Dieser Artikel stammt aus dem BIO Deutschland Jahrbuch 2018/2019, S. 24–28
Das vollständige Jahrbuch finden Sie unter: https://www.biodeutschland.org/de/jahrbuecher.html

iStock/Claudio Ventrella

Mit Unterstützung lebender Organismen

Vor 100 Jahren wurde der Begriff „Biotechnologie“ geprägt

100 Jahre Biotechnologie? In Wirklichkeit ist sie natürlich Jahrtausende alt, denn schon die alten Ägypter, Chinesen und Sumerer beherrschten das Handwerk des Bierbrauens, für das sie, ohne von deren Existenz zu wissen, die Fähigkeiten von Hefepilzen nutzten, unter Sauerstoffabschluss Zucker zu Alkohol und Kohlendioxid zu vergären. Ähnliche Prozesse der Fermentation liegen seit Menschengedenken beispielsweise auch der Brot- und Weinproduktion zugrunde. Der Begriff Biotechnologie wurde aber tatsächlich erst 1919 geprägt, als der Direktor der Viehverwertungsgenossenschaft ungarischer Großgrundbesitzer Karl Ereky in Berlin sein Buch „Biotechnologie der Fleisch-, Fett- und Milcherzeugung im landwirtschaftlichen Großbetriebe für naturwissenschaftlich gebildete Landwirte“ veröffentlichte.

Eine interdisziplinäre Angelegenheit

Im selben Jahr, in dem er zum ungarischen Ernährungsminister ernannt wurde, erörterte Ereky darin die Grundsätze, „nach denen der tierische Organismus als biotechnologische Arbeitsmaschine Lebensmittel erzeugt“. Sein vorrangiges Ziel war die Erhöhung der Fleischproduktion. Insgesamt wies er „alle die Arbeitsvorgänge, bei denen aus Rohstoffen mit Unterstützung lebender Organismen Konsumartikel erzeugt werden, dem Gebiete der Biotechnologie zu“. Wenn also, schrieb Ereky, „die Rübe aus der Kohlensäure der Luft Zucker herstellt oder die Kuh das Futter zu Milch verarbeitet, sind Rübe und Kuh als biotechnologische Arbeitsmaschinen zu bewerten“. Von unserem heutigen Verständnis von Biotechnologie ist diese Auffassung weit entfernt. Sie stimmt aber noch insofern mit ihr überein, als sie auf den Resultaten des Stoffwechsels von Lebewesen basiert, ebenso wie die Definition der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD). Demnach ist Biotechnologie „die Anwendung von Naturwissenschaft und Technik auf lebende Organismen, wie auch auf Bestandteile, Produkte oder Modelle von ihnen, um lebende oder nicht lebende Materialien so zu verändern, dass sie dem Erkenntnisgewinn, der Produktion von Gütern und der Bereitstellung von Dienstleistungen dienen“.

In der modernen Biotechnologie verschmelzen die Forschungsergebnisse zahlreicher Fachgebiete in interdisziplinärer Anwendung. Von herausragender Bedeutung sind dabei die Mikrobiologie und die Genetik, deren wissenschaftliche

Fundamente bereits vor Erekys Begriffsbildung gelegt wurden, einerseits durch Louis Pasteur und Robert Koch, andererseits durch Gregor Mendel und Thomas Hunt Morgan. Erst nach 1919 aber entfalteten sich diese Fächer in einer Breite und Tiefe, die sie in eine fruchtbare Wechselwirkung mit den neu aufkommenden Gebieten der Biochemie, der Immunologie, der Molekularbiologie und der Informatik brachten und an den Schnittstellen zu den klassischen Feldern der Chemie, der Medizin und der Ingenieurswissenschaften die moderne Biotechnologie entstehen ließen.

