



WIRKSTOFFE AUS DER NATUR

Die Nutzung von Wirkstoffen aus der Natur ist dem Menschen seit Jahrtausenden vertraut. Schon der prähistorische Mensch hat gelernt, nicht nur zwischen essbaren und giftigen Pflanzen zu unterscheiden, sondern sich auch die giftigen Pflanzen zu nutze zu machen. Es gibt Hinweise darauf, dass bereits in der Steinzeit Tollkirschen extrahiert wurden, um Pfeilgifte zu gewinnen. Bis in die Gegenwart hat sich die Jagd mit vergifteten Pfeilen gehalten. Dabei werden aber nicht nur Pflanzen, sondern auch Tiere als Quelle zur Gewinnung von Giften genutzt. Noch heute setzen Völker im Amazonas-Gebiet hochwirksame Froschgifte ein, um ihre Beutetiere innerhalb von Sekunden nach Eintritt des Giftes in die Blutbahn zu lähmen oder zu töten.

Auch die Heilwirkung verschiedener Pflanzen, in Europa bis ins 18. Jahrhundert hinein noch mit der Vorstellung von „Zauberkräften“ zur Austreibung von „Krankheitsdämonen“ aus dem Körper in Verbindung gebracht, ist seit langem bekannt. Schriften, die bis ins 5. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung zurückreichen, belegen die Nutzung einer Reihe von Pflanzen, die noch heute zur Herstellung von Naturheilmitteln Verwendung finden. Insbesondere aus China gibt es seit dem 3. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung ausführliche Beschreibungen von Heilmitteln nicht nur pflanzlichen, sondern auch tierischen und vereinzelt auch mineralischen Ursprungs.

Ein eindrucksvolles Beispiel, mit welcher Gründlichkeit, Sachlichkeit und Klarheit schon früh Wirkungen von Pflanzenextrakten dokumentiert wurden, ist der aus der Zeit um 1550 vor Christus aus dem alten Ägypten überlieferte Papyrus Ebers. In dieser umfangreichen Schriftrolle zur Arzneimittellehre, die Georg Ebers 1873 in Luxor für das Leipziger Museum erworben hat und die noch heute in der Universitätsbibliothek Leipzig zu finden ist, werden für eine Vielzahl von Pflanzen Anwendung und Dosierung genau beschrieben. Damals war beispielsweise schon die Wirkung von herzaktiven Fingerhut-Glykosiden bekannt. Dabei handelt es sich um Pflanzenwirkstoffe, die auch in der modernen Medizin noch unverzichtbar sind. Aber nicht nur die alten chinesischen und ägyptischen Kulturen kannten die Kraft der Naturstoffe; auch in Europa wusste man schon früh mit Heilkräutern und Pflanzengiften umzugehen.

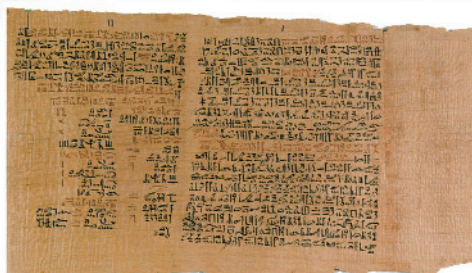
In Athen wurde 399 vor Christus Sokrates als Jugendverderber, der die Götter des Staates anzweifelte, zum Tode durch den Schierlingsbecher verurteilt. Der ihm verabreichte Schierlingstrunk enthielt – wie wir heute wissen – das aus der Schierlingspflanze extrahierte Gift Coniin, ein *Alkaloid*, das durch

Atemlähmung zum Tode führt. Ebenfalls schon im Griechenland der Antike wurde die Weidenrinde zur Schmerzlinderung und zur Fiebersenkung verwendet. Schwangeren wurde geraten durch Kauen dieser Rinde die Wehenschmerzen zu reduzieren. Vom aktiven Inhaltsstoff der Weidenrinde leitet sich das erfolgreichste Medikament aller Zeiten, das Aspirin® ab, dessen Siegeszug als Reinstoff aber erst 1899 begann.

