

**Zeitschrift:** Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT : die Fachzeitschrift für Tierärztinnen und Tierärzte = Archives Suisses de Médecine Vétérinaire  
ASMV : la revue professionnelle des vétérinaires

**Herausgeber:** Gesellschaft Schweizer Tierärztinnen und Tierärzte

**Band:** 124 (1982)

**Rubrik:** Referat

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 11.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## REFERAT

### Biotechnologie – Möglichkeiten und Grenzen

Zürich (IC). – Durch zwei Ereignisse ist die Biotechnologie aus der Rolle einer Spezialwissenschaft in den Mittelpunkt des Interesses gerückt worden: Auf der einen Seite hat die drängende Notwendigkeit, neue, vom Erdöl unabhängige Ressourcen zu erschliessen sowie die sich immer rascher anhäufenden Massen der häuslichen, landwirtschaftlichen und industriellen Abfälle im Sinne einer Beseitigung oder Wiederverwendung zu bewältigen, eine Rückbesinnung auf das grosse Potential biologischer Verfahren bewirkt. Auf der anderen Seite haben neue wissenschaftliche Erkenntnisse über die Möglichkeit der Kultivierung lebender Zellen sowie der gezielten Veränderung genetischer Informationen das Potential der in biologischen Systemen ausnutzbaren chemischen Reaktionen immer erweitert. Diese Entwicklungen haben zusammen mit Fortschritten auf analytischem und verfahrenstechnischem Gebiet sowie der prinzipiellen Umweltfreundlichkeit der biologischen Verfahren zu einer Renaissance der Biotechnologie geführt. Die Voraussagen, dass ein Zeitalter der Biologie dem Atomzeitalter nachfolgt, scheinen sich damit zu bewahrheiten.

### Was bedeutet Biotechnologie?

Biotechnologie bedeutet die Nutzbarmachung von Kräften der lebenden Natur für den Menschen. Die chemischen Prozesse der Zellen, welche Leben, Vermehrung und Weiterentwicklung bewirken, werden dazu eingesetzt, Arzneimittel für uns zu synthetisieren, Treibstoffe aus unseren Abfällen zu gewinnen und Schadstoffe aus den Abwässern zu entfernen. Bakterien, Pilze, Zellen von Pflanzen und Tieren werden unsere Chemiker, Ingenieure und Agronomen, sie übernehmen einen Teil der Arbeiten, die wir bisher in chemischen und pharmazeutischen Fabriken sowie Versuchsgütern durchgeführt haben. Da sie feinere und präzisere Werkzeuge haben, als uns bisher zur Verfügung standen, ermöglichen sie die Entwicklung ganz neuartiger Prozesse und Stoffe.

Dieses Konzept ist keine Schöpfung der letzten Jahre, nicht einmal der Neuzeit. Der uralte Prozess der Produktion von Alkohol in zuckerhaltigen Lösungen mit Hilfe von Hefen – Bierbrauen und Weinherstellung – ist ein biotechnologisches Verfahren, genauso wie die Herstellung von Brot, Käse und vielen anderen Lebensmitteln. Mit der Produktion von Penicillin durch Schimmelpilze hat die biologische Verfahrenstechnik schon vor über 30 Jahren eine Höchstleistung vollbracht. Neu ist die konsequente Entwicklung dieser Technologie für alle denkbaren Anwendungsbereiche und die Zusammenfassung vieler Einzelentwicklungen aus verschiedenen Arbeitsgebieten zu einer Zielrichtung. Biochemiker, Mikrobiologen, Genetiker, Verfahrenstechniker, Ingenieure und viele andere Fachleute vereinigen hierbei ihre Kenntnisse und Ideen: Biotechnologie ist eine interdisziplinäre Wissenschaft.

### Zellen – Werkzeuge der Biotechnologie

Während bis vor etwa einer Dekade, von Ausnahmefällen abgesehen, nur Mikroorganismen (Bakterien, Pilze, Hefen) im technischen Massstab gezüchtet und für biologische Verfahren eingesetzt werden konnten, ist seit einigen Jahren eine stürmische Entwicklung auf dem Gebiet der Kultivierung von pflanzlichen, tierischen und auch menschlichen Zellen im Gange. Das Arsenal der in der Biotechnologie anwendbaren lebenden Zellen erfährt damit derzeit eine entscheidende Erweiterung.