Dank einer Melone vom Wochenmarkt

Der größte Triumph der Mikrobiologie des 20. Jahrhunderts war die Entwicklung der Antibiotika. Zufällig hatte Alexander Fleming 1928 in London in einer von ihm angelegten Bakterienkultur beobachtet, dass Schimmelpilze deren Wachstum hemmten. Geistesgegenwärtig schloss er daraus, dass die Ursache dafür eine Substanz sein müsse, die diese Pilze produzierten – und entdeckte so das Penicillin. Zunächst erregte er mit dieser Entdeckung, der er selbst nur geringe Bedeutung beimaß, wenig Aufsehen. Das änderte sich erst, als mit dem Ausbruch des Zweiten Weltkriegs der Bedarf nach Medikamenten zur Behandlung von Wundinfektionen akut wurde. In Oxford machten sich die Forscher Ernst B. Chain und Howard W. Florey daran, Penicillin klinisch zu prüfen. Im Februar 1941 behandelten sie die ersten Patienten mit zunächst überwältigendem Erfolg. Allerdings reichte die verfügbare Penicillinmenge für deren langfristiges Überleben nicht aus – der Aufbau einer industriellen Penicillinproduktion war dringend geboten. Die biotechnologische Basis dafür wurde in einem Labor der kleinen Stadt Peoria im Mittleren Westen der USA gelegt, mit dem Chain und Florey kooperierten: Eine verschimmelte Melone vom dortigen Wochenmarkt lieferte einen Penicillin-Stamm, der ungleich ergiebiger war als der ursprünglich von Fleming entdeckte. Damit hatte die Geburtsstunde der Antibiotika-Industrie geschlagen, deren Wachstum dann maßgeblich durch Dorothy Hodgkin beflügelt wurde, der mithilfe der Röntgenkristallografie die Entschlüsselung der Penicillinstruktur gelang.

Alexander Fleming in seinem Büro im St Mary's Hospital, London, während des 2. Weltkriegs © IWM (D 17801)

Die Grammatik der Biologie

Röntgenkristallografische Aufnahmen lieferten auch den Schlüssel zur Aufklärung der Struktur der Erbsubstanz DNA. Rosalind Franklin hatte sie am King's College in London angefertigt. Francis Crick und James Watson, die im benachbarten Cambridge arbeiteten, bekamen sie von Franklins Chef Maurice Wilkins gezeigt und nutzten sie ohne deren Erlaubnis als Inspiration für den Bau von DNA-Modellen, bei dem sie geniales Geschick bewiesen und im Frühjahr 1953 die inzwischen zur Ikone gewordene Doppelhelixstruktur mit ihren strickleiterförmig verdrillten Treppenstufen aus Basenpaaren fanden. Die Weichen, die zu dieser Entdeckung führten, waren 1943 in New York und Dublin gestellt worden. Am Rockefeller-Institut identifizierte Oswald Avery in diesem Jahr die DNA als Trägerin der Erbinformation – bis dahin hatten Nukleinsäuren als viel zu langweilig gegolten, um dafür infrage zu kommen. In Dublin hielt der Physiknobelpreisträger Erwin Schrödinger seine Vorlesung „What is life?", die kurz darauf als Buch erschien. Darin schlug er vor, die Erbinformation als einen lesbaren Text anzusehen, der auf den Chromosomen in Form einer verschlüsselten Schrift vorliegt. Damit hatte er eine wegweisende Metapher geliefert. „Ich sah vor mir in dunklen Umrissen die Anfänge einer Grammatik der Biologie", erinnerte sich Erwin Chargaff, der mit der nach ihm benannten Basenpaarungsregel den Grundstein für die Entschlüsselung der DNA-Struktur legte. Schrödingers Buch trug der Biologie enormes Ansehen ein und veranlasste manche Naturwissenschaftler, darunter auch die Physiker Francis Crick und Max Delbrück, ihr Fachgebiet zu wechseln.

