen Vorgängen* ändert sich der Aggregatzustand der untersuchten Stoffe. Die chemische Zusammensetzung reiner Stoffe oder der einzelnen Bestandteile von Stoff-Gemischen bleibt hierbei jedoch unverändert. So hat der reine Stoff Wasser in den verschiedenen Aggregatzuständen (als Eis, flüssiges Wasser und Wasserdampf) die chemische Zusammensetzung  $\text{H}_2\text{O}$ . *Physikalische Vorgänge führen* – im Gegensatz zu chemischen Umsetzungen – *zu keiner Änderung der Zusammensetzung reiner* Stoffe, wie das folgende Beispiel verdeutlicht:

Wenn wir reinen Alkohol (Ethanol) in einen Glaskolben füllen, der zu einer Destillationsapparatur gehört, und die Flüssigkeit bis zu einer Temperatur von  $78^\circ\text{C}$  (dem Siedepunkt) erhitzen, *siedet* Ethanol. Durch Abkühlen kann man den Dampf *kondensieren* und durch Sammeln des Kondensats in einem Glaskolben erhält man denselben Stoff, *dieselbe chemische Verbindung*, die schon vor dem Verdampfen und Sieden vorgelegen hat, hier: Ethanol.

Zu einem ganz anderen Ergebnis gelangen wir bei der *Verbrennung* von Ethanol. Durch den Verbrennungs-Vorgang (die *chemische Reaktion* mit Luft-Sauerstoff) entstehen aus Ethanol Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) und Wasserdampf ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Nach der Verbrennung ist von dem eingesetzten Ethanol ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ) praktisch nichts mehr vorhanden. Aus jedem Ethanol-Molekül sind zwei Moleküle  $\text{CO}_2$  und drei Moleküle  $\text{H}_2\text{O}$  entstanden, was nach dem **Gesetz von der Erhaltung der Masse** der folgen-

den Reaktions-Gleichung entspricht:



Die **Physik** stellt die wissenschaftlichen Grundlagen, ebenso wie Messmethoden und Apparaturen, bereit, um viele Aufgabenstellungen in den Nachbarwissenschaften Chemie und Biologie zu bearbeiten. *Physikalische Methoden* werden angewendet zur:

- Bestimmung von charakteristischen Stoff-Eigenschaften, z. B. der Dichte oder der Schmelztemperatur, um chemische Verbindungen zu identifizieren,
- Auftrennung von Stoff-Gemischen in Fraktionen oder in ihre einzelnen Bestandteile, z. B. durch fraktionierende Destillation,
- Durchführung qualitativer und quantitativer Analysen unter Verwendung von optischen (Photometern) oder elektrischen Geräten und zur Aufklärung der Struktur chemischer Verbindungen unter Verwendung von Spektralphotometern und Massenspektrographen,
- Bestimmung der dreidimensionalen Struktur von Proteinen; hierzu muss es zunächst gelingen, von dem betreffenden Protein *Kristalle* zu züchten, die für *Röntgen-Strukturanalysen* (die Röntgen-Kristallographie) geeignet sind,
- fluoreszenzmikroskopischen Untersuchung der Lokalisation und des Verhaltens von Proteinen in lebenden Zellen.

Im Gegensatz zu physikalischen Vorgängen ändert sich bei *chemischen Vorgängen* die Zusammensetzung der Stoffe. Aus Stoffen, die *vor* Ablauf einer chemischen Reaktion (Umsetzung, Umwandlung) vorliegen, den Ausgangsstoffen, *entstehen Reaktions-Produkte mit anderen Eigenschaften*:

Ausgangsstoffe  $\rightarrow$  Reaktions-Produkte

Durch physikalische Maßnahmen kann man chemische Reaktionen in Gang setzen oder ihren Verlauf beschleunigen, so durch Erhitzen, Bestrahlung mit ultraviolettem Licht oder Einwirkung von elektrischem Strom. Chemische Reaktionen können unter starker Erwärmung (manche sogar explosionsartig) ablaufen. Die **Chemie** untersucht solche Vorgänge qualitativ und quantitativ, sie erforscht vor allem das *Verhalten von Stoffen gegenüber anderen Stoffen* (ihre Reaktivität).

