

# 1 f r

## 1.1 reber fl e t et bere e

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 (M AL) 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 (siehe Abb. im Anhang).

Darüber hinaus bieten sich berufliche Möglichkeiten 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 (B A) tätig, die zudem in der chemischen

Industrie, insbesondere in den Bereichen Pflanzenschutz und Grüne Gentechnik (gentechnisch veränderte Pflanzen) sowie in vielen Biotechnologie- (Bio ec-)Firmen arbeiten.

Die Auswertung von Stellenangeboten zeigt, dass M AL und B A bei einer Reihe von beruflichen Tätigkeiten sowohl von Seiten industrieller Arbeitgeber als auch von staatlichen und privaten Forschungseinrichtungen und Laboratorien *gleichermaßen* angesprochen und als Qualifizierte 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 *hemi-entnisse anwen en*. An zahlreichen Beispielen lässt sich zeigen, dass von Ihnen weit reichende 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 *linischen hemie* und der *olekularbiologie*.

Im klinisch-chemischen Labor untersuchen sie Körperflüssigkeiten, insbesondere Blut und Harn, und bestimmen den Gehalt an denjenigen Bestandteilen, die im Rah-

men 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. Abb. E-E (siehe auch im **Textfeld**)

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“ Natriumionen), 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-chemische Assistenten* sind der chemische Aufbau von Verbindungen und Strukturen in allen lebenden Organismen, der Stoffwechsel und die Bestimmung von Enzym-Aktivitäten in biologischem Untersuchungsmaterial gleicher Art von Interesse. Des Weiteren sind sie auf den Gebie-

- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Natrium      | <input type="checkbox"/> Eiweiß gesamt                  |
| <input type="checkbox"/> Kalium       | <input type="checkbox"/> Eiweiß-Elektrophorese          |
| <input type="checkbox"/> Magnesium    |   |
| <input type="checkbox"/> Calcium      | <input type="checkbox"/> $\alpha$ -Amylase              |
| <input type="checkbox"/> Eisen        | <input type="checkbox"/> Alkalische Phosphatase         |
| <input type="checkbox"/> Chlorid      | <input type="checkbox"/> Saure Phosphatase              |
| <input type="checkbox"/> Phosphat     | <input type="checkbox"/> Cholin-Esterase                |
| <input type="checkbox"/> Glucose      | <input type="checkbox"/> Creatin-Kinase                 |
| <input type="checkbox"/> Triglyceride | <input type="checkbox"/> Leucin-Arylamidase             |
| <input type="checkbox"/> Cholesterin  | <input type="checkbox"/> Lactat-Dehydrogenase           |
| <input type="checkbox"/> Harnstoff    | <input type="checkbox"/> Glutamat-Dehydrogenase         |
| <input type="checkbox"/> Creatinin    | <input type="checkbox"/> $\gamma$ -Glutamyl-Transferase |
| <input type="checkbox"/> Harnsäure    | <input type="checkbox"/> Alanin-Aminotransferase        |
| <input type="checkbox"/> Bilirubin    | <input type="checkbox"/> Aspartat-Aminotransferase      |

**Abb. 1-1.** In einem allgemeinen Untersuchungsantrafen (hier als Ausschnitt wieder gegeben) 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 (siehe auch **Farbtafel 1-1**).

ten der Molekularbiologie 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 eines 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

re ber f be e e e e-A bl

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

- Ausbildungsfächer für M AL B A
- Molekularbiologie
  - Mikrobiologie
  - Histologie und Zytologie
  - Immunologie
  - Gentechnologie
  - Toxikologie
  - Genetik und Molekulargenetik.

Spezifische A bl f erf r

A	A
Klinische Chemie	Botanik
Hämatologie	Zoologie
Serologie	Zellbiologie
Pharmakologie	Biotechnologie
Hygiene	Immunologie

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-B-Fett-

säuren, freie Radikale und Polyphenole begegnen.

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

**li ische hemie**

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

**h siologie**

- Wasser-Haushalt des Organismus | Osmotischer Druck
- Elektrolyt-Haushalt (Salze, Mineral-Stoffwechsel)
- 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

**m tologie**

- Aufbau und Funktion des roten Blutfarbstoffs
- Blutgerinnungsfaktoren

**mm ologie**

- Glycoproteine
- Struktur von Antikörpern

**i o iologie**

- Antibiotika (chemische Struktur, Wirkungsweise und Verwendung)

**istologie**

- Farbstoffe zum Anfärben von Zellen und Gewebeschnitten

Herstellung von Fixierungslösungen aus anorganischen und organischen Chemikalien

### ole 1 iologie

DNA und RNA

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

### ell iologie

Nährlösungen für Zell- und Gewebekulturen

### gie e

Desinfektionsmittel

### h m ologie o i ologie

Wirksamkeit neuer chemischer Verbindungen  
Schwermetalle mit toxischer Wirkung.

1.