Um mit Hilfe von Mikroorganismen Stoffe zu gewinnen, müssen die Organismen in speziellen Reaktionsgefäßen in Lösungen geeigneter Nährstoffe – meist unter Belüftung – im grossen Massstab vermehrt und zur Stoffproduktion angeregt werden («Massenkultur» und «Biosynthese»). Beispiele hierfür sind die Herstellung von Antibiotica und von Enzymen (z. B. für Waschmittel). Man kann den Mikroorganismen aber auch durch chemische Synthese vorgefertigte Moleküle anbieten und diese in gezielter Weise weiterverarbeiten lassen («Biotransformation»). Die hohe Spezifität der in den lebenden Zellen vorhandenen Enzyme gestattet dabei Reaktionsschritte, die der synthetischen Chemie nicht zugänglich sind. Ein Beispiel hierfür ist die Umwandlung von Vorstufen der Steroidhormone zu den aktiven Wirkstoffen mit Hilfe von Pilzen und Bakterien.

Während die Massenproduktion von Mikroorganismen bereits eine etablierte (wenn auch teilweise noch empirische) Technik ist, steht die Züchtung von pflanzlichen und vor allem von tierischen Zellen ausserhalb des normalen Gewebeverbandes noch am Anfang der technischen Realisierung. Die Entwicklung geeigneter Reaktionsgefässe und vor allem einfach zusammengesetzter, billiger Nährösungen ist ein intensiv bearbeitetes Gebiet. Bei Zellen tierischen Ursprungs besteht die Einschränkung, dass sie im natürlichen Zustand nicht unbegrenzt vermehrungsfähig sind, sondern nach einer endlichen Zahl von Teilungen die Vermehrung einstellen. Bisher musste man deshalb auf mehr oder weniger entartete Zellen zurückgreifen, welche die Vermehrungsbegrenzung, aber meist auch einen Teil der biosynthetischen Leistungen verloren hatten. Hier werden viele neue Wege erprobt; vor allem werden Systeme entwickelt, in welchen auch nicht entartete Zellen mit Wuchsstoffen zur Dauervermehrung gebracht und mit Stimulatoren zur Synthese wichtiger Produkte angeregt werden können.

### Genetische Veränderungen

Es ist eine seit langem bekannte und ausgenutzte Tatsache, dass die biosynthetischen Fähigkeiten von Zellen durch genetische Veränderung optimiert und variiert werden können. Die klassische Methode war die Behandlung der Zellen mit mutagenen Strahlen oder Substanzen und die Prüfung der entstandenen Mutanten auf eventuelle Veränderungen im gewünschten Sinne – also eine empirische Verfahrensweise. Immerhin sind mit dieser Methodik – insbesondere durch Mechanisierung der Ausleseverfahren – erstaunliche Erfolge erzielt worden: zum Beispiel konnte mit Hilfe von immer weiter verbesserten Mutanten die Ausbeute an Penicillin innerhalb von 25 Jahren auf diese Weise etwa auf das Tausendfache der Ausgangswerte gesteigert werden.

In zunehmendem Masse wird es möglich, genetische Veränderungen gezielt vorzunehmen und dadurch die biosynthetischen Fähigkeiten von Zellen nach Bedarf zu verbessern oder sogar neue biosynthetische Fähigkeiten zu erzeugen.

### Bioverfahrenstechnik

Die Bioverfahrenstechnik, die Arbeitsmethode der Biotechnologie, stammt von der chemischen Verfahrenstechnik ab, hat aber durch die speziellen Anforderungen des Arbeitens mit lebenden Zellen und immer stärkere Spezialisierung den Status einer eigenständigen Technologie erreicht.

Das hauptsächliche Produktions-Werkzeug des Arbeitsgebietes sind spezielle Bioreaktoren – «Fermenter» genannt –, sterilisierbare Kessel mit Rührwerk, Belüftung sowie Mess- und Regeleinrichtungen, in denen die Vermehrung der Zellen und die Stoffproduktion bzw. -umwandlung erfolgt. Bioreaktoren gibt es je nach Verwendung in sehr unterschiedlichen Grössen, von weniger als einem Liter für die Züchtung tierischer Zellen bis zu 1 Million Liter für die Produktion von Aminosäuren und Antibiotica. Diese Bioreaktoren sind überwiegend Abwandlungen der in der chemischen Technologie üblichen Rührwerkskessel; Betrieb und Reaktionskontrolle erfolgen in vielen Fällen noch empirisch, die Ausarbeitung biotechnologischer Verfahren beruht noch zuviel auf reinem Ausprobieren.

Daher liegt ein Schwerpunkt der Bioverfahrenstechnik bei der Entwicklung von für die verschiedenen Prozesse optimal geeigneten Bioreaktor-Systemen. Dazu gehören vor allem die Entwicklung neuer Reaktortypen, die Schaffung von Mess- und Regelorganen für die Prozesskontrolle sowie die Ausschöpfung aller moderner Möglichkeiten für eine kontinuierliche Analytik. Der Einsatz von modernen Bioreaktor-Systemen, in die alle diese Elemente sowie die notwendigen Datenerfassungs- und Steuereinheiten, vorzugsweise mittels Mikroprozessoren, integriert sind, wird dazu beitragen, biotechnologische Verfahren ebenso vorhersehbar und präzise wie chemische Verfahren durchzuführen.

