

Andrea K. Hönikl
Brücken zur Biotechnologie

Seit Jahrhunderten ist die Geschichte der Biotechnologie und der Menschheit untrennbar miteinander verbunden. Dennoch wird dieser starke Austausch oft nicht wahrgenommen oder gar kritisch beäugt, sobald er mit Gentechnik verbunden wird. Um aber die Vorteile dieser Symbiose hervorzuheben, versucht dieser Beitrag eine breitere Brücke der Gesellschaft zur Biotechnologie zu schlagen. Gleichzeitig sorgt der Einsatz moderner Gentechnik weiterhin für Skepsis in Teilen der Bevölkerung, da viele Menschen Eingriffe in das Erbgut als schwer durchschaubar oder „unnatürlich“ empfinden. Diese Vorbehalte zeigen, wie wichtig transparente Kommunikation und unabhängige Risikobewertung sind.

Geschichte der Biotechnologie

Die Biotechnologie ist eine Wissenschaft, die lebende Organismen oder Teile dieser nutzt, um Produkte herzustellen oder Verfahren zu etablieren. Ihr Ziel ist es, biologische Vorgänge zu erforschen, zu verbessern und für die Produktion nutzbar zu machen. Mögliche Produkte sind Medikamente, Lebensmittel oder Zusätze für die Kosmetik- und Futtermittelindustrie.

Seit über 5'000 Jahren nutzen Menschen biotechnologische Verfahren für die Herstellung von Bier und Wein. Durch die Nutzung von Milchsäurebakterien entwickelten wir Verfahren, um Sauerteig, Joghurt, Käse, Sauermilch und Kefir herzustellen. Weitere klassische Anwendungen sind das Gerben von Leder oder die industrielle Synthese von Aceton, Butanol und Zitronensäure im 20. Jahrhundert.

Die Biotechnologie trägt außerdem in anderen Feldern wie Abfallrecycling, Bioenergie und Pflanzenschutz zum Fortschritt bei. Heute wird „Biotechnologie“ oft verknüpft mit zukunftsweisenden Projekten wie der PCR-Methode, der Sequenzierung des menschlichen Genoms oder der Herstellung rekombinanter Proteine.

Anwendungen der Biotechnologie

Die Biotechnologie wird in verschiedene Bereiche eingeteilt. Die **blaue Biotechnologie** beschäftigt sich mit der Nutzung von Meeresressourcen, die **braune Biotechnologie** mit Umwelttechnologie, zum Beispiel dem Bodenschutz und die **grüne Biotechnologie** widmet sich hauptsächlich der Landwirtschaft und der Pflanzenbiotechnologie. Weitere wichtige Sektoren sind die **graue Biotechnologie** (Abfallwirtschaft), die **weiße Biotechnologie**, in der man industrielle Produkte und Verfahren zusammenfasst, und die **rote Biotechnologie**, in welche Medizin und Pharmazie fallen. Die Entwicklung dieser Wissenschaft ist fortlaufend: neue Anwendungsfelder führen zu neuen Spezialisierungen und Definitionen.

Beispiele der Lebensmittelproduktion

In der Lebensmittelproduktion spielt Biotechnologie eine zentrale Rolle, da sie Konsumentenbedürfnisse gezielt erfüllen kann. Ein frühes Beispiel ist die **Anti-Matsch-Tomate (FlavrSavr)**, die gentechnisch so verändert wurde, dass sie länger haltbar bleibt. Eine Invertierung ihres eigenen Gens verhindert, dass die Tomate matschig wird. Aufgrund ihrer festeren Konsistenz und des anderen Geschmacks landete sie wegen mangelnder Kundenakzeptanz vorwiegend in Ketchup und Tomatenmark.

Wohl am bekanntesten sind gentechnisch veränderte Nutzpflanzen mit Resistenzen gegen Schädlinge oder Pestizide. Zu den ersten zugelassenen Generationen der Nutzpflanzen gehören der sogenannte "Roundup Ready"-Soja und "Liberty Link"-Raps. In Kanada sind über 50% der Soja- und 70% der Rapsproduktion genetisch verändert. Dies reduziert Unkrautwuchs und schützt die Ernte vor Schädlingen. Während sich das sensible Sojasaatgut natürlicherweise maximal ein bis zwei Jahre lagern lässt, sollte Raps oft vier bis fünf Jahre lagerbar sein. Das oben genannte genetisch veränderte Saatgut von Bayer und Monsanto ist jedoch meist für Anbau in nur einer Saison angelegt, was einen jährlichen Zukauf der Nutzer:innen bedingt.

In der zweiten Generation der grünen Gentechnik, in der bestrebt wurde, den Einsatz von Pestiziden zu verringern, wurde eine "New Leaf"-Kartoffel entwickelt, welche gegen den Kartoffelkäfer resistent ist. In Europa selbst werden keine transgenen Pflanzen angebaut, jedoch importiert und in verarbeiteten Produkten verwendet.