### e t e e e r b a f e b a t

Dieses Lehrbuch umfasst die Gebiete:

- . Allgemeine Chemie  
Anorganische Chemie  
Organische Chemie
- . Biochemie  
Molekularbiologie  
Gentechnologie

Für die Leserinnen und Leser besteht der Nutzen dieses **ie em B** vorliegenden Lehrbuches darin, dass sie zum Verständnis der in **eil** beschriebenen chemischen Strukturen, Stoffwechsel-Reaktionen und molekularbiologischen Vorgänge *unmittelbar* auf ihrem in **eil** erworbenen Wissen aufbauen können.

Sowohl bei der Schreibweise von Fachbegriffen als auch bei der Wiedergabe von chemischen Formeln und Reaktions-Gleichun-

gen wurde besonderer Wert auf **e sichtlich** 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 außerordentlich raschen Fortschritt in der Biologie und der Medizin beigetragen haben.

Nicht selten hört man die Ansicht, dass man im Chemie-Unterricht ständig Formeln und Reaktions-Gleichungen auswendig lernen muss und dass vieles unverständlich bleibt. Was kann man tun, damit sich diese Annahme *nicht* bestätigt? Da es offenbar keinen Lehrsatz der Art „Die Summe der persönlichen Vorurteile ist konstant“ gibt, könnte man sich fragen, ob man dieses Vorurteil aufgeben kann, ohne dass ein anderes an seine Stelle treten muss. Ist es denkbar, dass man „in der Chemie“ erheblich weniger auswendig lernen muss als in manchen anderen Fächern, wie in bestimmten Gebieten der Medizin, in der Mikrobiologie oder beim Erlernen von Fremdsprachen? Wo lohnt es sich, bei der Beschäftigung mit dem naturwissenschaftlichen Grundlagenfach Chemie *on nfang an* „Lernarbeit“ zu investieren?

**m e io e s stem e chemische leme te** (PSE, siehe am Ende des Farbtafelteils und Kapitel M) 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 **ab. E-E** zusammengestellt.

ab. 1-1. hemische Elemente, aus denen die im n h i h n rg ni u vorlie enden Verbindun en auf ebaut sind.

le e t	b l	l e e t
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 ZellenFin Phosphat- und Sulfat- onenFin einer Vielzahl organischer Verbindungen, wie Fetten und Kohlenhydraten
Stickstoff	N	in Aminosäuren und ProteinenFin Nucleotiden und Nucleinsäuren, in wasserlöslichen VitaminenFin rotem Blutfarbstoff und den GallenfarbstoffenFin Harnsäure und Harnstoff
Schwefel	S	in Sulfat- onenFin zwei proteinogenen Aminosäuren und in sehr vielen Proteinen
Phosphor	P	in Phosphat- onen, einem Puffer-System des Blutes und in der anorganischen Knochen- und ZahsubstanzFin energiereichen PhosphatenFin allen NucleinsäurenFin Phospholipiden und damit in ZellmembranenFin Phosphoproteinen
Selen	Se	als Spurenelement im aktiven Zentrum einiger Enzyme
<b>le t ol te</b>		die o e von Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium und Chlor zur Aufrechterhaltung des osmotischen Drucks
Natrium	Na	Na <sup>⊕</sup> - onen überwiegend in der extrazellulären Flüssigkeit
Kalium	K	K <sup>⊕</sup> - onen überwiegend in der intrazellulären FlüssigkeitFbei der Erregungs-Leitung über das Membran-Potential Na <sup>⊕</sup> JK <sup>⊕</sup>
Magnesium	Mg	Mg <sup>⊕⊕</sup> - onen in der intrazellulären FlüssigkeitFBindung an energiereiche PhosphateFBindung an Enzyme
Calcium	Ca	Ca <sup>⊕⊕</sup> - onen bilden gemeinsam mit Phosphat-, Hydroxid-, Fluorid- und Carbonat- onen die Knochen- und ZahnmineraleinFEinfluss auf die BlutgerinnungFAuslösung der Muskel-Kontraktion und der Glykogenolyse
Chlor	Cl	Chlorid- onen (Cl <sup>⊖</sup> ) in der extrazellulären Flüssigkeit
Fluor od	F	Fluorid- onen (F <sup>⊖</sup> ) als Bestandteil von Fluorapatit gebunden in Schilddrüsen-Hormonen
<b>S e eleme te</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>⊕⊕</sup> - onen zur Aktivierung einiger Enzyme
Eisen	Fe	als Eisen( ) komplex gebunden im Hämoglobin zum Sauerstoff-transportFim Myoglobin zur Sauerstoff-Speicherung im MuskelF als Fe( )JFe( ) in Cytochromen zur Elektronen-Nbertragung in der Atmungskette
Cobalt	Co	als Cobalt( ) in Vitamin B <sub>12</sub>
Kupfer	Cu	als Cu( )JCu( ) in Enzymen, die Redox-Reaktionen katalysieren
Zink	Zn	in vielen Enzymen (fest gebunden)Ferner als Zink- nsulin
Molybdän	Mo	als Mo(V )JMo(V) in Oxido-Reduktasen

Viele chemische Verbindungen, welche Elemente der *au tgru en* des PSE (Abb. M9) miteinander bilden, sind in leicht überschaubarer Weise aufgebaut. Es ist nützlich, sich zu merken, welche wichtigen Elemente in *erselben au tgru e* des PSE angeordnet sind, weil die Gruppen-Nummer hier zugleich die Anzahl der Valenzelektronen (siehe Abschnitt MQ) und der chemischen Bindungen (siehe Abschnitt CE) angibt.