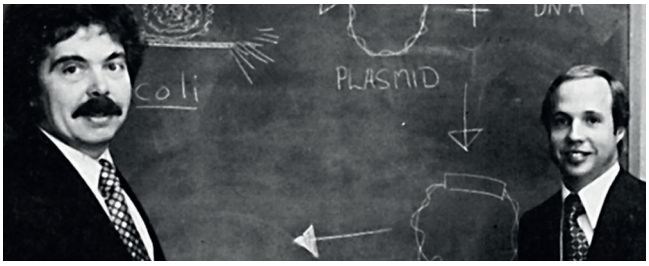
Francis Crick spielte auch eine Schlüsselrolle bei der Entzifferung des genetischen Codes. Zusammen mit Sydney Brenner und anderen bewies er 1961, dass jeweils drei der vier DNA-Basenbuchstaben für eine Aminosäure codieren. Auf dieser Erkenntnis aufbauend gelang es Marshall Nirenberg, Har Gobind Khorana und anderen, bis 1965 zu zeigen, wie die möglichen 64 Basentripletts in die 20 natürlichen Aminosäuren und Stopp-Signale übersetzt werden. Als Vermittler dieser Übersetzung, deren Existenz Crick schon 1955 postuliert hatte, identifizierte Robert Holley die Transfer-RNA.

Sprunginnovation in San Francisco

Zu diesen Einsichten in die biochemischen Grundlagen der Vererbung gesellte sich eine aufregende Erkenntnis der Mikrobiologie: Bakterien verfügen über molekulare Scheren, mit denen sie fremde DNA zerschneiden können. Solche Restriktionsenzyme, mit denen sich Bakterien gegen virale Angreifer wehren, wurden Ende der 1960er Jahre erstmals isoliert. So konnte aus der Kombination von Molekulargenetik und Mikrobiologie die Gentechnik entstehen. Herbert Boyer und Stanley Cohen erfanden sie – ausgehend von den Vorarbeiten Paul Bergs – im Frühjahr 1973 in San Francisco. Beide hatten sich im November des Vorjahrs bei einer Konferenz auf Hawaii zur Kooperation entschlossen: Boyer war auf Restriktionsenzyme spezialisiert, Cohen auf ringförmige DNA-Plasmide von Bakterien. Sie nutzten das Restriktionsenzym EcoRI als Schere, um Plasmide eines *E.coli*-Stamms aufzuschneiden und ihnen ein Gen eines Froschs einzufügen, das sich dann in den Bakterien vermehren ließ. Diese grenzüberschreitende Sprunginnovation war vielen Wissenschaftlern nicht geheuer. Sie erlegten sich ein freiwilliges Moratorium auf und veranstalteten im Februar 1975 eine dreitägige Konferenz in Asilomar, um ihre Sicherheitsbedenken offen zu diskutieren. Ihre Beschlüsse flossen in die 1976 erlassenen Sicherheitsrichtlinien des *National Instituts*

of Health ein, an denen sich andere Länder in der Folgezeit orientierten.

Die etablierten Pharmaunternehmen zeigten an der Gentechnik zunächst kein Interesse. Nach einigen vergeblichen Versuchen, sie für die von ihm miterfundene Technik zu begeistern, nahm Boyer die Sache selbst in die Hand und gründete zusammen mit dem Investor Robert Swanson 1976 das erste langfristig erfolgreiche Biotechnologie-Unternehmen der Welt: Genentech. Schon ein Jahr später gelang es Forschern von Genentech, ein menschliches Protein von einem Bakterium herstellen zu lassen, nämlich das Wachstumshormon Somatostatin, das zum ersten Produkt des Unternehmens wurde. Ein viel größerer Bedarf bestand aber an dem Hormon Insulin zur Behandlung von Diabetikern. Die Firmen, die es herstellten, waren dafür auf die Bauchspeicheldrüsen von Millionen von Schweinen oder Rindern angewiesen, die sie aus Schlachthöfen in aller Welt bezogen, um daraus Insulin zu extrahieren, aufzureinigen und in patientenverträgliche Darreichungsformen umzuwandeln. Auch im Wettlauf um die gentechnische Produktion von Humaninsulin hatte Genentech die Nase vorn und vermehrte und exprimierte das Hormon im August 1978 erstmals in Bakterien. Der deutsche Forscher Axel Ullrich hatte kurz vorher als erster das Insulin-Gen von Ratten isoliert. Genetech ging eine Kooperation mit Eli Lilly ein, damals neben Hoechst und Novo Nordisk einer der drei Insulinproduzenten der Welt. 1982 brachte Eli Lilly erstmals gentechnisch hergestelltes Insulin auf den Markt.