In der dritten Generation der grünen Gentechnik wirkte man direkt auf die Eigenschaften der Pflanze ein. Ein Beispiel ist der **"Golden Rice"**, der 1999 von einem Schweizer und einem Deutschen entwickelt wurde. Herkömmlicher Reis enthält kaum Provitamin A, auch Beta-

Karotin genannt. In Entwicklungsländern, in denen Reis Hauptnahrungsmittel ist, führt diese abwechlungsarme Ernährung zu dauerhaften Mängeln wie schwere Entwicklungsstörungen bis hin zur Erblindung. "Golden Rice" ist gentechnisch so verändert, dass er viel Betakarotin enthält und deshalb goldgelb gefärbt ist. Er könnte – sofern das Saatgut eines Tages wie geplant kostenlos ausgeteilt wird – ein großes Gesundheitsproblem lösen. Bisher wird er nur zu Testzwecken angebaut. Ein ähnliches Projekt ist die „**Super Banana**“ der Bill & Melinda Gates Foundation. Da in Uganda tausende Kinder jährlich durch Vitamin A Mangel versterben, wurde das dortige Grundnahrungsmittel Banane gentechnisch so verändert, dass auch sie mehr Provitamin A produziert. Auch dieses Projekt von 2012 ist auf dem Markt noch nicht zugelassen.

Ein häufig geäußerter Kritikpunkt an der Biotechnologie betrifft ökologische Risiken und wirtschaftliche Abhängigkeiten: So kann der wiederholte Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen zur verstärkten Anwendung bestimmter Herbizide führen und damit indirekt Umwelt und Artenvielfalt belasten, während gleichzeitig große Agrarkonzerne durch Patente einen Großteil des globalen Saatgutmarktes kontrollieren und kleinere Betriebe stärker in Abhängigkeiten drängen. Solche Herausforderungen verdeutlichen, dass biotechnologische Innovation weiterhin verantwortungsvolle Regulierung und langfristige Nachhaltigkeitsstrategien erfordern.

Konservierungsmittel aus *Aspergillus niger*

Zwei Beispiele alltäglicher biotechnologischer Produkte, die wir täglich konsumieren sind Zitronensäure und Ascorbinsäure (Vitamin C). Beide Stoffe sind von globaler Bedeutung: Zitronensäure hatte z.B. im Jahr 2024 eine Marktgröße von \$4.5 Mrd. und ein Produktvolumen von 3 Mio. Tonnen, Tendenz steigend.

Die Antioxidationsmittel Zitronen- und Ascorbinsäure fungieren als pH-Regulatoren sowie Geschmacksstoffe und sind Zutaten in vielerlei Lebensmitteln wie Wurstwaren, Backmischungen, Konserven und Fertigprodukten. Die Zusätze sorgen etwa dafür, dass gepökelte Wurst rosa bleibt und sich Kartoffelpüree-Pulver nicht braun verfärbt. Neben Lebensmitteln finden beide Konservierungsmittel auch Anwendung in der Pharmazie und Kosmetikindustrie. Um den Bedarf der Industrie heute umweltfreundlich und nachhaltig zu decken, werden für die Produktion beider Stoffe keine Zitronenplantagen herangezogen, sondern Pilze wie meist *Aspergillus niger*.

Exkurs der Biotechnologie: die Hefe

Oft sind die in der Biotechnologie genutzten Organismen Pflanzen oder Einzeller, wie das Bakterium *Escherichia coli*, die Backhefe *Saccharomyces cerevisiae* oder die verwandte Hefe *Komagataella phaffii*.

Auch einer der ältesten biotechnologischen Prozesse (über 13'000 Jahre alt) beruht auf einem einzelligen Organismus: die Bierfermentation durch Hefen. Neben CO₂-Produktion in Teigen, welche für die Luftigkeit von Brot und Kuchen sorgt, kann ein Nebenprodukt der Hefe auch Alkohol sein. Bei der Umwandlung von Zucker versucht die Hefe ihre Vormachtstellung durch Alkoholproduktion zu sichern: während sie Alkoholkonzentrationen von 5-15% verträgt, sterben konkurrierende Mikroorganismen ab und werden von der Hefe weiter verstoffwechselt. Was für die Hefe ein natürlicher evolutionärer Prozess ist, ist für den Mensch der unabdingbare Grundstein für die Produktion von Bier, Wein, Cider und mehr.

Neben dem Alkoholgehalt beeinflussen Hefen auch weitreichend das Getränkearoma. Die Hefeauswahl bestimmt die „Gärigkeit“ eines Bieres. Ein obergäriges Bier, meist fruchtig und vollmundig wie Pale Ales, Stouts oder Weizenbiere, entsteht durch Hefen, welche in der Kultivierung oben schwimmen – daher obergärig – wie *Saccharomyces cerevisiae* (Bäckerhefe). Bei untergärigem Bieren, die als malzig und hopfenbetont beschrieben werden wie Pils, Helles oder Bockbier, entstehen durch Hefen, die während der Gärung absinken – untergärig – wie *Saccharomyces pastorianus*. Unterschiedlichste Hefestämme wurden für vielerlei Getränkeanwendungen getestet und charakterisiert: für charakteristische Biere, Weine und Cidres gibt es meist eigene spezielle Hefestämme und -mischungen. Auch hier kann eine gezielte Auswahl, Kombination oder Veränderung von Hefen zum gewünschten Ergebnis führen.