ASPIRIN® – VON DER NATURHEILKUNDE ZUR ANALYTISCHEN UND SYNTHETISCHEN NATURSTOFFCHEMIE

Die Weidenrinde (*Cortex Salicis*) hatte schon über viele Jahrhunderte große Bedeutung als Naturheilmittel, bevor im 19. Jahrhundert die Wirksubstanzen isoliert, in ihren chemischen Strukturen als Derivate der Salicylsäure bestimmt und chemisch modifiziert wurden. Die Synthese der Salicylsäure gelang erstmals Hermann Kolbe, Professor für Chemie in Marburg. Die industrielle Produktion in einer Fabrik in Dresden folgte schnell, und schon bald war die Wirksamkeit der Salicylsäure gegen fiebrige Erkältungen unbestritten. Dem Durchbruch zum viel verwendeten Arzneimittel standen jedoch starke Magenreizungen als Nebenwirkung entgegen. Es wurden daher eine Vielzahl von Versuchen unternommen, die Eigenschaften der Salicylsäure durch chemische Derivatisierung abzuwandeln, um ein verträglicheres Medikament zu erhalten. Die Versuche führten lange nicht zum Erfolg, und es geschah dann im Oktober 1897 eher zufällig, dass der junge Chemiker Felix Hoffmann in den Laboratorien von Bayer Acetylsalicylsäure, ein in der Literatur bereits beschriebenes Derivat, nach leicht verbessertem Verfahren nochmals synthetisierte. Das Interesse an der Substanzklasse hatte zu dem Zeitpunkt bei Bayer schon merklich nachgelassen, so dass erst Selbstversuche der Chemiker den Entwicklungsprozess wieder in Gang setzen konnten mit dem Erfolg, dass die Acetylsalicylsäure schon 1899 als Aspirin® auf den Markt kam. Auch heute noch wird Aspirin® im gewaltigen Maßstab von 50.000 Tonnen pro Jahr hergestellt. Aber selbst nach mehr als einem Jahrhundert der weltweiten Anwendung ist der Wirkmechanismus dieses Naturstoff-Derivats noch nicht vollständig geklärt.

Besonders bemerkenswert erscheint selbst heute noch, wie genau die Benediktinermönche den Schlafmohn *Papaver somniferum* zu dosieren wussten. Sie haben ihn nicht nur zur Schmerzbekämpfung, sondern auch zur Nar-



Alkaloide

Vornehmlich in Pflanzen auftretende basische Naturstoffe, die ein oder mehrere meist heterozyklisch eingebaute Stickstoffatome enthalten.

Auszug aus der um 1550 vor Christus in Ägypten entstandenen Schriftrolle Papyrus Ebers, die heute noch in der Universitätsbibliothek Leipzig zu finden ist.



Friedrich Wöhler (1800-1882), einer der bedeutendsten deutschen Chemiker und Vater der Naturstoff-Synthese.

Bakterien

Mikroskopisch kleine, meist einzellige Organismen, die keinen echten Zellkern besitzen.

Immunsuppressiva

Substanzen, die die Wirkung des Immunsystems unterdrücken.



Der aus dem Fingerhut gewonnene Wirkstoff Digitoxin wird in Arzneimitteln zur Senkung der Herzfrequenz verwendet.

kotisierung eingesetzt. Von den ersten Anwendungen des Schlafmohns bis zur Reindarstellung des Morphins, dem Hauptwirkprinzip, verstrichen mehrere Jahrhunderte. Erst 1806 konnte der Paderborner Apotheker Friedrich Sertürner als Erster reines Morphin, benannt nach Morpheus, dem griechischen Gott des Schlafs, verfügbar machen. Weitere 20 Jahre vergingen, bis die Produktion von Morphin für den allgemeinen Gebrauch als Arzneimittel von dem Apotheker Heinrich Emanuel Merck in Darmstadt aufgenommen wurde und er so den Grundstein für ein weltweit erfolgreiches Pharmaunternehmen legen konnte. Er gab als erster Hersteller seinem Produkt eine Reinheitsgarantie und setzte damit neue Normen für Arzneimittel.