Je 500 USD Startkapital brachten Boyer und Swanson 1976 in die Gründung von Genentech ein. © Genentech

Weckruf für Deutschland

Um gegenüber dem Konkurrenten Eli Lilly nicht den Kürzeren zu ziehen, ging die Hoechst AG aus Frankfurt, das zu dieser Zeit weltgrößte Pharmaunternehmen, im Mai 1981 eine Zusammenarbeit mit dem US-Gentechniker Howard Goodman ein. Der Konzern verpflichtete sich, ihn mit insgesamt 70 Millionen Dollar beim Aufbau seiner molekularbiologischen Abteilung am Massachusetts General Hospital in Boston zu unterstützen, um im Gegenzug dort eigene Mitarbeiter ausbilden zu lassen und Knowhow bevorzugt nutzen zu dürfen. Die Ankündigung dieser nach damaligen Maßstäben exorbitanten Auslandsinvestition wurde in Deutschland als Warnsignal empfunden. Das Bundesforschungsministerium beschloss infolgedessen, in Heidelberg, Köln und München Genzentren zu gründen, um die biotechnologische Forschung im Lande zu stärken. Am Kölner Max-Planck-Institut für Pflanzenzüchtungsforschung erwiesen sich Jeff Schell und seine Arbeitsgruppe als Pioniere der grünen Gentechnik, indem sie 1983 zeigten, wie man auch in die Erbinformation von Pflanzen zusätzlich fremde Gene einschleusen kann. Im benachbarten Düsseldorf entstand 1984 als *Spin-off* der dortigen Universität Qiagen, Deutschlands erstes dauerhaft erfolgreiches und bis heute größtes Biotechnologie-Unternehmen, das sich ursprünglich auf die Aufreinigung von DNA-Proben spezialisiert hat und heute zu den Weltmarktführern in der molekularbiologischen Diagnostik zählt.

Heureka kurz vor Weihnachten

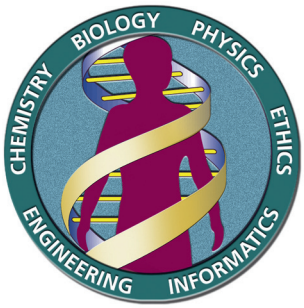
Fast zeitgleich mit der Erfindung der Gentechnik entdeckte ein 28-jähriger deutscher Postdoktorand im Labor von César Milstein in Cambridge, wie man monoklonale Antikörper herstellen kann. Damit vollzog er den zweiten entscheidenden methodischen Fortschritt auf dem Weg in die moderne Biotechnologie. Georges Köhler hatte seinem Chef ein Experiment mit Zellkulturen von Mäusen vorgeschlagen. Tumorzellen sollten mit Milzzellen verschmolzen werden, die mit einem spezifischen Antigen immunisiert worden waren, und in einem Nährmedium wachsen, in dem nur fusionierte Zellen überleben konnten. So wollte er hybride Zellen erhalten, in denen sich die Unsterblichkeit einer Krebszelle auf Körperzellen übertrug, die nur einen bestimmten Antikörper produzieren. Kurz vor Weihnachten 1974 kam der Heureka-Moment: Das Experiment war gelungen. Die *Scientific Community* übersah jedoch zunächst die Bedeutung der Entdeckung von Köhler und Milstein. So erlaubte etwa die Fachzeitschrift „Nature“ deren Publikation nur als kurzen Brief an die Herausgeber am 7. August 1975. Heute zählen monoklonale Antikörper mit einem Marktvolumen von mehr als 100 Milliarden US-Dollar zu den wirksamsten und wertvollsten Medikamenten weltweit. Besonders bei der Behandlung von Rheumatoider Arthritis und verschiedenen Krebsarten haben sie zu einst nicht für möglich gehaltenen Erfolgen geführt, weil sie gezielt Moleküle angreifen, die mit diesen Krankheiten verknüpft sind, und damit pathogene Signalwege effektiv ausschalten. Diese Erfolge begannen sich allerdings erst ein Vierteljahrhundert nach Köhlers Entdeckung abzuzeichnen. Weil monoklonale Antikörper nämlich anfangs meist aus Mäusen gewonnen wurden, wirkten sie im Menschen selbst als Antigene und bargen die Gefahr massiver Nebenwirkungen. Erst der Einsatz gentechnischer Verfahren ermöglichte es, solche Antikörper zu humanisieren und nach der Jahrhundertwende therapeutisch verträglich verfügbar zu machen.