Die bei chemischen Umsetzungen entstehenden *Reaktions-Produkte haben andere Eigenschaften als die Ausgangsstoffe*.

Wie kann man nun feststellen, ob bei einem Vorgang (z. B. beim Erhitzen oder beim Auflösen eines Stoffes in Wasser) eine Stoffumwandlung erfolgt ist? Der Vergleich von Eigenschaften der erhaltenen Stoffe mit charakteristischen Eigenschaften der bei dem Versuch eingesetzten Stoffe zeigt, ob ein physikalischer Vorgang oder ob eine chemische Reaktion stattgefunden hat. Stimmen charakteristische Eigenschaften von eingesetztem Stoff und erhaltenem Stoff überein, so liegt noch der gleiche Stoff vor, weil lediglich ein physikalischer Vorgang abgelaufen ist.

Beobachtet man dagegen das Auftreten anderer Eigenschaften, so ist dies das Ergebnis einer chemischen Reaktion (Stoffumwandlung).

#### Exkurs: Registrierung und Benennung von Substanzen in der Chemie

Die Forschungsarbeit in der Chemie dokumentiert sich unter anderem in der Vielzahl neuer Substanzen, die aus Vorkommen in der Natur gewonnen oder durch Synthesen hergestellt werden und deren Strukturen durch physikalisch-chemische Methoden aufgeklärt werden. Jede dieser Substanzen muss einen eindeutigen Namen erhalten. Die an die Präzision der Nomenkla-

tur gestellten Anforderungen haben ständig zugenommen, nachdem die modernen Methoden der Struktur-Aufklärung vielfältige Informationen bis in alle Einzelheiten des räumlichen Aufbaus der Substanzen ergeben.

Von einer Division der American Chemical Society, dem Chemical Abstract Service (CAS) in Columbus/Ohio, werden sämtliche anorganischen und organischen Verbindungen, ferner organometallische Verbindungen, Polymere, Minerale, Salze, Legierungen und Stoffgemische, darüber hinaus auch Protein-Sequenzen und Nucleotid-Sequenzen, registriert, die weltweit in Veröffentlichungen (wissenschaftlichen Zeitschriften, Forschungsberichten und Patentschriften) beschrieben werden.

Im April 2017 betrug die Zahl dieser CAS-Registrierungen mehr als 130 Millionen, mit dem weitaus größten Anteil an organischen Verbindungen. In dem Maße wie die Anzahl der aus natürlichen Vorkommen isolierten oder synthetisch hergestellten chemischen Verbindungen zunahm, erkannte man auch die Notwendigkeit, viele der bis dahin gebräuchlichen **Trivialnamen** durch systematische Namen zu ersetzen.

Der erste Internationale Kongress zur Vereinbarung von Regeln zur **systematischen Nomenklatur** fand 1892 in Genf statt. Zur aktuellen und eindeutigen Benennung chemischer Verbindungen werden von der **International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)** Regeln zur **systematischen** Nomenklatur vereinbart, deren Anwendung im nationalen Rahmen verbindlich ist oder empfohlen wird. Die Anwendung der IUPAC-Nomenklatur-Regeln macht es erforderlich, bisher gebrauchte Namen aufzugeben oder erst an zweiter Stelle anzuführen.

Dieser Sachverhalt wird besonders auf dem Gebiet der Organischen Chemie deut-

lich. Eine Anpassung der Nomenklatur ist vor allem dort notwendig, wo die bisherigen Bezeichnungen zu einer fehlerhaften Einordnung der betreffenden Verbindungen in die zugrunde liegende **Verbindungsklasse** führen.

So ist die Endsilbe **-ol** zur Benennung von organischen Verbindungen bestimmt, die in die Verbindungsklasse der **Alkohole** oder der **Phenole** gehören.