Eine ähnlich lange Entwicklungsgeschichte hat auch das noch heute verwendete Malariamittel Chinin. Zur Behandlung dieser Krankheit wurde im europäischen Kulturraum erstmals im 17. Jahrhundert die Rinde des peruanischen Cinchona-Baums genutzt. Es dauerte aber fast noch 200 Jahre, bis daraus das Chinin als Wirkprinzip in reiner Form isoliert werden konnte.

In dem Maße wie sich die Chemie des beginnenden 19. Jahrhunderts analytische Methoden erschloss, wurde es nicht nur möglich die Reinheit von Pflanzeninhaltsstoffen, sondern zunehmend auch strukturelle Eigenschaften zu bestimmen. Es zeigte sich mit der Isolierung und Reindarstellung der ersten Pflanzenwirkstoffe allerdings schnell, dass die Aufklärung der chemischen Strukturen eine gewaltige neue Herausforderung war, die bis heute nicht an Aktualität verloren hat und die die Naturstoff-Chemiker immer wieder vor neue faszinierende Aufgaben stellt. Die molekularen Strukturen der Wirkprinzipien, die die Natur im Laufe der Evolution als Antwort auf die verschiedensten Herausforderungen in unvergleichlicher Vielfalt und Komplexität hervorgebracht hat, sind auch heute noch

nicht immer mit Routinemethoden zu lösen. Dies macht verständlich, warum sich die Strukturaufklärung einzelner Naturstoffe im 19. und beginnenden 20. Jahrhundert über viele Jahrzehnte hinstrecken konnte und nicht frei von Irrtümern war. So konnte beispielsweise die korrekte Struktur des Morphins erst 120 Jahre nach der ersten Reindarstellung des

DIE GEBURTSTUNDE DER NATURSTOFF-SYNTHESE

Wöhler 1828 an Berzelius: „...ich kann, so zu sagen, mein chemisches Wasser nicht halten und muß Ihnen sagen, dass ich Harnstoff machen kann, ohne dazu Nieren oder überhaupt ein Thier, sey es Mensch oder Hund, nöthig zu haben. Das cyansaure Ammoniak ist Harnstoff. ... Diese künstliche Bildung von Harnstoff, kann man sie als ein Beispiel von Bildung einer organischen Substanz aus unorganischen Stoffen betrachten? Es ist auffallend, dass man zur Hervorbringung von Cyansäure (und auch von Ammoniak) immer doch ursprünglich eine organische Substanz haben muss, und ein Naturphilosoph würde sagen, dass sowohl aus der thierischen Kohle, als auch aus den daraus gebildeten Cyanverbindungen, das Organische noch nicht verschwunden, und daher immer noch ein organischer Körper daraus wieder hervorgegangen ist.“

komplexen Alkaloids publiziert werden (siehe „Sorbicillacton A - eine chemische Schnitzeljagd“, S. 52).

Im 19. Jahrhundert wurden auch die ersten Versuche der Chemiker veröffentlicht, Wirkstoffe aus der Natur im Labor nachzubauen und abzuwandeln. Den Startschuss dazu lieferte Friedrich Wöhler, der 1828 das Dogma gebrochen hat, dass organischen Stoffen eine „Lebenskraft“ innewohne. Bis dahin wurde angenommen, dass der Mensch keine Stoffe der belebten Natur