Auf der Straße nach Mendocino

Um mit der Erbsubstanz DNA arbeiten und die in ihr codierten Informationen zu Zwecken der Grundlagenforschung, der Diagnostik und Therapie zu nutzen, muss man die exakte Abfolge ihrer Basenbuchstaben bestimmen, sie also sequenzieren können. Das grundlegende Verfahren dafür, auf dem noch die modernsten Methoden des *Next Generation Sequencing* beruhen, wurde Mitte der 1970er Jahre von Frederick Sanger und seiner Arbeitsgruppe erfunden. 1977 entzifferten sie damit die vollständige DNA-Sequenz eines Bakteriophagen mit 5 386 Basenpaaren. Sanger qualifizierte sich damit für eine äußerst seltene Ehre: Er erhielt 1980 zum zweiten Mal einen Nobelpreis. Um allerdings Gene zuverlässig sequenzieren zu können, braucht man genügend Kopien davon. Wie aber ließen sich wenige DNA-Moleküle dafür in ausreichender Menge vervielfältigen? Die prinzipielle Antwort auf diese Frage, die damals Genforscher in aller Welt umtrieb, fiel dem Chemiker Kary B.

Mullis in einer Frühlingsnacht des Jahrs 1983 ein, als er die nordkalifornische Küste entlang in sein Wochenendhaus nach Mendocino fuhr. Man musste einen DNA-Doppelstrang nur durch Erhitzen trennen, nach anschließender Abkühlung durch geeignete *Primer*-Moleküle Start- und Zielpunkt des Kopierprozesses markieren und dann durch erneute Erwärmung die Fähigkeit der Einzelstränge zur Selbstreplikation durch Polymerasen anregen. So würde man nach 20 Zyklen mehr als eine Million Kopien von einem DNA-Molekül gezogen haben. Basis zur Realisierung dieses Prinzips der Polymerase-Kettenreaktion (PCR) waren Polymerasen, die Temperaturen kurz unter dem Siedepunkt aushielten. Forscher der Firma Cetus, für die Mullis damals arbeitete, fanden sie in einem Bakterium, das in den heißen Quellen des Yellowstone-Nationalparks lebt.

Überall dort, wo geringe Mengen von DNA schnell vervielfältigt werden müssen, sei es in der Kriminalistik, beim Nachweis genetischer Defekte, bei der Identifizierung von Zielmolekülen für Arzneimittel oder beim Aufspüren von Bakterien und Viren, ist die PCR zu einem unverzichtbaren Werkzeug geworden. Und das Humangenomprojekt hätte ohne die PCR gar nicht erst in Angriff genommen werden können.