Die Namen Benzol, Toluol, Xylol und Styrol stimmen mit dieser Regel nicht überein, weil diese Verbindungen weder zu den Alkoholen noch zu den Phenolen, sondern zu den aromatischen Kohlenwasserstoffen gehören, deren korrekte Bezeichnungen auf **-en** enden und die somit **Benzen**, **Toluen**, **Xylen** und **Styren** heißen. Weitere Beispiele sind die vielfach verwendeten Namen *Glycerin* und *Cholesterin*. Die Endsilbe **-in** ist für Verbindungen bestimmt, deren Moleküle eine Dreifachbindung zwischen zwei C-Atomen enthalten, wie **Ethin** (früher: Acetylen).

Weder Glycerin noch Cholesterin enthält dieses Struktur-Merkmal. Beide Verbindungen gehören in die Verbindungsklasse der **Alkohole** und sind nach den IUPAC-Regeln **Glycerol** und **Cholesterol** zu nennen.

Glycerin ist einer der molekularen Bausteine der Fette. Als Ester von gesättigten und ungesättigten Fettsäuren mit Glycerin werden Fette als Triglyceride und aktuell auch als **Triacylglycerole** (Abschn. 25.2) bezeichnet.

Die *systematische Nomenklatur* erfüllt mehrere Anforderungen: Selbst feinste Unterschiede in der Konstitution, wie auch im räumlichen Aufbau (der Konfiguration und der Konformation) chemischer Verbindungen lassen sich durch *eindeutig zuzuordnende, international vereinbarte Namen* darstellen. Andererseits lassen sich *die Strukturformeln chemischer Verbindungen*

vollständig *aus ihren systematischen Namen ableiten*.

## 1.5 Chemie ... Biologie

Die Erforschung der unbelebten und belebten Natur ist Aufgabe der Naturwissenschaften (Physik und Chemie) und der Biowissenschaften (Lebenswissenschaften). Diese Arbeitsgebiete berühren und durchdringen sich in vielen Bereichen. Weil die *Lebensvorgänge auf chemischen und physikalischen Gesetzmäßigkeiten beruhen*, erfordert das Arbeiten auf bestimmten Gebieten der Biologie und Medizin weitreichende Chemie- und Physik-Kenntnisse.

In der Biologie richtet sich das Interesse nicht nur auf Untersuchungen an den Organismen selbst, an ihren Organen und Geweben, sondern auch auf die Erforschung von Zellen (Zellbiologie) als den kleinsten Einheiten der Lebewesen. Es gibt Lebewesen, die **Prokaryoten** (Bakterien sowie Archaea), deren Zellen *keinen Kern* enthalten, wie auch Lebewesen, die **Eukaryoten** (Tiere, Pflanzen, Pilze, z. B. Hefen, und Protozoen), in deren Zellen ein *echter Kern* (ein durch Membranen abgegrenzter Zellkern) vorhanden ist. Prokaryotische Zellen und eukaryotische Zellen unterscheiden sich erheblich in ihrer Strukturierung. Diese ist bei *eukaryotischen Zellen* durch das Vorhandensein charakteristischer *Zell-Organellen* (Kompartimente) geprägt.

Im Besonderen ist von Interesse

- welche chemischen Verbindungen am Aufbau lebender Zellen beteiligt sind und
- welche chemischen Reaktionen in lebenden Zellen ablaufen.

Die Beantwortung dieser Fragen führt auf die *molekulare Ebene*, weil die weitaus

überwiegende Zahl chemischer Verbindungen aus Molekülen als kleinsten Teilchen besteht. Hieraus ergeben sich Bezeichnungen für neue Fachgebiete wie *Molekularbiologie*, *Molekulargenetik* und *Molekulare Medizin*. Erst die Erforschung des Geschehens auf der *molekularen Ebene* führt zu Erkenntnissen über die Wirkungsweise von Medikamenten, wie der Wechselwirkung von Arzneimittel-Wirkstoffen mit körpereigenen Enzymen oder Rezeptoren an Zelloberflächen, über die Ursachen von genetisch bedingten Erkrankungen oder über die Entstehung krebsartiger Veränderungen von Zellen.