herstellen kann. Wöhler stellte aber mit der einfachen Verbindung Harnstoff erstmals einen Naturstoff synthetisch her. Danach erlebte die organische Synthesechemie ihren Aufschwung. Europa war Vorreiter für den Aufbau einer chemischen Industrie, deren Ausgangspunkt die Herstellung von preiswerteren und lichtstabileren Produkten als Ersatz für die bis dahin vornehmlich aus Pflanzen gewonnenen natürlichen Farbstoffe war. Schon sehr bald suchte man nach Möglichkeiten, Abfall- und Nebenkomponenten der Farbenproduktion zu verwerten, um so für die jungen Unternehmen zusätzliche Erträge erwirtschaften zu können. So lag es nahe, nach neuen Arzneimitteln zu suchen. Insbesondere Wirkstoffe zur Fiebersenkung und Schmerzlinderung waren zunächst Ziel der Bemühungen. Mit Antipyrin® konnten die Farbwerke Hoechst 1884 das erste synthetische Schmerzmittel auf den Markt bringen, ohne jedoch die chemische Struktur genau zu kennen. Ein Schüler von Emil Fischer, Ludwig Knorr, synthetisierte Antipyrin® erstmals 1883 - nur ein Jahr zuvor. Knorr bemühte sich als angehender Hochschullehrer vorwiegend um akademische Anerkennung und war nur schwer da-

von zu überzeugen, dass vor einer Veröffentlichung seiner Ergebnisse die Absicherung der kommerziellen Interessen eines Industriepartners durch eine Patentanmeldung stehen sollte. Da Knorr, später Professor in Jena, von den Farbwerken Hoechst großzügig honoriert wurde, dürfte ihm seine Entscheidung, Hoechst zu unterstützen, im Nachhinein nicht Leid getan haben.

1888 konnte Bayer, der weltweit größte Konkurrent von Hoechst, mit Phenacetin erstmals ein Medikament auf den Markt bringen, das von der Entdeckung über die pharmakologischen Prüfungen bis zur verfahrenstechnischen Bearbeitung in einem Industrieunternehmen entwickelt wurde. Für die Wirkstoffforschung bei Bayer war dies nur der erste in einer langen Reihe von Erfolgen.

Hinter vielen wirtschaftlich erfolgreichen Entwicklungen stehen zunächst die zufällige Beobachtung und dann die gezielte Hinterfragung der Zusammenhänge, die uns die Natur offenbart. So bemerkte der britische Bakteriologe Alexander Fleming 1928, dass eine Schimmelpilz-Kolonie (*Penicillium notatum*) das Wachstum von **Bakterien** hemmt, die lebensbedrohliche Infektionen auslösen können. Konsequente Suche nach dem dahinter stehenden Wirkprinzip führte zur Isolierung und Strukturaufklärung von Penicillin, dem ersten **Antibiotikum**. In den 40er Jahren des letzten Jahrhunderts begann mit dessen Entwicklung und klinischer Nutzung, die durch die vielen Verletzten des Zweiten Weltkrieges nachhaltig beschleunigt wurde, eine neue Epoche der Naturstoff-Forschung mit umwälzenden Auswirkungen auf die industrielle Pharmaforschung. Mit Penicillin konnten erstmals schwere, oft tödlich verlaufende bakterielle Infektionen geheilt werden. Penicillin wird heute industriell in 100 m³ großen Bioreaktoren (Fermentern) unter sterilen Bedingungen durch Kultivierung von *Penicillium*-Stämmen in Ausbeuten von ca. 80g pro Liter hergestellt. Es ist der erste therapeutisch genutzte Wirkstoff aus einem **Mikroorganismus**. Seine Entdeckung gab Anlass zu einer bis heute währenden Suche nach neuen antibakteriell wirksamen Naturstoffen aus Mikroorganismen, die helfen sollen, immer wieder aufs Neue auftretende Resistenzen

von pathogenen Bakterien zu überwinden. Bis heute gehören die **β -Lactam-Antibiotika**, die alle das zentrale Strukturelement des Penicillins tragen, zu den weltweit umsatzstärksten Arzneimitteln auf Basis von Naturstoffen (siehe „Infektionen - die unterschätzte Gefahr“, S. 24).