Neben dieser klassischen biotechnologischen Anwendung kann Hefe noch viel mehr: Genetisch verändert kann sie verschiedene, ihr fremdartige Proteine in großer Ausbeute produzieren, die nicht nachhaltig aus der Natur zu gewinnen oder chemisch zu synthetisieren wären. Ob Proteine für Grundlagenforschung, Parfumindustrie, Medikamente, Futtermittel oder Bioethanol-Herstellung: den Anwendungen sind keine Grenzen gesetzt.

Die Biotechnologie ist ein wichtiger Standpfeiler der menschlichen Geschichte und wird auch in Zukunft unser Leben verbessern.

Merksätze

- Schon vor **5'000 Jahren** wurden im alten Ägypten, in Sumeria und Babylon erste biotechnologische Anwendungen dokumentiert: es wurde Brot gebacken und alkoholische Getränke gebraut unter der Nutzung von Hefen.
- **2.2%** der Biomasse dieser Welt besteht aus Hefen. Menschen tragen nur 0.01% bei.
- **Bis zu 80%** der aromatischen Bestandteile, die im Wein gerochen werden, stammen vom Hefestoffwechsel in der Weinproduktion.
- **90%** des Hartkäses in den USA wird mit rekombinantem Chymosin von Hefen oder Bakterien produziert, da die Produktion reiner und effizienter gelingt, als es aus Milchkuhmägen von Schlachtungen zu isolieren.

Quellen

Geschichte:

- <https://www.pharma-food.de/ausuestung/fluessig-prozesstechnik/was-ist-biotechnologie-216.html>
- <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/biologie/artikel/biotechnologie>
- <https://flexikon.doccheck.com/de/Biotechnologie>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Biotechnologie>
- <https://www.stmuv.bayern.de/themen/biotechnologie/begriff.htm>
- <https://www.transgen.de/lebensmittel/1050.zusatzstoffe-vitamine-aminosaeuren-gentechnisch-veraenderte-mikroorganismen.html>

Anwendung & Beispiele:

- <https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/biotechnik/von-rot-bis-blau-die-83-farben-der-biotechnologie/>
- https://www.zeit.de/online/2006/03/gruene_gentechnik
- <https://www.nationalgeographic.com/science/article/uganda-super-banana-vitamin-a-deficiency-gmo>
- <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8751662/>
- Raps: <https://homefarming.de/obst-und-gemuese/saatgut/#:~:text=Kreuzbl%C3%BCtler,100%2Dprozentige%20Keimquoten%20zu%20erwarten>.
- Soja: <https://samen.de/blog/ernte-und-lagerung-von-sojabohnen-tipps-fuer-optimale-ergebnisse.html#:~:text=Haltbarkeit%20und%20Qualit%C3%A4tsmerkmale%20im%20Blick,vorher%20die%20Keimf%C3%A4higkeit%20zu%20testen>.
- https://www.britannica.com/procon/GMOs-debate?utm_source=chatgpt.com

Konservierungsmittel:

- <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/lebensmittel/nahrungsergaenzungsmittel/natuerlich-synthetisch-oder-gentechnisch-so-werden-vitamine-produziert-42581>
- <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/citric-acid-global-market-report>
- <https://fungalbiolbiotech.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40694-018-0054-5>

Exkurs & Merksätze:

- <https://www.bierentdecker.com/bierwissen/obergaerig-vs-untergaerig#:~:text=Hefe%20gebraut%20wird.-,Was%20ist%20der%20Unterschied%20zwischen%20oberg%C3%A4rig%20und%20unterg%C3%A4rig?,um%20den%20G%C3%A4rprozess%20zu%20vollziehen>
- <https://doi.org/10.3390/fermentation8020087>
- <https://www.scinexx.de/news/biowissen/baeckerhefe-ist-die-mikrobe-des-jahres-2022/>
- <https://ourworldindata.org/life-on-earth>
- <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1284084/umfrage/verteilung-der-weltweiten-biomasse-nach-organismengruppen/>
- <https://thegrapevinemagazine.net/2021/04/yeast-yeast-derivatives-become-easier-to-use-with-more-flavorful-results/>
- <https://www.vrg.org/blog/2012/08/21/microbial-rennets-and-fermentation-produced-chymosin-fpc-how-vegetarian-are-they/amp/>
- <https://web.archive.org/web/20150326181805/http://www.gmo-compass.org/eng/database/enzymes/83.chymosin.html>
- <https://geneticliteracyproject.org/2024/08/16/is-your-cheese-gmo-the-non-gmo-project-and-other-activists-claim-90-of-cheeses-in-america-are-tainted-here-are-the-facts#:~:text=Here%20are%20the%20facts%20History%20of%20rennet&text=Calves%20have%20a%20higher%20amount,to%20undesirable%20results%20in%20taste>