### Enzymtechnologie

Eine Reihe biotechnologischer Verfahren – insbesondere bei der Biotransformation – kann man so durchführen, dass aus den Mikroorganismen die für die gewünschte Reaktion notwendigen Enzyme isoliert und in gereinigter Form in den Prozess eingesetzt werden. Dies hat den Vorteil, dass die Vermehrung der Organismen und die Bioreaktion voneinander getrennt durchgeführt werden können. Die Entwicklung und Herstellung der für diese und weitere Anwendungen (z. B. die analytische Chemie) benötigten Enzympräparate, die Enzymtechnologie, ist ein besonderer Zweig der Bioverfahrenstechnik.

### Biotechnologie – Möglichkeiten und Grenzen

Eine wichtige Arbeitsrichtung der Enzymtechnologie führt dahin, die für Bioreaktionen eingesetzten Enzyme nicht in gelöster Form, sondern an Träger fixiert in unlöslicher Form (Säulenreaktoren) oder zwischen Membranen eingeschlossen (Membranreaktoren) einzusetzen, wodurch kontinuierliche Verfahren mit Regenerierung der Enzyme möglich werden.

Schliesslich kann man heute auch intakte Mikroorganismen in unlöslichen Matrices fixieren, sie in dieser Form in cyclischen Prozessen abwechselnd zur Biosynthese bzw. Biotransformation verwenden und durch Nährösungen wieder regenerieren, z.B. Kupfer und Uran aus Abraumhalden oder für konventionellen Abbau nicht lohnenden Erzen durch «Bacterial Leaching», d.h. Herauslösen der Metalle aus den Erzen mit Hilfe metalloxidierender Bakterien. In den USA z.B. werden schon 10% der Kupferproduktion mit diesen Verfahren erzeugt.

Zweitens die Produktion von Ethanol aus kohlehydratreichen Pflanzen bzw. Abfällen – zur Verwendung als Treibstoff – allgemein bekannt ist das brasilianische Beispiel. Bei diesen Projekten sind natürlich nur solche mit einer positiven Energiebilanz sinnvoll – d.h. wenn die Energieausbeute im Motor grösser als der Aufwand zur Herstellung des Ethanols ist –, bisher ist dies für Zuckerrohr und Maisstärke gegeben. Für diese Verfahren ist der schöne Ausdruck «Energy Farming» geprägt worden. Nach den besten Schätzungen kann man auf diese Weise rund 0,5% der einfallenden Sonnenenergie nutzbar machen (weltweiter Mittelwert). Dies wird ausreichen, um etwa 2–5% des Treibstoffbedarfes durch Alkohol aus Bioverfahren ersetzen zu können. Drittens die Verwertung von Erdöl-Nebenfraktionen, Methan oder Methanol zur Assimilation in Mikroorganismen-Masse als «Single Cell Protein» zur Verwendung als Nahrungsrohstoff für die menschliche oder tierische Ernährung oder nach Fraktionierung auch als Quelle für verschiedene Chemierohstoffe, wie Proteine, Aminosäuren und Nukleinsäuren.

Fast alle bisher bekannten biotechnischen Verfahren zur Verwertung pflanzlicher Roh- und Abfallstoffe führen intermediär oder als Endprodukt zu Kohlenhydraten (Glucose, Saccharose, Isomerose oder Polymere). Zucker wird daher eines der wichtigsten Produkte der Biotechnologie und Rohstoff für eine grosse Zahl biologisch oder chemisch weiterverarbeiteter Substanzen: von manchen Fachleuten wird ein Zeitalter der «Zuckerchemie» vorausgesehen.

### Chemische Spezialprodukte und Analytik

Die Produktion spezialisierter Chemieprodukte ist das klassische Anwendungsbereich biotechnologischer Verfahren, welches durch die obengenannten neuen Entwicklungen ebenfalls stark stimuliert worden ist. Interessant sind beispielsweise Produkte für die Nahrungsmittelindustrie, wie Aminosäuren für die Menschen- und Tierernährung, Trauben- und Fruchtzucker aus Maisstärke sowie Zitronensäure für die Getränkeherstellung, Enzyme zur Mehl- und Gemüseverarbeitung und viele andere mehr. Diese Produkte werden in grossen Mengen hergestellt (z.B. beträgt die jährliche Zitronensäure-Produktion 50 000 Tonnen) und dürfen oft nicht einmal einen Franken pro Kilo kosten; es handelt sich um Biotechnologie im grossen Massstab, deren Verfahren einfach und billig sein müssen, um konkurrenzfähig zu sein.