Auch als Antimykotika zur Bekämpfung von Pilzinfektionen und als Krebstherapeutika erlangten zellwachstumshemmende **Sekundärstoffe** aus Mikroorganismen schnell große wissenschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung. Die Hypothese wurde geprägt, dass Mikroorganismen sich durch die Bildung von derartigen aktiven Stoffen einen Wachstumsvorteil in ihrem natürlichen Habitat verschaffen. Dabei wurde lange übersehen, dass Mikroorganismen darüber hinaus eine Vielzahl von neuen potenziellen Medikamenten bilden können, die nicht im unmittelbaren Zusammenhang mit wachstumshemmenden Wirkungen stehen. Insbesondere **Actinomyceten** und **Pilze** haben sich, im Labor in Kultur genommen, als Meister in der Synthese von hochaktiven, strukturell zum Teil äußerst komplexen Wirkstoffen erwiesen, von denen es insgesamt mehr als 25.000 gibt.

NATURSTOFFE AUS PILZEN KÖNNEN DIE ORGANABSTOSSUNG VERHINDERN

Cyclosporin A wurde von der Schweizer Pharmafirma Sandoz zunächst als antimykotisch wirkender Naturstoff aus einer Pilz-Kultur isoliert und identifiziert. Die Verbindung erwies sich dann im Laufe der vertieften biologischen Prüfung in Tierversuchen als immunsuppressiv. Nur sieben Jahre nach der Erstbeschreibung wurde es als Sandimmun® 1983 als erstes wirksames **Immunsuppressivum** bei Organtransplantationen auf den Markt gebracht. Zum ersten Mal gelang es, die zur Gewebeatossung führende Immunantwort zu unterdrücken, ohne gleichzeitig die Abwehr von bakteriellen Infektionen entscheidend einzuschränken. Allerdings bleiben Transplantationspatienten ihr ganzes weiteres Leben lang von Sandimmun® abhängig (siehe „Pilze, ein Reich für sich“, S. 58).

Die Bearbeitung von Wirkstoffen aus Mikroorganismen lässt sich seit der Entdeckung des Penicillins als Erfolgsgeschichte schreiben. Wesentlichen Anteil daran hatten und haben die Methoden zur Strukturaufklärung, die in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts enorm verbessert wurden. So können heute mit modernen spektroskopischen Techniken selbst von komplexen Naturstoffen Mikrogramm-Mengen ausreichend sein, um die

Actinomyceten

Gram-positive, oft filamentöse (fädige) Bakterien, die ein Mycel ähnlich dem der Pilze bilden. Sie stellen einen wesentlichen Bestandteil der Bodenmikroflora dar und besitzen herausragende Eigenschaften im Hinblick auf die Bildung von biologisch aktiven Naturstoffen.

Antibiotika (pl.)

Verbindungen, meist mikrobiellen Ursprungs, die in der Lage sind Bakterien abzutöten (bakterizid) oder deren Vermehrung zu verhindern (bakteriostatisch).

β -Lactam-Antibiotika

Verbindungsklasse mit charakteristischem Strukturelement, die die Bakterienzellwandbildung inhibieren.

Mikroorganismus

Mikroskopisch kleine, oft einzellige Lebewesen mit eigenständigem Stoffwechsel.

Pilze (Fungi)

Eukaryonten, die neben den Tieren, Pflanzen und Protisten ein eigenes Reich darstellen. Sie besitzen einen echten Zellkern und ein Cytoskelett; ihre Vermehrung und Ausbreitung erfolgt geschlechtlich durch Sporen und/oder ungeschlechtlich bzw. vegetativ durch Ausbreitung von Mycelien.