Es lohnt sich, wenn Sie sich (anstatt des Auswendiglernens der Namen jeder einzelnen Verbindung) zu gegebener Zeit gleich die wichtigsten Regeln zur *systematischen Benennung* sowohl von anorganischen Verbindungen (siehe Abschnitt C9.B) als auch von organischen Verbindungen (siehe Abschnitt EQ;) einprägen. Hierzu gehört, dass Sie sich frühzeitig die Bedeutungen von Vorsilben und Endungen merken, die mit dem Wortstamm verbunden werden.

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 Ver-

bindungen. Man nennt solche Atomgruppen daher *funktionelle Gruppen* (siehe Abschnitt EQ;), weil sie die Eigenschaften der betreffenden Stoffe bestimmen.

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 Abschnitt EQ;). In Tab. E-9 sind Hinweise auf die Tabellen zur Anorganischen und Organischen Chemie zusammengestellt, die Ihnen einen Zugang zu diesen Gebieten eröffnen.

Anfangs, als die chemische Zusammensetzung der in der Natur aufgefundenen oder aus Pflanzen und Tieren isolierten Stoffe nicht bekannt war, gab man ihnen

Tab. E-9. (runde Bezeichnungen in Tabellen zusammengestellt (siehe weiser zu wichtigen Übersichten)

Abkürzung	Bedeutung
9-9	Übersicht über Stoffe
GE	Die Arten der chemischen Bindung
E-B	Gehalts-Angaben von Lösungen in einer Formel-Übersicht
EOE	Der Aufbau von Biopolymeren (Polysacchariden, Proteinen, Nucleinsäuren)
EO9	Die Strukturmerkmale organischer Verbindungen
EOB	Die Bezeichnung der Anzahl an Atomen, Ionen, Bindungen, Atomgruppen und Molekülen durch Vorsilben
EOM	Die Bedeutung von Vorsilben
BCE	Biochemische Vorgänge in den Kompartimenten eukaryotischer Zellen

Namen nach ihrem Entdecker (insbesondere 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 **iiilme** lassen keine Rückschlüsse auf die chemische Zusammensetzung (Formel) der Stoffe zu.

Im 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 *efinierte orsilben un orten ungen* zur Anwendung. Die frühzeitige Beschäftigung mit den wichtigsten Regeln führt dazu, dass wir einer chemischen Verbindung mit bekannter Formel leicht ihren systematischen Namen *uor - nen* können, ebenso wie wir andererseits aus dem systematischen Namen die zugehörige chemische Formel *ableiten* können.

*rivialnamen* 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. Es gibt gut zugängliche Verzeichnisse (auch Kataloge von Chemikalien-Herstellern), in denen man sich über die Formeln mit ihren charakteristischen Strukturmerkmalen und über die Eigenschaften von Verbindungen mit *rivialnamen* informieren kann.

Im Hinblick auf die beim Arbeiten mit Chemikalien und Reagenzien im Labor gegebene *berufliche*, *ra-*is hat die **e we g o i i l me** nach wie vor ihre Berech-

tigung, zumal über lange Zeit gebräuchliche *rivialnamen* auch in angrenzenden Fachgebieten, ebenso wie in der Umgangssprache, ständig benutzt werden.

1.

..... e e

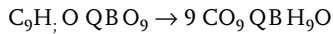
Die Physik untersucht die verschiedenen Erscheinungsformen der Materie und der Energie sowie die Wechselwirkungen von Materie und Energie. Bei vielen *h sikalischen org ngen* ändert sich der Aggregatzustand der untersuchten Stoffe. Die chemische Zusammensetzung reiner Stoffe oder der einzelnen Bestandteile 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  $H_2O$ . *h sikalische org nge führen*. im Gegensatz zu chemischen Umsetzungen – *u keiner n erung er Zusammensetzung ei e* 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 *DOPC* (dem Siedepunkt) erhitzen, *sie et* Ethanol. Durch Abkühlen kann man den Dampf *kon ensieren* und durch Sammeln des Kondensats in einem Glaskolben erhält man denselben Stoff, *ieselbe chemische erbin ung*, die schon vor dem Verdampfen und Sieden vorgelegen hat, hier: Ethanol.