Die wundersamste Landkarte der Menschheit

Das Humangenomprojekt (HGP) hatte zum Ziel, die gesamte Erbinformation des Menschen mit ihren über drei Milliarden Basenpaaren zu sequenzieren. Es startete am 1. Oktober 1990, zunächst unter der Ägide von James Watson, der 1992 von Francis Collins abgelöst wurde. Im selben Jahr machte sich der HGP-Forscher Craig Venter mit seinem *Institute for Genomic Research* selbstständig, weil er überzeugt war, die Herausforderung der Genomentschlüsselung privat schneller und lukrativer meistern zu können als das öffentlich geförderte Projekt, an dem 20 Forschungszentren aus sechs Ländern beteiligt waren. In den Wettlauf um die Entzifferung des Humangenoms schaltete sich schließlich auch die Politik ein, um sicherzustellen, dass Sequenzdaten frei verfügbar bleiben. Am 26. Juni 2000 wurden im Weißen Haus und vier anderen Orten der Welt zeitgleich fünf Pressekonferenzen angesetzt, um die erste Arbeitsfassung des Humangenoms vorzustellen. US-Präsident Bill Clinton sprach von der „wundersamsten Landkarte, die die Menschheit je produziert hat“ und gab seiner Hoffnung Ausdruck, sie werde ermöglichen, dass „unsere Enkel Krebs nur noch als den Namen eines Sternzeichens kennen“. Im Februar 2001 wurde die Arbeitsfassung des HGP in *Nature*, die von Craig Venters Unternehmen Celera in *Science* veröffentlicht. Zwei Jahre später war das Humangenom endgültig entschlüsselt.

Das überraschendste Ergebnis dieses Mammutprojekts war, über wie wenige Gene jeder Mensch verfügt. Die erwartete Zahl von 100 000 musste zunächst auf 30 000 korrigiert werden. Es stellte sich heraus, dass die meisten Gene für mehrere, in vielen Fällen für mehr als zehn Proteine codieren. „Die Annahme, dass ein Gen eine Krankheit verursacht oder ein Schlüsselprotein produziert, löst sich in Wohlgefallen auf“, kommentierte Craig Venter diesen Befund. Heute wissen wir, dass wir Menschen sogar nur über etwa 21 000 Gene verfügen, gerade einmal 4000 mehr als die Fruchtfliege Drosophila. Was uns Menschen zu Menschen macht, ist demnach nicht die größere Menge der in unserem Genom gespeicherten Informationen, sondern die außerordentliche Fähigkeit, diese begrenzte Informationsmenge vielfältig und flexibel zu verarbeiten. Nicht die Hardware, sondern die Software macht uns aus. Auch deshalb wird die Biologie in der Post-Genom-Ära immer mehr zu einer Informationswissenschaft.

Deutschland kommt in Gründerstimmung

Deutschland trat dem Humangenomprojekt erst 1995 bei und war mit wenigen Forschungszentren nur marginal an dessen Erfolg beteiligt. Zu sehr war damals in der Bundesrepublik die Debatte über die Risiken der Genforschung bestimmend, als dass man sich mit voller Kraft an biotechnologischer Innovation im internationalen Maßstab hätte beteiligen können. Am härtesten von dieser deutschen Zögerlichkeit getroffen wurde die Hoechst AG. Zwischen ihrem 1984 gestellten Antrag auf Errichtung einer Produktionsanlage für gentechnisch hergestelltes Insulin und der Aufnahme des Produktionsbetriebs vergingen fast 14 Jahre. Das Unternehmen wurde damit freilich auch zum Katalysator des deutschen Gentechnikgesetzes. 1990 trat es in Kraft, aber erst seine novellierte Fassung schuf 1993 die Rechtssicherheit, die Wirtschaft und Wissenschaft brauchten, um die Biotechnologie auch hierzulande voranzubringen. Eine entscheidende Hilfestellung für den Aufschwung der Biotechnologie in Deutschland leistete im Anschluss daran der 1995 vom Bundesforschungsministerium initiierte BioRegio-Wettbewerb, in dem die Ballungsräume und Bundesländer der Republik darum konkurrierten, den besten Biotech-Cluster aufzubauen. Heidelberg, München und das Rheinland gingen im November 1996 als Sieger aus diesem Wettbewerb hervor, aber auch allen anderen teilnehmenden Regionen gelang es in dieser Zeit, nachhaltige Netzwerke und Infrastrukturen auf-