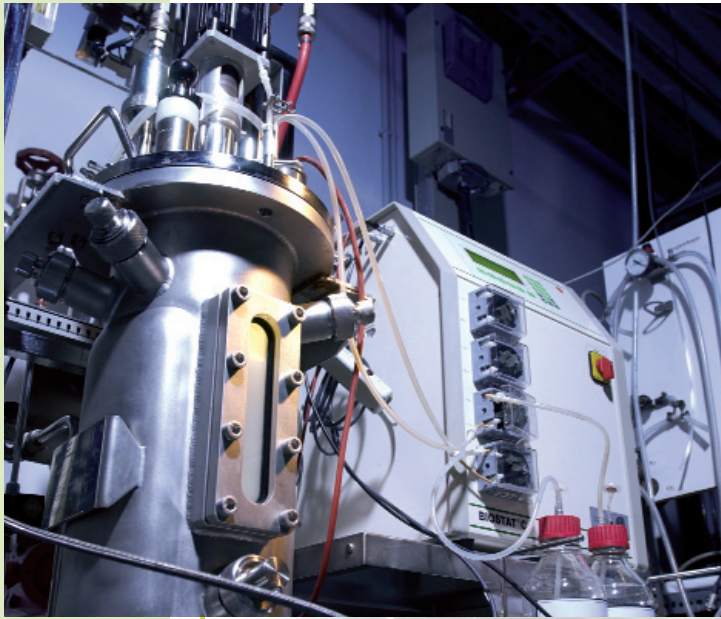
Sekundärstoffe / -metabolite

Produkte von lebenden Zellen, die für den Grundstoffwechsel eines Organismus zwar entbehrlich sind, aber aufgrund ihrer ökologischen Bedeutung für das Überleben essentiell sind (z.B. Blütenfarbstoffe, Verteidigungssubstanzen).

Im Milchsaft des Schlafmohns sind neben Morphin und Codein 40 verschiedene Alkaloide enthalten, von denen einige als Arzneimittel eingesetzt werden.



Fermenter



Artemisinin (auch Qinghaosu)

Sekundärer Pflanzenstoff aus der Strukturklasse der Sesquiterpene, der in den Blättern und Blüten des Einjährigen Beifußes (*Artemisia annua*) vorkommt. Artemisinin und bestimmte Derivate werden zur Behandlung von Infektionen mit multiresistenten Stämmen von *Plasmodium falciparum*, dem Erreger der Malaria tropica, eingesetzt.

Camptothecin

Verbindung aus der Rinde des in China vorkommenden Baumes *Camptotheca acuminata*, die krebshemmende Wirkung zeigt.

Funktionelle Lebensmittel (Functional Food)

Lebensmittel oder Bestandteile eines Lebensmittels, denen über die Zufuhr von Nährstoffen hinaus ein zusätzlicher Nutzen zugesprochen wird, der in der Steigerung des Wohlbefindens und dem Erhalt der Gesundheit liegt.

Klinische Entwicklung

Prozess, in dem ein Wirkstoff zur Anwendung im Menschen entwickelt wird, nachdem er in Tierversuchen auf eventuelle toxikologische Risiken überprüft wurde (präklinische Entwicklung). Sie umfasst zunächst kontrollierte Versuche an Probanden, in denen die Verträglichkeit eines Wirkstoffs untersucht wird, bevor breiter angelegte Arzneimittelstudien durchgeführt werden können.

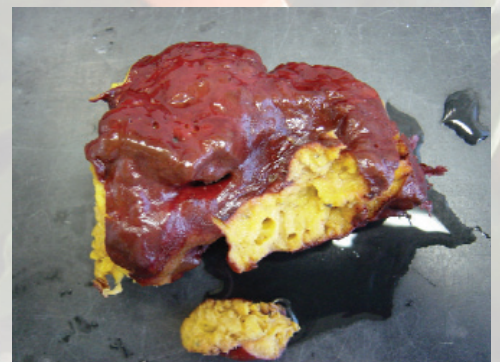
chemische Struktur in kurzer Zeit aufzuklären. Darüber hinaus haben Naturstoff-Chemiker immer weiter verfeinerte Methoden entwickelt, so dass auch anspruchsvolle Moleküle gezielt synthetisiert oder modifiziert werden können. So lassen sich in Kombination mit anwendungsnahen biologischen Testsystemen, die nur wenig Substanzmenge benötigen, in relativ kurzer Zeit die für eine **klinische Entwicklung** besten Kandidaten herausfiltern.