Als kennzeichnend für **Lebewesen** wird das *gemeinsame* Vorhandensein folgender Merkmale angesehen:

- Die kleinste strukturelle wie auch funktionelle Einheit der Lebewesen (Organismen) ist die biologische *Zelle*.
- Zellen sind durch eine Zellwand oder durch Zellmembranen gegenüber ihrer Umwelt oder voneinander abgegrenzt.
- Als ihr *Genom* haben Lebewesen *Erbinformation* gespeichert, die sie an nachfolgende Generationen weitergeben. *In sich selbst* haben sie die Fähigkeit zu Wachstum, Entwicklung und Vermehrung.
- Lebewesen sind *offene Systeme*, die zur Erhaltung der Lebensvorgänge Stoffe (und Energie) aus ihrer Umgebung aufnehmen, auf dieser Grundlage eine Vielzahl chemischer Reaktionen (ihren *Bau-Stoffwechsel* und *Energie-Stoffwechsel*) durchführen und Endprodukte des Stoffwechsels ausscheiden.
- Lebewesen nehmen *Reize aus der Umwelt* auf und reagieren hierauf.
- Lebewesen weisen als Ganzes oder innerhalb ihrer Zellen Beweglichkeit auf.

Als „Brücke“ zwischen Chemie und Biologie erforscht und beschreibt die **Bioche-**

**mie** den chemischen Aufbau von Organismen und die chemischen Reaktionen, die der Aufrechterhaltung der Lebensvorgänge dienen, insbesondere alle **Stoffwechsel-Wege**.

Zu den herausragenden Ergebnissen der Forschung auf dem Gebiet der Biochemie gehören:

- die Aufklärung des Verlaufs der chemischen Reaktionen, die in großer Vielfalt beim *Bau-Stoffwechsel* und beim *Energie-Stoffwechsel* der Organismen stattfinden; hierzu gehören alle chemischen Umsetzungen, durch die mit der Nahrung aufgenommene Stoffe *abgebaut* werden, ebenso wie die Stoffwechsel-Wege, auf denen der *Aufbau körpereigener Stoffe* (die *Biosynthese*) erfolgt,
- die Aufklärung des Ablaufs der für das Leben auf der Erde grundlegenden Photosynthese,
- Isolierung einer Vielzahl von *Proteinen* und *Glycoproteinen* (wie Enzyme, Hormone, Antikörper, Rezeptoren) aus unterschiedlichsten Organismen, ihre Gewinnung in reiner Form, die Beschreibung ihrer Struktur und die Charakterisierung ihrer biologischen Funktion,
- die Erforschung des *Sekundärstoffwechsels*, der zu Synthese-Produkten wie Antibiotika aus Bakterien und Pilzen oder pharmakologisch wirksamen Inhaltsstoffen aus Pflanzen führt, und deren Isolierung und Struktur-Aufklärung.

Von den Lebewesen wird eine große Vielfalt an Naturstoffen synthetisiert, die als

- **Primärstoffe** für das Wachstum und den Stoffwechsel des betreffenden Organismus lebensnotwendig sind (Nucleinsäuren, Proteine, Lipide, Kohlenhydrate) oder die als
- **Sekundärstoffe** zu einer besseren Anpassung des Organismus an seine Umwelt beitragen.

Sekundärstoffe gehören sehr unterschiedlichen chemischen Stoffklassen an, wie die Vielzahl an *sekundären Pflanzeninhaltsstoffen*. Einige der mit der Nahrung (Gemüse, Obst) aufgenommenen sekundären Pflanzeninhaltsstoffe können im menschlichen Organismus eine gesundheitsfördernde Wirkung entfalten, wie eine antimikrobielle, antioxidative (Krebserkrankungen vorbeugende Wirkung) oder den Cholesterinspiegel senkende Wirkung.