Zu einem ganz anderen Ergebnis gelangen wir bei der *erbrennung* von Ethanol. Durch den Verbrennungsvorgang (die *chemische eaktion* mit Luft-Sauerstoff) entstehen aus Ethanol Kohlenstoffdioxid ( $CO_2$ ) und Wasserdampf ( $H_2O$ ). Nach der Verbrennung ist von dem eingesetzten Ethanol ( $C_2H_5O$ ) praktisch nichts mehr vorhanden.

## 1 Einführung

Aus jedem Ethanol-Molekül sind 9 Moleküle  $\text{CO}_2$  und 6 Moleküle  $\text{H}_2\text{O}$  entstanden, was nach dem Gesetz der Erhaltung der Masse der folgenden Reaktions-Gleichung entspricht:



Die Wissenschaft stellt die wissenschaftlichen Grundlagen, ebenso wie Messmethoden und Apparaturen, bereit, um viele Aufgabenstellungen in den Nachbarwissenschaften Chemie und Biologie zu bearbeiten. Die physikalischen 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 Aus-

gangsstoffen, entstehen Reaktionsprodukte 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 Reaktionsprodukte 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).

### 1.

1.1

Die Erforschung der unbelebten und der belebten Natur ist Aufgabe der Naturwissenschaften (Physik und Chemie) und der Biowissenschaften (Lebenswissenschaften).



Diese Arbeitsgebiete berühren und durchdringen sich in vielen Bereichen. Weil die *ebens org nge auf chemischen un h sikalischen eset m igkeiten beruhen* erfordert das Arbeiten auf bestimmten Gebieten der Biologie und Medizin weit reichende Chemie- und Physik-Kenntnisse.

n der Biologie richtet sich das nteresse 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 **o ote** (Bakterien sowie Archaea), deren Zellen *keinen ern* enthalten, wie auch Lebewesen, die **ote** (iere, Pflanzen, Pilze, z. B. Hefen, und Protozoen), in deren Zellen ein *echter ern* (ein durch Membranen abgegrenzter Zellkern) vorhanden ist. Prokaryotische Zellen und eukaryotische Zellen unterscheiden sich erheblich in ihrer Strukturierung. Diese ist bei *eukar otischen Zellen* durch das Vorhandensein charakteristischer *Zell- rganellen* (Kompartimente) geprägt, wie die Abb. E-9 (siehe auch im Farbtafelteil) zeigt. m Besonderen ist von nteresse

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

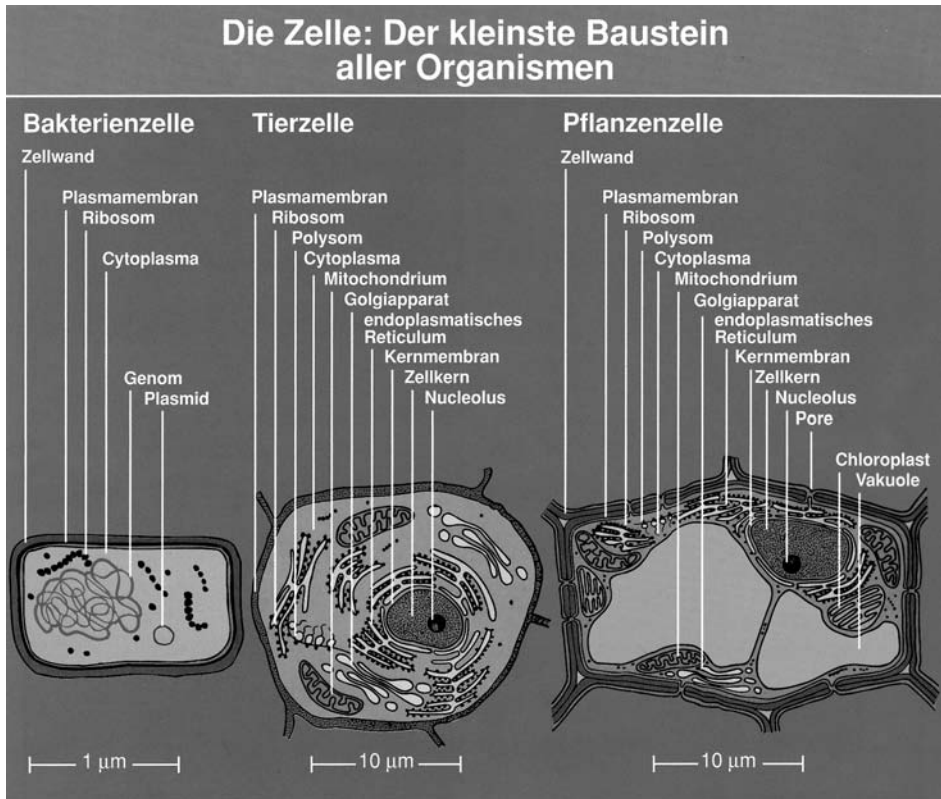
Die Beantwortung dieser Fragen führt auf die *molekulare Ebene* weil die weitaus überwiegende Zahl chemischer Verbindungen aus Molekülen als kleinsten eilchen besteht. Hieraus ergeben sich Bezeichnungen für neue Fachgebiete wie *olekularbiologie* (siehe Kapitel M), *olekulargenetik* und *olekulare e i in* 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 **e ewese** wird das *gemeinsame* Vorhandensein folgender Merkmale angesehen:

- Die kleinste strukturelle, wie auch funktionelle Einheit der Lebewesen (Organismen) ist die biologische *Zelle* (Abb. E-9).
- Zellen sind durch eine Zellwand oder durch Zellmembranen gegenüber ihrer Umwelt oder voneinander abgegrenzt.
- Als ihr *enom* haben Lebewesen *Erbinformation* gespeichert, die sie an nachfolgende Generationen weitergeben. *Sn sich selbst* haben sie die Fähigkeit zu Wachstum, Entwicklung und Vermehrung.
- Lebewesen sind *offene S steme*, die zur Erhaltung der Lebensvorgänge Stoffe (und Energie) aus ihrer Umgebung aufnehmen, auf dieser Grundlage eine Vielzahl chemischer Reaktionen (ihren *Baustoffwechsel un Energie-Stoffwechsel*) durchführen und Endprodukte des Stoffwechsels ausscheiden.
- Lebewesen nehmen *ei e aus er mwelt* auf und reagieren hierauf.
- Lebewesen weisen als Ganzes oder innerhalb ihrer Zellen Beweglichkeit auf.

Organisationsformen der Materie, die diese Merkmale nicht besitzen, wie **i e** und virusähnliche Partikel, zählen *nicht* zu den Lebewesen. Viren bestehen lediglich aus Desoxyribonucleinsäuren (DNA), die von einer als Capsid bezeichneten Protein-Hülle umgeben sein können. Retroviren hingegen bestehen aus Ribonucleinsäuren (RNA). Allen Viren gemeinsam ist, dass sie zu ihrer Vervielfältigung erst in Bakterien-Zellen oder pflanzliche oder tierische Organismen eindringen müssen, wo sie sich dann in parasitärer Weise vermehren.



**Abb. 1-2.** Die Zellen als kleinste strukturelle, wie auch funktionelle Einheiten von Lebewesen unterscheiden sich bei Bakterien (Prokaryoten) sowie Tieren und Pflanzen (Eukaryoten) hinsichtlich der Beschaffenheit von Zellwand und Membran sowie des Vorhandenseins von Zellkern und Zell-Kompartimenten erheblich voneinander (siehe **Farbtafel 1-2**).

Der Aufbau der Biosphäre von einer Population von Lebewesen bis hinunter zur molekularen Ebene beinhaltet die folgenden Stufen:

Population → Organismen → Organismen → Organe → Gewebe → Zellen → Zell-Organellen → Supramolekulare Strukturen (biologische Membranen, Ribosomen, Multienzym-Komplexe) → Biopolymere (Makromoleküle)

Als „Brücke“ zwischen Chemie und Biologie erforscht und beschreibt die **Biochemie** 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 *Baustoffwechsel* 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,
- die Isolierung einer Vielzahl von *Proteinen* und *Enzymen* (wie Enzymen, Hormonen, Antikörpern, 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

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

Sekundärstoffe gehören sehr unterschiedlichen chemischen Stoffklassen an, wie die *sekundären Pflanzeninhaltsstoffe*, von denen im *Rühr 9* : : etwa *B* : : : Verbindungen bekannt waren. 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 Cholesterin-Spiegel 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 *Photosynthese* in *organischen Verbindungen* für die *Synthese* energiereicher *organischer Verbindungen* zu nutzen. Durch die bei der **Photosynthese** ablaufenden Licht- und Dunkelreaktionen bauen diese autotrophen Organismen aus den *anorganischen Verbindungen* Kohlendioxid und Wasser Glucose und andere Kohlenhydrate auf.

## 1.

### Arzneimittelwirkungen

#### 1.1

Nachdem Arzneimittel-Wirkstoffe in den menschlichen Körper aufgenommen (resorbiert) und zu den Organen und Geweben transportiert worden sind, bindet der (meist niedermolekulare) Wirkstoff an ein Protein („sein“ *Zielprotein*) und entfaltet dadurch seine pharmakologische Wirkung. Die Wirkstoff-Moleküle haben eine solche *räumliche Anordnung*, dass sie zu bestimmten Bereichen (*Domänen*) der großen Protein-Moleküle passen – vergleichbar damit, dass ein Schlüssel nur dann zum Öffnen eines Schlosses geeignet ist, wenn seine geometrische Form zu der des Schlosses passt. Bei dem betrachteten Wirkstoff kommt noch hinzu, dass sich zwischen seinen Molekülen und denen des Zielproteins mehr oder weniger starke *intermolekulare Wechselwirkungen* ausbilden. Die für die Aufrechterhaltung der Lebensfunktionen wichtigsten Zielproteine sind Enzyme und Rezeptor-Proteine (kurz: Rezeptoren). **Enzyme** binden körpereigene Stoffe, ihre **Substrate**, in *spezifischer* Weise und *katalysieren* hierdurch alle Stoffwechsel-Reaktionen (siehe Kapitel BB). Falls die Moleküle eines Wirkstoffs ebenso gut in das *aktive Zentrum* von Enzym-Molekülen hineinpassen und dort sogar noch fester als das natürliche Substrat