Obwohl die Pflanzen mit mehr als 120.000 beschriebenen Naturstoffen nach wie vor weit vor den Mikroorganismen liegen, sind sie Mitte des 20. Jahrhunderts als Quelle für neue Arzneimittel gegenüber Medikamenten aus Mikroorganismen-Kulturen in den Hintergrund gerückt. Nach wie vor hatten Pflanzenextrakte als Phytopharmaka, bestehend aus Naturstoff-Gemischen, ihren festen Platz (siehe „Pflanzenextrakte als Arzneimittel“, S. 14). Neue patentgeschützte Wirkstoffe fanden aber nicht ihren Weg auf den Markt. Dieses Bild begann sich 1987 mit der Einführung von **Artemisinin** gegen Malaria zu ändern. Es folgten mit **Taxol®** und **Taxotère®** zwei heute unverzichtbare Krebstherapeutika, die insbesondere gegen Mammakarzinome eingesetzt werden. Ebenfalls zum Fortschritt in der Chemotherapie von Tumoren

tragen Derivate des Naturstoffs **Camptothecin** bei. Durch chemische Modifizierung des Grundgerüsts konnte durch bessere Lösungseigenschaften die biologische Wirksamkeit erheblich gesteigert werden (siehe „Keine Wunderwaffe aus dem Regenwald“, S. 18).

Mit der Erschließung mariner Lebensräume zeichnet sich seit Ende des letzten Jahrhunderts eine neue Quelle für hochwirksame Arzneimittel insbesondere gegen Krebserkrankungen ab. Es konnte gezeigt werden, dass vor allem aus **Schwämmen** und anderen wirbellosen Tieren eine reiche Vielfalt an strukturell völlig neuartigen Wirkstoffen isoliert werden kann. Der Zugang zu Mengen, wie sie für die Medikamenten-Entwicklung erforderlich sind, ist aber ein derzeit noch weitgehend ungelöstes Problem. Trotzdem haben schon einige marine Naturstoffe den Weg in die klinische Entwicklung gefunden (siehe „Faszination Meer“, S. 44).

Über die oft verschreibungspflichtigen Arzneimittel hinaus zeichnet sich seit einiger Zeit ein neues Arbeitsgebiet für die wirkstofforientierte Naturstoff-Forschung ab. Es wird immer mehr über die gesundheitsfördernde Wirkung von Inhaltsstoffen unserer pflanzlichen und tierischen Nahrung bekannt. Um sich diese Eigenschaften in alltäglichen Lebensmitteln zu Nutze zu machen, werden immer mehr **funktionelle Lebensmittel (Functional Food)** und Nahrungsergänzungsmittel entwickelt. Mit Marktprodukten wie Brot,



Schwämme sind eine reiche Quelle für Wirkstoffe.

ACARBOSE – EIN ZUCKER GEGEN DIE ZUCKERKRANKHEIT

Eine weitere Zivilisationskrankheit mit dramatisch steigenden Neuerkrankungen ist der Diabetes mellitus, gegen den der Naturstoff Acarbose, isoliert aus Kulturen eines Actinomyces-Stamms, eingesetzt wird. Acarbose, selbst ein aus vier Zuckerbausteinen bestehendes Arzneimittel von Bayer, hemmt den Abbau von Kohlenhydraten im Darm und trägt so zur Senkung des Glukosespiegels im Blut bei.

dem *Omega-3-Fettsäuren* zugesetzt sind, und Margarine mit *Phytosterolen* soll das Risiko kardiovaskulärer Erkrankungen herabgesetzt werden. Auch Getreideriegel angereichert mit Vitamin D und Mineralstoffen zur Gesunderhaltung der Knochenmasse gibt es schon im Supermarkt zu kaufen (siehe „Funktionelle Lebensmittel - Naturstoff-Forschung für eine gesunde Ernährung“, S. 90).

