

Biotechnologie und Forschung

Innovationen, Forschung und Entwicklung sowie das 3,5 Prozentziel der Bundesregierung¹

Biowissenschaftliche Erkenntnisse und ihre Anwendung bilden das Fundament für den Aufbau einer biobasierten Wirtschaft, einer Bioökonomie. Anders als viele andere disruptive Technologien² schafft die Biotechnologie hochwertige neue Arbeitsplätze und Geschäftsmodelle. Die Biotechnologie wird innerhalb vorhandener Strukturen und Industrien auch Arbeitsplätze verändern, sie aber nicht überflüssig machen und ist somit eine inklusive Schlüsseltechnologie.

Durch das Zusammenwirken von Akademie, kleinen und mittelständischen Unternehmen sowie der Industrie entlang funktionierender Wertschöpfungsketten tragen alle Beteiligten zur nachhaltigen Sicherung einer leistungs- und zukunftsfähigen Volkswirtschaft in Deutschland und zur Erreichung des 3,5 Prozentziels für Forschung und Entwicklung bei. Auch die Biotechnologie hat als Schlüsseltechnologie einen wesentlichen Anteil an der Erreichung dieses Ziels. Durch Aufklärung und Bildung und durch geeignete Rahmenbedingungen kann sich das Potenzial der Biotechnologie hierzulande weiter entfalten.

Deutschland gehört zu den Vorreitern bei der Implementierung einer strategischen Bioökonomie³ weltweit. Es belegt zudem in Europa, gemessen an der Anzahl der biobasierten Unternehmen, einen Spitzenplatz⁴. Durch die hohe Forschungs- und Entwicklungskompetenz zählt Deutschland auch zu den führenden Standorten für zukünftige Produktionsaufträge.

Von technischen Enzymen bis zu biologischen Arzneimitteln (Biologika) – hiesige Ingenieursleistungen haben dem Standort in Fachkreisen eine hervorragende Reputation in Sachen Kultivierungstechnologien verschafft. Die Nachfrage der Industrie nach biotechnisch versierten Fachkräften steigt durch den Auf- und Ausbau von Forschungseinheiten, Werken und Produktionsanlagen beständig. Eine Vernetzung mit anderen deutschen Kompetenzen (u.a. Maschinenbau, Produktions- und Prozesstechnik) stärkt den Standort weiter.

Welche Erfolge biotechnologische Forschung bereits in der Vergangenheit erzielt hat, zeigt sich nicht zuletzt durch die vielen Nobelpreise, die Forscherinnen und Forscher für biotechnologische Erfindungen erhalten haben.

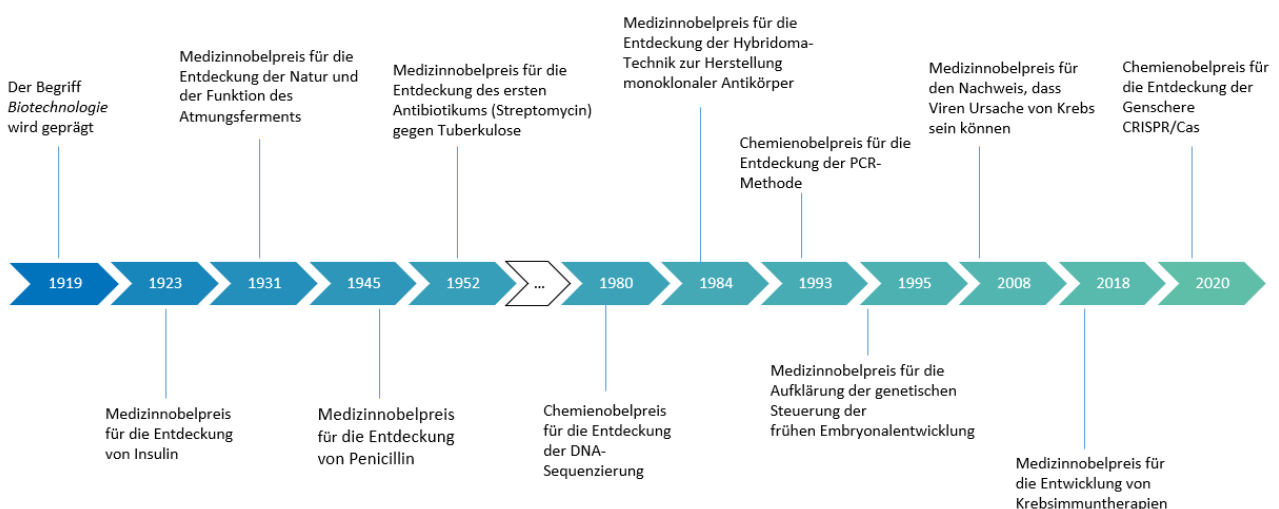


Abbildung 1: Zeitliche Abfolge der Nobelpreise mit großem Einfluss auf die Biotechnologie