Komplizierter und teurer sind die bekannten biotechnologischen Prozesse bei der Herstellung von Arzneimitteln wie z.B. Antibiotika, Steroidhormone oder Vitamine. Die Weiterentwicklung auf diesem Gebiet führt beispielsweise zur Herstellung von Alkaloiden durch Pflanzenzellkulturen und anderen spezialisierten Verfahren, an deren technischer Realisierung heute gearbeitet wird.

Noch feiner und aufwendiger sind die biotechnologischen Methoden, mit denen im kleinen Massstab hochwirksame Produkte, vor allem für die diagnostische und therapeutische Anwendung in der Medizin, erzeugt werden. Für diese Substanzen kann der Wert 1 Million Franken pro Gramm erreichen. Beispiele sind die Herstellung von spezifischen Diagnostica-Enzymen mit hochspezialisierten Bakterien-Mutanten, von Vaccinen gegen Viruserkrankungen mit Hilfe rekombinanter Bakterienstämme, sowie – was heute kurz vor dem Stadium der technischen Realisierung steht – die Herstellung menschlicher Hormone mit klonierten Bakterien. Wieweit das Human-Interferon, für welches biotechnologische Herstellungsverfahren an vielen Stellen bearbeitet und dessen Wirkungen bei verschiedenen Krankheiten untersucht werden, Bedeutung als Arzneimittel erlangen wird, kann heute noch nicht sicher beurteilt werden.

Die Anwendung der Biotechnologie beschränkt sich aber nicht auf die Produktion (und den Abbau) von Stoffen; biotechnologische Methoden werden auch im Bereich der Analytik angewendet. Dort ist es ein wichtiges Ziel, die neu erarbeiteten Methoden zur Veränderung und Züchtung von Zellen aller Art auch zur Entwicklung neuer Untersuchungstechniken in vielen Lebensbereichen nutzbar zu machen. Genetisch vorprogrammierte Mikroorganismen können zur Testung von Umweltchemikalien eingesetzt werden; gezielt hybridisierte Zellkulturen werden einen Teil der Tierversuche in der Arzneimittelentwicklung ersetzen können. Kulturen stimulierter menschlicher Lymphzellen können eventuell Fortschritte in der Diagnose und Verlaufskontrolle von Krebserkrankungen bringen. Mit spezifischen Gendefekten klonierte Zellen können zur Diagnose von Erbkrankheiten verwendet werden (die Heilung von Erbkrankheiten durch Übertragung von Zellen mit der fehlenden genetischen Information ist heute noch Utopie, scheint in der Zukunft aber durchaus realisierbar). Diese Liste wird in den nächsten Jahren ständig erweitert werden; die systematische Anwendung neuer biotechnologischer Verfahren für die Analytik und Diagnostik ist ein Gebiet, dem besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte.

### Zukunftsperspektiven

Biotechnologie hat bereits eine erhebliche volkswirtschaftliche Bedeutung erlangt, die sich in Zukunft auch auf den kritischen Sektoren wie Energie- und Rohstoffversorgung – wenn auch in einem realistisch zu sehenden, begrenzten Ausmass – bemerkbar machen wird. In Europa bestehen gute Voraussetzungen, eine führende Stellung auf diesem Gebiet zu erreichen; obwohl z. B. in USA und Japan grosse Fortschritte auf den biologischen Sektoren erzielt wurden, haben wir derzeit durchaus einen Vorsprung in der Technologie. Diesen gilt es zu nutzen und auszubauen.

Sozialökonomisch gesehen wird die Anwendung der Biotechnologie im hochspezialisierten Feinbereich und in der Analytik vielleicht einen noch grösseren Beitrag für die Gesellschaft leisten, z. B. wird die Erhaltung von Leben und Gesundheit mit Hilfe neuer Heilmittel und Diagnoseverfahren sicherlich menschlich und wirtschaftlich höher zu bewerten sein. Richtig verstanden und sinnvoll weiterentwickelt ist die Biotechnologie auch in unserer gegenüber der Technik zunehmend kritischeren Zeit ein positiver und richtungsweisender Ansatz. Die konzertierte Zusammenfassung der vielen Aktivitäten auf diesem Gebiet, sei es in Forschung, Entwicklung und Anwendung, sei es in Planung und Finanzierung, wird sich als lohnend erweisen.

Infochemie Nr. 4/15.4.1981  
(Quelle: Kontakte (Merck) 1980/3, S. 22)