gebunden werden, kommt es zu einer *kompetitiven Hemmung* der Aktivität des Enzyms. Der Arzneistoff wirkt als **inhibitor**. So hat man nach Kenntnis aller Stoffwechsel-Schritte, die zur Synthese von körpereigenem *Cholesterin* führen, Arzneistoffe entwickelt, die das für diesen Stoffwechselweg wichtigste Enzym *hemmen* (inhibieren). Auf diese Weise wird die angestrebte, den Cholesterin-Spiegel im Blut senkende Wirkung erzielt. Auch andere Arzneimittel-Wirkstoffe (z. B. zur Behandlung von erhöhtem Blutdruck) sind Enzym-inhibitoren. Viele **Enzyme** sind als Membran-Proteine Bestandteil der *Plasmamembran* von Zellen. An bestimmten Bereichen (Bindungsstellen) dieser Proteine auf der Zelloberfläche können andere Verbindungen mit passender Struktur, deren Moleküle *Signale übermitteln* (Signal-Moleküle), andocken und dort binden. Dieser Vorgang löst dann eine Reaktion *in der Zelle* aus, wie die Aufnahme von Glucose in die Zellen nach Bindung von *Insulin* an seinen Rezeptor. Weitere Beispiele sind die Wechselwirkungen von Rezeptor-Proteinen mit anderen *Hormonen* und *Neurotransmittern*. Die Moleküle von Wirkstoffen konkurrieren mit körpereigenen Signal-Molekülen um die „Andockstellen“ an Rezeptor – Molekülen. Die Folge hiervon kann sein, dass sie entweder als **agonisten** (welche die Wirkung körpereigener Botenstoffe *verstärken*) oder als **antagonisten** (welche deren Wirkung *abschwächen* oder ganz aufheben) wirken.

## 02.2.2.1 Antikörper

Bei allen Erfolgen, die mit der derzeitigen Arzneimittel-therapie erzielt werden, besteht ein dringender Bedarf an Arzneimittel-Wirkstoffen mit einem *neuartigen Wirkungsprofil*, weil zahlreiche Krankheiten bisher gar nicht oder nur unzureichend mit Arzneimitteln behandelt werden können

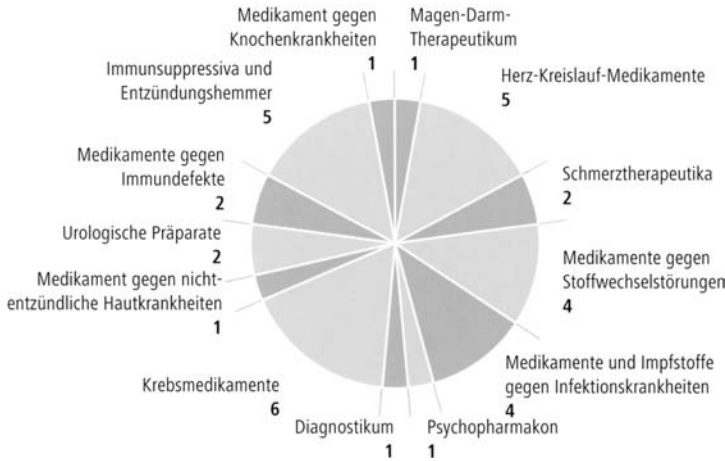
und weil viele Krankheitserreger gegenüber bisher eingesetzten Wirkstoffen *resistent* geworden sind. Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Molekularbiologie, insbesondere das *Genom*, und die *funktionellen Enzyme*, haben Wege zu einer Behandlung *erkrankungen* erschlossen. Ihnen verdanken wir z. B. Kenntnisse über

- die Funktionsweise des Immunsystems
- die Vorgänge bei der Blut-Gerinnung
- die Entstehung von Krebszellen und ihre Ausbreitung
- die Entstehung und den Verlauf von durch Viren oder Bakterien ausgelösten Infektionen.