¹ Bis 2025 soll der Anteil der Aufwendungen für Forschung und Entwicklung (FuE) am Bruttoinlandsprodukt auf 3,5 Prozent steigen

² Innovationen, die bereits bestehende Technologien oder Produkte ersetzen oder vom Markt verdrängen

³ Implementierung einer Marktwirtschaft, welche auf nachwachsenden Rohstoffen beruht und fossile Ressourcen ersetzt werden

⁴ [BMWi - Biotech-Industrie](#)

Das ökonomische Potenzial der Biotechnologie liegt in ihren Skalen- und Verbundeffekten⁵: Lassen sich Produktionsmengen und Vielseitigkeit steigern, steigt auch die Effizienz von Forschung und Anwendungen. Als Schlüsseltechnologie schafft die Biotechnologie Instrumente und Erfindungen mit multiplen Einsatzmöglichkeiten und damit Verbundeffekte. Ein Beispiel dafür ist die Genomsequenzierung, die es erlaubt das gesamte Erbmateriale einer Zelle bzw. eines Organismus zu entziffern. Sie wird heute vielseitig eingesetzt. So können damit Zielstrukturen in Zellen für die Behandlung von Patientinnen und Patienten identifiziert und nützliche Gene bei Ackerpflanzen oder industriell genutzten Mikroorganismen aufgespürt werden. Ein anderes Beispiel ist die Bioinformatik, die eingesetzt wird, um große Datenbanken mit biologischer Information aufzubauen und für verschiedenste Anwendungen zu analysieren.

Die Ergebnisse der Forschung in der Biotechnologie können nur dann den Weg in die breite Anwendung finden, wenn sie skalierbar sind. Das heißt, dass sie vom Labormaßstab auf den industriellen Maßstab überführt werden können. In biologischen Systemen erfordert die Skalierung ein enormes Fachwissen und Auseinandersetzung mit der Thematik – die Skalierung ist also eine Wissenschaft für sich und verdient entsprechende Anerkennung.

Im Folgenden sind einige Technologiesprünge näher erläutert:

Die Erfindung der **DNA-Sequenzierung** Mitte der 1970er Jahre wurde im Jahr 1980 mit dem Chemienobelpreis ausgezeichnet. Mit dieser molekularbiologischen Methode lässt sich Erbgut (DNA⁶) ablesen, man sagt auch sequenzieren, weil die Abfolge (Sequenz) der Bausteine in einem DNA-Abschnitt bestimmt wird. Die Bausteine der DNA sind Nukleotide, die u.a. aus den Basen Adenin (A), Thymin (T), Guanin (G), Cytosin (C) bestehen. Mithilfe der von Sanger erfundenen Technik wurde das menschliche Genom im weltweiten Humangenomprojekt sequenziert sowie das Erbgut zahlloser anderer Organismen und Viren. Heutzutage gibt es noch weitere Methoden, die für die DNA-Sequenzierung verwendet werden⁷.

Die DNA-Sequenzierung ermöglichte die schnelle Entschlüsselung des SARS-CoV-2 Erbguts und sie war somit Voraussetzung für Biotechnologie-Unternehmen, die Entwicklung eines mRNA-Impfstoffs und diagnostischer Tests zur Bekämpfung des Virus und somit zur Eindämmung der Pandemie in Angriff zu nehmen.

In der Corona-Pandemie wurde besonders deutlich, welche enorme Wichtigkeit die biotechnologische Forschung hat. Mithilfe der etablierten und 1993 mit dem Nobelpreis für Chemie ausgezeichneten Methodik der **Polymerase-Kettenreaktion (PCR)** konnten, basierend auf der vorherigen Sequenzierung des SARS-CoV-2-Virus, die Infektionen mit dem Coronavirus überhaupt erst nachgewiesen werden. Die PCR ist eine Methode, um bestimmte Teile des Erbguts exponentiell zu vermehren, so dass ausreichend Kopien vorhanden sind, um weitere Analysen durchzuführen. Die nebenstehende Grafik (Abb. 2) veranschaulicht den Ablauf mehrerer PCR-Zyklen.