Mit Jürgen Rüttgers (rechts), von 1994 bis 1998 Bundesminister für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, fanden die Unternehmerinnen und Unternehmer der Biotechnologie einen engagierten Mitstreiter für ihre Interessen. © Peter Stadler, Privatarchiv

zubauen, die den biotechnologischen Fortschritt beflügelten. Unternehmen wie Evotec, Medigene und Morphosys wurden in den 1990er Jahren gegründet und allmählich begannen sich die Akteure der Biotechnologie auch in Branchenverbänden zu organisieren. 2004 wurde BIO Deutschland, basierend auf der Stärke der Biotech-Regionen, mit der Absicht gegründet, der deutschen Biotech-Branche eine unabhängige Stimme im gesellschaftlichen und politischen Diskurs zu verleihen.

Präzisionswerkzeuge und umweltfreundliche Synthesen

Schon vor der Entschlüsselung des Humangenoms war die Biotechnologie aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Sie lieferte Enzyme, um Vitamine, Textilien und Tierfutter herzustellen, wie auch Waschmittel, die schon bei relativ niedrigen Temperaturen für fleckenlose Sauberkeit sorgen. Sie schuf Präzisionswerkzeuge für die medizinische Forschung und Diagnostik, die völlig neue Einsichten ermöglichten. Sie erlaubte es, wirksamere und verträglichere Medikamente herzustellen und äußerst effektive Arzneimittel überhaupt erst zu entdecken. Sie stellte die Pflanzenzucht auf neue Grundlagen und vergrößerte den Ertrag landwirtschaftlicher Ernten. Sie löste herkömmliche Katalysen durch umweltfreundliche Synthesen ab und führte so zu einer teilweisen Biologisierung der chemischen Industrie. In der Post-Genom-Ära potenziert sich diese Bedeutung der Biotechnologie. Immer schneller gewinnt sie Erkenntnisse, die bisher ungeahnte Anwendungsmöglichkeiten schaffen. In der Medizin hat sie beispielsweise die Entwicklung innovativer Impfstoffe befördert, etwa solche gegen humane Papillomviren, und die Herstellung induzierter pluripotenter Stammzellen aus ausdifferenzierten Körperzellen ermöglicht, mit deren Hilfe sich eines Tages degenerative Krankheiten behandeln und Transplantationen erleichtern lassen werden. Auch dass man bestimmte Tumoren mit *Checkpoint*-Inhibitoren oder speziellen CAR-T-Gentherapien möglicherweise sogar heilen kann, indem man die körpereigene Immunabwehr der Patienten gegen Krebszellen stimuliert, ist ein Ergebnis biotechnologischer Forschung.