Je besser man die *Mechanismen der Entstehung und des Verlaufs von Krankheiten* und die daran beteiligten *Enzyme*, *Antikörper* kennt, desto gezielter kann man bei der Suche nach neuen Arzneimittel-Wirkstoffen vorgehen. Viele dieser Proteine sind bisher identifiziert, mit gentechnischen Methoden in für Forschungszwecke ausreichenden Mengen hergestellt und isoliert worden. Damit stehen **Antikörper** (*Antigens*) zur Verfügung und man kann in groß angelegten, unter Einsatz von Robotern auf Mikrotiterplatten durchgeführten Prüfungen (Screening-Tests, Hochdurchsatz-Screening) feststellen, ob unter Zehntausenden neuer Substanzen (die durch automatisierte Verfahren der Kombinatorischen Chemie erhalten werden) einige sind, die an bestimmte Zielproteine binden und somit als „Wirkstoff-Kandidaten“ weiter geprüft werden.

Darüber hinaus wird die Suche nach **Antikörpern**, die als Produkte des Sekundärstoffwechsels von Organismen unterschiedlichster Lebensräume gebildet werden, weltweit intensiv fortgesetzt. Aus Pflanzen der tropischen Regenwälder, aus Algen und Moosen, aus Bakterien und Pilzen und aus Lebewesen der Ozeane wurde eine große

**Indikations-Gebiete der neuen Wirkstoffe 2004**



**Abb. 1-** Die bildun ibt einen berblick Ober ndikations-( ebiete, auf denen 22 in Deutschland rzneimittel mit n u n i r f f n ein e-führt worden sind.

Vielfalt an Naturstoffen isoliert. Die Erwartungen sind groß, dass in diesem Reservoir von Naturstoffen mit immer wieder überraschenden *Strukturmerkmalen* auch Substanzen sind, deren Wirkungs-Profil so vielversprechend ist, dass sie als **leitst t e** für neue Arzneimittel-Wirkstoffe dienen können. Nach Angaben des Verbands Forschender Arzneimittelhersteller wurden im Jahr 2004 in Deutschland 22 Arzneimittel mit *neuen Wirkstoffen* eingeführt (Abb. E-B). Sechs dieser Arzneimittel enthalten gentechnisch hergestellte Wirkstoffe. Die Bedeutung der Gentechnologie (siehe Kapitel 10) auf diesem Gebiet zeigt sich auch darin, dass hiermit die Zahl an pharmazeutischen Präparaten, die auf gentechnisch hergestellten Wirkstoffen basieren, auf 22 gestiegen ist.

**1. e e l r l e 2 r a t ffe**

Die *harmakologischen irkungen* von Arzneimittel-Wirkstoffen im Organismus resultieren stets daraus, wie der jeweilige Stoff Funktionen im Organismus beeinflusst (**h m o m i**) und wie sich der Organismus gegenüber diesem Stoff verhält (**h m o i e t i**). Die Pharmakodynamik wird bestimmt durch die chemische Struktur und die Eigenschaften der Stoffe, insbesondere ihre Affinität zu körpereigenen Rezeptoren, durch die Art der Verabreichung und durch die Höhe der Dosis. Für die Pharmakokinetik sind die Aufnahme in das Körperinnere und die Verteilung der Stoffe sehr wesentlich. Mit dem Ziel der Elimination von Fremdstoffen finden im Organismus Stoffwechsel-Reaktionen mit mehr oder weniger weit gehenden Veränderungen der

chemischen Struktur der aufgenommenen Stoffe statt, sodass auch deren *metabolite* ausgeschieden werden.

Bei der Arzneimitteltherapie laufen somit im Wesentlichen folgende Vorgänge ab:

- Verabreichung (Applikation) einer festgelegten Dosis
- Aufnahme in das Körperinnere (Resorption)
- Verteilung in der Blutbahn und Organen
- unmittelbare Wirkung oder Wirkung von Metaboliten nach Biotransformation, das heißt chemischen Veränderungen durch Stoffwechsel-Reaktionen unter Bildung von Metaboliten
- Ausscheidung (Exkretion).

Im Zuge der Prüfung potentieller Arzneimittel-Wirkstoffe sind zahlreiche *Ersatz- und Ergänzungsversuche* erarbeitet worden, sodass die Anzahl an Tierversuchen beständig erheblich verringert werden konnte. Solche Ersatz-Methoden werden vielfach mit *kulturellen aus menschlichen oder tierischen Zellen* durchgeführt, z. B. mit Hepatocysten (Leberzellen) zur Prüfung der Bildung toxischer Stoffwechsel-Produkte oder mit Keratinocysten (Hautzellen) zur Prüfung auf Haut-Reizung.

Aus Zell-Kulturen lassen sich durch Zell-Fraktionierung auch einzelne Zell-Organellen (wie Mitochondrien oder Ribosomen) oder bestimmte Rezeptoren oder Enzyme *isolieren* und zur Prüfung der biologischen Wirkung neuer Stoffe verwenden.