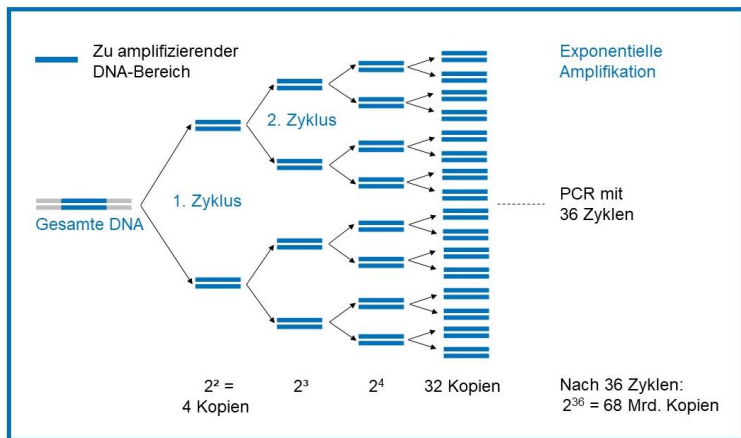


Abbildung 2: Abstrakte Darstellung der PCR und den exponentiellen Vermehrungszyklen

Methoden, Genome spezifisch und punktuell zu verändern, gibt es schon länger. Die neueste Entwicklung im Bereich des so „Genome-Editing“ ist das **CRISPR/Cas Verfahren**, wofür zwei Wissenschaftlerinnen 2020 mit dem Nobelpreis der Chemie ausgezeichnet wurden. Die sogenannte Gen-Schere CRISPR/Cas ist ein Werkzeug zum „Genome-Editing“, welches in der Lage ist, definierte Sequenzen des Erbguts zu erkennen und zu schneiden. Das System kann auf jede beliebige Stelle im Erbgut angepasst werden und ist auch in der Lage mehrere Stellen gleichzeitig anzusteuern. Eine Schnittstelle wird anschließend von der Zelle wieder geschlossen, wobei Mutationen entstehen. Diese Mutationen können Gene verändern bzw. an- oder

⁵ Skaleneffekt: Das Verhältnis der produzierten Menge zur Menge der genutzten Produktionsfaktoren (Verhältnis zwischen Output und Input); Verbundeffekt: Das Zusammenspiel mehrerer Technologien als qualitative Auswirkung auf das Produkt / Resultat
⁶ DNA/DNS (Desoxyribonukleinsäure) = Träger der Erbinformationen; RNA/RNS (Ribonukleinsäure) = wichtiges Molekül für die Umsetzung der Erbinformationen, ähnlicher Aufbau wie die DNA, allerdings wird hier die Base Thymin durch Uracil ersetzt
⁷ acatech Impuls (Hrsg.) (2017): Innovationspotenziale der Biotechnologie, S. 69

ausschalten. Für die Medizin birgt CRISPR/Cas großes Potenzial, um z. B. Erbkrankheiten zu heilen⁸. In der Forschung lässt sich die Genom-Editierung bereits heute nutzen, um gewünschte Eigenschaften in Mikroben oder Pflanzen einzuführen. Diese so veränderten Organismen werden dann aber zumindest in Deutschland bzw. Europa wegen der hohen Hürden des Gentechnikrechts nicht direkt so genutzt, sondern in natürlich vorkommenden Organismen gezielt gesucht oder über die nicht regulierte physikalische oder chemische Mutagenese⁹ hergestellt. Außerhalb Europas werden Genom-editierte Pflanzen mit verbesserten Eigenschaften, wie einer erhöhten Toleranz gegenüber Trockenheit oder einem optimierten Nährstoffgehalt schon im Freiland angebaut. Auch weitgehend glutenfreier Weizen konnte mit CRISPR/Cas schon gezüchtet werden^{10,11}.

Mit zu den bedeutendsten Fortschritten in der biotechnologischen Forschung gehört die Entdeckung sogenannter **Zelllinien**. Als Zelllinien werden Zellen einer Gewebeart bezeichnet, welche sich in Zellkultur unbegrenzt fortpflanzen können. Bereits seit vielen Jahren werden Zelllinien als Werkzeuge für unterschiedliche Bereiche der Forschung genutzt. Zu den bedeutendsten Zelllinien gehört die CHO-Zelllinie. Diese Zelllinie wurde 1957 von Theodore T. Puck aus einer Primärkultur von Eierstockzellen eines chinesischen Hamsters (*Chinese Hamster Ovary*, CHO) isoliert und ist mittlerweile eine der am häufigsten verwendeten Zelllinien in der Biotechnologie und Zellbiologie. Speziell zur industriellen Herstellung von Antikörpern für therapeutische Zwecke werden die CHO-Zellen häufig verwendet und leisten somit einen sehr wichtigen Beitrag in der biotechnologischen Produktion.¹²