Eine besonders wichtige Innovation der modernen Biotechnologie ist die Entdeckung molekularer Werkzeuge, die die DNA an definierten Stellen viel schneller und präziser durchtrennen können als Restriktionsenzyme und dadurch prinzipiell chirurgisch präzise Genom-Eingriffe und genetische Veränderungen ermöglichen. Die ersten dieser „Genscheren“ waren im ersten Jahrzehnt des 21. Jahrhunderts Zinkfinger- und TALE-Nukleasen. Als wesentlich effektiver haben sich inzwischen jedoch Cas-Nukleasen erwiesen, die dem CRISPR/Cas-System abgeschaut wurden, mit denen sich Bakterien gegen virale Angreifer wehren. Die Funktion dieses Systems wurde von Rodolphe Barrangou und Philippe Horvath 2007 in der Milch verarbeitenden Industrie entdeckt, als sie nach einem Weg suchten, ein für die Joghurt- und Käseproduktion benötigtes Bakterium resistent gegen den Befall durch Bakteriophagen zu machen. 2012 zeigten Emmanuelle Charpentier und Jennifer Doudna, dass sich dieses System generell dazu eignet, um Universalwerkzeuge zur gezielten Durchtrennung von DNA herzustellen. Anfang 2013 wiesen Feng Zhang und George Church nach, dass diese Art der „Genomeditierung“ auch in menschlichen Zellen möglich ist. CRISPR/Cas-Nukleasen lassen sich bei allen Lebewesen einsetzen und finden in allen Sparten der Biotechnologie Anwendung. Besonders wertvoll sind sie in der Grundlagenforschung. Beim Menschen wecken sie einerseits Hoffnungen auf die Heilung bisher unheilbarer Krankheiten, andererseits Befürchtungen des Missbrauchs zur Menschenzüchtung. Denn die Genomeditierung lässt sich sowohl in Körper- als auch in Keimbahnzellen vornehmen.

„Von der Biologie zur Innovation“

Auch wenn neueste Verfahren wie die Genomeditierung noch längst nicht reif für die therapeutische Anwendung sind, so bereichern biotechnologisch hergestellte Medikamente das Arsenal wirksamer Arzneimittel doch immer mehr. 2015 wurden schon 23 Prozent des globalen Pharmaumsatzes mit Biopharmazeutika erzielt. 2020 wird dieser Anteil voraussichtlich auf 27 Prozent gestiegen sein. Das entspricht einem Umsatz von rund 280 Milliarden US-Dollar. Ähnlich beeindruckend ist die Bedeutung der grünen Biotechnologie, auch wenn sie in Europa weitgehend geächtet ist. Weltweit erfolgen derzeit etwa 80 Prozent der Sojaproduktion auf der Basis gentechnisch veränderter Pflanzen – bei Baumwolle, Mais und Raps beläuft sich dieser Anteil auf rund 68, 30 und 25 Prozent. Die ausreichende Ernährung der weiterhin schnell wachsenden Weltbevölkerung wird ohne Biotechnologie nicht möglich sein. Die industrielle Biotechnologie wiederum erlaubt eine immer ressourcen- und umweltschonendere Produktion und ist eine essenzielle Voraussetzung für den notwendigen allmählichen Übergang aus unserem gegenwärtigen Zeitalter fossiler Brennstoffe in eine Bioökonomie, die auf nachwachsenden Rohstoffen und erneuerbaren Energien beruht. Schritt für Schritt werden biotechnische Verfahren erdölbasierte Herstellungsprozesse ersetzen. Biokraftstoffe der zweiten Generation können – wie das Beispiel von Clariant zeigt – schon heute aus Stroh erzeugt werden und stehen damit nicht mehr in Konkurrenz zur Nahrungsmittelversorgung.

Auf den Deutschen Biotechnologietagen kündigt Wirtschaftsminister Peter Altmaier die Agenda „Von der Biologie zur Innovation“ an.
© S. Z. Kurc und Bernd Lammel

Auf die Bedeutung der Biotechnologie für die Gestaltung einer ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltigen Zukunft besinnt sich zunehmend auch die Bundesregierung. Neben der Digitalisierung will sie der Biologisierung einen prioritären Stellenwert in ihrer Wirtschafts-, Forschungs- und Bildungspolitik einräumen. „Von der Biologie zur Innovation“ heißt die Agenda, die dafür im Laufe dieser Legislaturperiode ressortübergreifend erarbeitet werden soll. Das ist ein gutes Vorzeichen für den Start ins zweite Jahrhundert des Begriffs Biotechnologie.