Grüne Pflanzen, wie Algen, Moose, Farne und höhere Pflanzen, und einige Bakterien-Arten (Cyanobakterien) sind dazu befähigt, *die Energie des Sonnenlichtes mithilfe ihrer Chlorophyll-Farbstoffe zur Synthese energiereicher organischer Verbindungen zu nutzen*. Durch die bei der **Photosynthese** ablaufenden Licht- und Dunkelreaktionen bauen diese autotrophen Organismen aus den *anorganischen Verbindungen* Kohlenstoffdioxid und Wasser Glucose und andere Kohlenhydrate auf.

### Zusammenfassung

Grundlegende Kenntnisse der Allgemeinen und Anorganischen Chemie, der Organischen Chemie und der Biochemie sind sowohl in der Ausbildung als auch bei der vielfältigen beruflichen Tätigkeit von technischen Assistenten in der Medizin und von biologisch-technischen Assistenten erforderlich. Die Vielfalt der Fachgebiete, in denen Chemiekenntnisse notwendig sind, erstreckt sich von der Klinischen Chemie (Laboratoriumsmedizin) und der Physiologie, der Hämatologie, Immunologie, Histologie, Molekularbiologie, Mikrobiologie und Zellbiologie bis hin zur Pharmakologie und Toxikologie sowie zur Biotechnologie und Ökologie. Die eindeutige Bezeichnung chemischer Verbindungen

durch systematische Namen, wie auch durch Trivialnamen, ist unverzichtbar, so auch zur Bezeichnung von Arzneimittel-Wirkstoffen und zum Verständnis von Zusammenhängen in den „Nachbarwissenschaften“, wie der Physik und der Biologie.

### Verständnisfragen

- 1.1 Unter welcher Bezeichnung fasst man die in Organismen ablaufenden chemischen Reaktionen zusammen?
- 1.2 In welchem Milieu erfolgen diese Reaktionen?
- 1.3 Wie nennt man Stoffe, die die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen erhöhen, ohne dabei verbraucht zu werden?
- 1.4 Wie nennt man derartige an Stoffwechsel-Vorgängen beteiligte Proteine?
- 1.5 Unter welcher Bezeichnung fasst man Stoffwechsel-Produkte zusammen?
- 1.6 Zu welchem Fachgebiet gehört die Bestimmung von Stoffwechsel-Produkten in Körperflüssigkeiten?
- 1.7 Nennen Sie einige organische Verbindungen, die bei Stoffwechsel-Reaktionen entstehen.
- 1.8 Unter welcher Bezeichnung kann man im Organismus vorhandene anorganische Ionen zusammenfassen?
- 1.9 Geben Sie die wichtigsten Verbindungsklassen der organischen Nahrungsbestandteile an.
- 1.10 Welche Stoffe bezeichnet man als Antibiotika?
- 1.11 Wie nennt man die in den kleinsten Teilchen organischer Verbindungen vorliegenden Atomgruppen, welche die Eigenschaften der betreffenden Stoffe prägen?
- 1.12 Unter welchem Namen ist die „Chemie der Kohlenstoff-Verbindungen“ bekannt?

1.13 Welche Gesichtspunkte stehen bei der Benennung von Stoffen durch *Trivialnamen* vielfach im Vordergrund?

1.14 Verdeutlichen Sie sich den Unterschied zwischen *physikalischen* und *chemischen* Vorgängen.

1.15 Formulieren Sie die Reaktions-Gleichung für die Verbrennung von Ethanol ( $C_2H_6O$ ).

1.16 Wie bezeichnet man ganz allgemein die an chemischen Reaktionen direkt beteiligten Stoffe?

1.17 Was versteht man unter Biosynthese?

1.18 Wie ist die allgemeine Bezeichnung für Stoffe, die an Enzyme gebunden werden?

1.19 Was bewirkt eine als Enzym-Inhibitor bezeichnete Substanz?