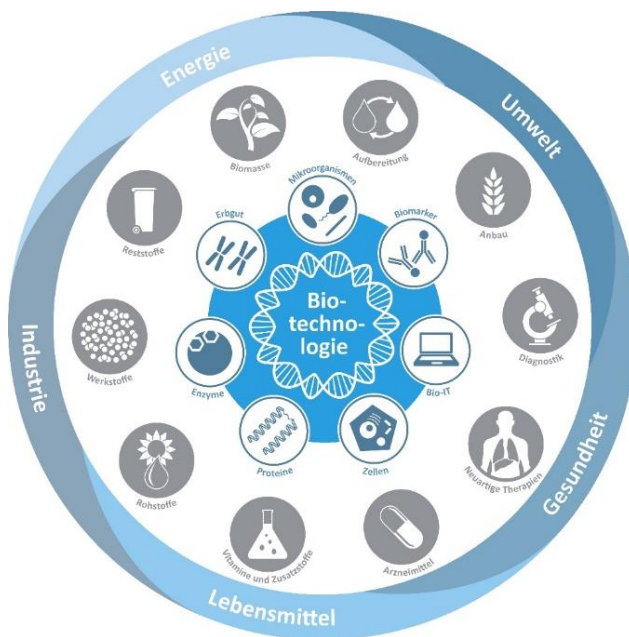
Die Biotechnologie wirkt in viele Anwendungsbereiche. Sie ist „Enabler“ für neue Technologien, innovative Produkte und Prozesse

Beispiele für Integration oder Forschungs-*Spill Overs*:

Dieselben Mechanismen, die zur Verlangsamung von Tumorwachstum führen können, werden quasi umgekehrt eingesetzt genutzt, um den Ertrag im Getreideanbau zu steigern. In dem einen Fall wurden Gene, die das Wachstum beschleunigen, „ausgeschaltet“, im anderen Fall „eingeschaltet“. Einem heute in Kanada, den USA und Brasilien erhältlichem genverändertem Lachs wurden ein Gen für ein Wachstumshormon und ein „Schalter“, der für die ganzjährige Produktion des Wachstumshormons sorgt, eingesetzt. Er wächst so bei ähnlicher Futtermenge doppelt so schnell, wie sein wilder Verwandter.¹³

Dieselbe Methode, die genutzt wurde, um bei der mikrobiellen Herstellung des Malaria Mittels Artemisinin Kosten zu reduzieren, wurde später eingesetzt, um dem Stoffwechsel von Mikroorganismen auf die industrielle Produktion von Biokraftstoffen einzustellen.¹⁴

Insofern ist auch der bekannte Farbcode der Biotechnologie – rot für medizinische Anwendungen, grün für Pflanzenbiotechnologie, weiß für industrielle Biotechnologie, grau für Abfall/Abwasserbehandlung, gelb für Insektenverwendung, blau für marine Biotechnologie u.s.w. – eher eine künstliche denn eine praktische und tatsächliche Abgrenzung.



⁸ CRISPR/Cas9-Gentherapie: Sehr gute Behandlungsergebnisse mit Sichelzellerkrankheit und Beta-Thalassämie <https://www.ukr.de/newsroom/detail/crispr-cas9-gentherapie-sehr-gute-behandlungsergebnisse-mit-sichelzellerkrankheit-und-beta-thalassaemie>

⁹ Ungezielte Erzeugung von Mutationen im Erbgut von Lebewesen durch physikalische oder chemische Methoden

¹⁰ Weizen, <https://www.transgen.de/datenbank/1995.weizen.html>

¹¹ [Bundesinformationszentrum Landwirtschaft: CRISPR/Cas in der Pflanzenzucht: Bedrohung oder Chance?](#)

¹² Kunert R, Reinhart D. Advances in recombinant antibody manufacturing. Appl Microbiol Biotechnol. 2016 Apr;100(8):3451-61. doi: 10.1007/s00253-016-7388-9.

¹³ [Schnell wachsender Gentechnik-Lachs: Nach 30 Jahren doch noch in den Supermärkten - Gentechnik bei Tieren - transgen.de](#)

¹⁴ Spillover-Effekte „The bioeconomy to 2030: Designing a policy agenda“ – ISBN-978-92-64-03853-0 © OECD 2009