Aber nicht nur der Pharma- und Lebensmittelmarkt profitiert von den neuen Möglichkeiten der Naturstoff-Chemie. Auch im Pflanzenschutz gibt es bahnbrechende Fortschritte. So hat das Strobilurin A, von deutschen Forschern aus einem weit verbreitet vorkommenden höheren Pilz isoliert und beschrieben, als Leitbild zur Synthese einer völlig neuen Generation von Fungiziden für den Pflanzenschutz geführt (siehe „Pilze, ein Reich für sich“, S. 58). Im Gegensatz zu älteren Produkten sind sie ökologisch hervorragend verträglich und zeigen auch keine Warmblüttoxizität. Die darauf basierenden Entwicklungen der BASF wurden 2005 für den Zukunftspreis des deutschen Bundespräsidenten vorgeschlagen.

Nicht nur wirtschaftlich, auch wissenschaftlich gesehen, hat die Naturstoff-Forschung in den letzten hundert Jahren Herausragendes geleistet, und Naturstoff-Chemiker sind dafür mehrmals mit dem Nobelpreis belohnt worden. Einer von ihnen ist der US-Amerikaner Robert Burns Woodward, der 1965 diese Auszeichnung erhielt. Er hat sich zum Beispiel der Herausforderung einer Totalsynthese von Vitamin B12 gestellt. Nach fast 15 Jahren und mit einem Team von insgesamt über 100 Wissenschaftlern gelang 1971 der erfolgreiche Abschluss der Arbeiten, die noch heute einen Meilenstein in der Naturstoff-Synthese markieren.

Die methodischen Fortschritte erlauben zunehmend auch Untersuchungen zur Funktion von Naturstoffen in ihrem natürlichen ökologischen Umfeld. Zum Beispiel wurden in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhundert die in nur äußerst geringen Mengen vorhandenen Lockstoffe von Insekten – die Pheromone – zugänglich. Als Pionierarbeiten gelten hier die Untersuchungen von Adolf Butenandt. Er konnte 1959 nach jahrzehntelangen Forschungen das Pheromon des Seidenspinners, das Bombykol, beschreiben. Er belegte damit,

MIT SCHIMMELPILZEN GEGEN ZU VIEL CHOLESTERIN

Aus Schimmelpilzen wie Aspergillen und Penicillien wurden eine Reihe von strukturell eng verwandten Naturstoffen isoliert, die die Biosynthese des Cholesterins zu hemmen vermögen und so zur Senkung des Cholesterinspiegels im Blut beitragen können. Unter dem Namen Statine sind inzwischen neben dem Naturstoff Lovastatin eine ganze Reihe von halb- und vollsynthetisch hergestellten Nachfolgeprodukten auf den noch immer weiter steigenden Markt für Lipidsenker zur Vorbeugung vor koronaren Herzerkrankungen gekommen.

dass Lebewesen auch eine Sprache entwickelt haben, die nicht auf Lauten, sondern auf Signalen von chemischen Signalen besteht. Die Zukunft dieses Arbeitsgebietes, für das der Begriff Chemische Ökologie geprägt wurde, liegt insbesondere auch in der Kombination chemischer und physiko-chemischer mit neuen molekularbiologischen und gentechnischen Methoden (siehe „Von Loreley und Venusfallen“, S. 52).

.....
Susanne Grabley und Georg Pohnert

Omega-3-Fettsäuren

Mehrfach ungesättigte Fettsäuren, die für den Menschen essentiell sind und über die Nahrung aufgenommen werden müssen.

Phytosterole

In höheren Pflanzen vorkommende Verbindungen mit einem Steroid-Grundgerüst.



Viele filamentöse Pilze (Schimmelpilze) produzieren wichtige Wirkstoffe, wie z.B. das Penicillin.

Schwämme

(Phylum Porifera, Porenträger)
Frühe Entwicklungsform der Vielzeller. Schwämme bilden einen Tierstamm innerhalb der Abteilung der Gewebelosen. Sie leben allesamt im Wasser und kommen in allen Meeresgewässern der Erde vor. Nur wenige Arten leben im Süßwasser.

Taxol® und Taxotère®

Verbindung aus der Pazifischen Eibe, die als Arzneistoff zur Inhibierung von Tumorwachstum erfolgreich eingesetzt wird.