Den *toxischen* Wirkungen von Schadstoffen im Organismus liegen im Prinzip die gleichen Vorgänge zugrunde. Die Art und das Ausmaß der toxischen Wirkung, die ein Stoff entfaltet, hängen von seinen chemischen und physikalischen Eigenschaften, der in den Organismus gelangenden Menge und anderen Faktoren ab. So ist es von erheblicher Bedeutung, auf welchem Wege

der Stoff in den Organismus gelangt, ob über die Atemwege (den Respirationstrakt), den Magen-Darmtrakt (Gastrointestinaltrakt), durch die Schleimhäute oder durch die Haut.

Gase und Dämpfe von niedrig siedenden und leicht flüchtigen Stoffen (die schon bei Raumtemperatur einen hohen Dampfdruck haben), ferner in der Luft enthaltene Feststoffe in feiner Verteilung (Stäube, Aerosole) werden über die Atemwege aufgenommen.

Die Löslichkeits-Eigenschaften (hydrophil oder lipophil) des jeweiligen Stoffes haben großen Einfluss auf die Resorption und die Verteilung im Organismus. Zur Aufnahme eines Stoffes in den Körper ist stets der Durchtritt (die Passage) durch Membranen erforderlich, z. B. in den Lungenalveolen oder in der Darmwand.

Stoffe, aus denen im Magen-Darmtrakt schwerlösliche oder unlösliche Verbindungen entstehen, werden nur in geringem Maße oder gar nicht resorbiert.

**ionisierbare**, wie Chlorkohlenwasserstoffe, passieren die aus Phospholipiden bestehenden Strukturen von Zellmembranen in freier Diffusion. Dagegen können in Form von hydratisierten Kationen vorliegende **ionisierbare** biologische Membranen meist nicht durch Diffusion überwinden, sondern werden von den nach außen gerichteten Phosphat-Gruppen der Phospholipide adsorbiert. Lediglich dann, wenn ein Metall in Form eines nichtgeladenen oder anionischen Komplexes vorliegt, gelangt es ähnlich wie ein lipophiler Stoff durch die Membran hindurch.

Bestimmte körperfremde Metall-Kationen, die einen ähnlichen Ionen-Radius wie physiologisch notwendige Kationen (z. B.  $K^{\oplus}$  und  $Ca^{\oplus\oplus}$ ) haben, können durch solche Membranen gelangen, die *Sonnenkanäle* für physiologisch notwendige Kationen aufweisen.

Sind Metalle in die Blutbahn gelangt, werden sie dort an hydrophile Proteine oder Peptide oder auch an niedermolekulare Liganden gebunden und können hiernach in Körpergewebe eindringen. Dort konkurrieren sie mit physiologischen Kationen, verdrängen diese aus ihrer Bindung an Proteine, insbesondere Enzyme, und beeinträchtigen somit die Enzym-Aktivität.

### 3 tr llfra e

**0-0** Unter welcher Bezeichnung fasst man die in Organismen ablaufenden chemischen Reaktionen zusammenL

**0-1** n welchem Milieu erfolgen diese ReaktionenL

**0-2** Wie nennt man Stoffe, die die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen erhöhen, ohne dabei verbraucht zu werdenL

**0-3** Wie nennt man derartige an Stoffwechsel-Vorgängen beteiligte ProteineL

**0-4** Unter welcher Bezeichnung fasst man Stoffwechsel-Produkte zusammenL

**0-5** Zu welchem Fachgebiet gehört die Bestimmung von Stoffwechsel-Produkten in KörperflüssigkeitenL

**0-6** Nennen Sie einige organische Verbindungen, die bei Stoffwechsel-Reaktionen entstehen.

**0-7** Unter welcher Bezeichnung kann man im Organismus vorhandene anorganische Ionen zusammenfassenL

**0-8** Geben Sie die wichtigsten Verbindungsklassen der organischen Nahrungsbestandteile an.

**0-09** Welche Stoffe bezeichnet man als AntibiotikaL

**0-00** Wie nennt man die in den kleinsten Bausteinen organischer Verbindungen vorliegenden Atomgruppen, welche die Eigenschaften der betreffenden Stoffe prägenL

**0-01** Unter welchem Namen ist die „Chemie der Kohlenstoff-Verbindungen“ bekanntL

**0-02** Welche Gesichtspunkte stehen bei der Benennung von Stoffen durch *trivialnamen* vielfach im VordergrundL

**0-03** Verdeutlichen Sie sich den Unterschied zwischen *physikalischen* und *chemischen* Vorgängen.

**0-04** Formulieren Sie die Reaktions-Gleichung für die Verbrennung von Ethanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>O).

**0-05** Wie bezeichnet man ganz allgemein die an chemischen Reaktionen direkt beteiligten StoffeL

**0-06** Was versteht man unter BiosyntheseL

**0-07** Wie ist die allgemeine Bezeichnung für Stoffe, die an Enzyme gebunden werdenL

**0-08** Was bewirkt eine als Enzym-Inhibitor bezeichnete SubstanzL

**0-19** Was bedeuten die pharmakologischen Begriffe a) Applikation, b) Resorption, c) Biotransformation und d) ExkretionL

