

Mikrobiologie und Landtechnik

Von Eberhard Küster, Gießen*)

DK 576.8:626.8:63:663/664

Mikroorganismen treten in allen Bereichen unseres täglichen Lebens auf, besonders aber auch in der Landwirtschaft. Diese einzelligen Organismen, Bakterien und Pilze, sind wegen ihrer Kleinheit für das menschliche Auge nicht sichtbar; in ihrem Zellaufbau unterscheiden sie sich in vielen Strukturen von den Zellen höherer Pflanzen und Tiere. Durch ihre Stoffwechselftigkeit wird der Kreislauf von Kohlenstoff, Stickstoff u.a.m. in der Natur erst geschlossen. Die Landtechnik kann die mikrobiellen Vorgänge in der Natur wesentlich beeinflussen. Erst bei gegenseitigem Verständnis der fachlichen Grundlagen läßt sich eine enge Zusammenarbeit zwischen Landtechnik und Mikrobiologie erreichen, wie sie zum Nutzen der Landwirtschaft notwendig ist.

Mikrobiologie und Landtechnik scheinen auf den ersten Blick zwei diametral zueinander liegende Gebiete zu sein, die keine gegenseitigen Beziehungen aufweisen. Es gibt aber eine Reihe von Beispielen, die zeigen, daß manche Probleme nur gemeinsam gelöst werden können. Dies setzt voraus, daß der eine Partner die Denkweise des anderen versteht: der Biologe sollte die physikalisch-technischen Grundlagen beherrschen, die ihm seine Fragen beantworten helfen, – und der Ingenieur muß die biologischen Gesetze berücksichtigen, wenn er die Technik zur Lösung von landwirtschaftlichen Problemen einsetzt.

1. Was sind Mikroorganismen

Mikrobiologie bedeutet die Lehre von den Kleinlebewesen, von dem Leben der Mikroorganismen. Wenn dieses Gebiet in den letzten Jahrzehnten so sehr an Bedeutung gewonnen hat, so ist dies darin begründet, daß wir zunehmend erkennen, wie groß der Einfluß ist, den die Mikroorganismen in unserem täglichen Leben ausüben; sie sind überall und ständig in unserer Umgebung zu finden und wirken auf uns und unsere Lebensgewohnheiten im positiven oder schädlichen Sinn.

Mikroorganismen werden auch Protisten genannt. Die wesentliche Abgrenzung zwischen höheren und niederen Organismen (Protisten) ist das Fehlen von Zellgeweben bei den Protisten, die meist als Einzeller auftreten. Es kann zwar zu Zellverbänden kommen (z.B. Myzele bei Pilzen), aber nicht zu einer Gewebebildung und damit zu einer Zell-Differenzierung und Arbeitsteilung. Bei den Protisten ist jede einzelne Zelle eine selbständige Einheit, in der alle Lebensfunktionen unabhängig von der Nachbarzelle ablaufen. Dieses Naturgesetz spielt keine geringe Rolle, wenn es darum geht, Mikroorganismen für unsere menschlichen Zwecke in Kultur zu halten oder – wenn sie schädlich sind – zu vernichten. Je nach ihrem Zellenbau unterscheidet man höhere und niedere Protisten: Zur ersten Gruppe zählen Protozoen, Algen, Pilze; niedere Protisten sind Blaualgen und Bakterien, um nur die wichtigsten Organismen-Typen zu nennen.

*) Prof. Dr. Eberhard Küster ist Direktor des Instituts für landwirtschaftliche Mikrobiologie der Justus-Liebig-Universität in Gießen.

2. Zellaufbau und Zellstruktur

Der Zellaufbau und die Zellstruktur der höheren Protisten entspricht weitgehend dem der höheren Organismen. Diese Zellen, auch eukaryotische Zellen genannt, enthalten einen voll entwickelten Zellkern, der von seiner Umgebung durch eine Kernmembran abgegrenzt ist; bei ihnen kommt es zu den bekannten Erscheinungen der Kern- und Chromosomenteilung, der Mitose, ebenso sind Chromoplasten (Farbstoffträger), Mitochondrien (Orte des Atmungsstoffwechsels) und eine Plasmaströmung vorhanden.

Diese Eigenschaften und Strukturen fehlen den Prokaryonten, den niederen Protisten mit einer prokaryotischen Zelle. Die Nukleinsäuren als Träger der Erbeigenschaften sind nicht in einem abgegrenzten Zellkern lokalisiert. Mit Hilfe von verfeinerten Beobachtungstechniken (Elektronenmikroskopie, Dünnschnitttechnik) erkennt man allerdings auch hier gewisse Strukturen, man spricht von „nackten“, oft ringförmigen Chromosomen, die meist einzeln auftreten.

Orte der bakteriellen Eiweiß- und Enzymsynthese sind die Ribosomen und die der bakteriellen Photosynthese, die nur bei Anwesenheit von Chlorophyll-Farbstoff eintritt, die sog. Thylakoidstapel. Die Enzyme des Atmungsstoffwechsels liegen bei Bakterien an den Zellmembranen.

Ein weiteres bedeutsames Merkmal, durch das sich die Protisten von den höheren Organismen unterscheiden, ist ihre Kleinheit. Abgesehen von manchen Algen und Pilzen sind Mikroorganismen mit dem bloßen Auge nicht erkennbar. Die Mikrobenzellen lassen sich erst mit einem Lichtmikroskop, Viren sogar erst mit einem Elektronenmikroskop sichtbar machen (durchschnittliche Größe der Bakterien meist 1 μm). Die Größe kann jedoch je nach Organismenart und je nach Kultivierungsbedingungen weitgehend schwanken.

3. Der Stoffwechsel

Die Tatsache, daß mit abnehmender Größe die Oberfläche im Verhältnis zum Volumen zunimmt, ist für die Mikroorganismen und ihren Stoffwechsel von entscheidender Bedeutung, da die Nahrungsaufnahme und der Stoffaustausch durch die Zelloberfläche geschieht.

Die Kleinheit der Mikroben begünstigt ihre leichte Übertragbarkeit: schon durch geringe Luftbewegungen werden Pilzsporen und Bakterien aufgewirbelt und übertragen. Wegen ihrer Kleinheit ist in der Volumen- oder Masseneinheit eines Substrats eine unendlich große Anzahl von Mikroben enthalten; mehrere Millionen oder gar Milliarden in 1 g Garten- oder Komposterde oder in 1 cm^3 stark verunreinigtem Wasser sind keine Seltenheit.

Nun sind die absoluten Zahlen der vorhandenen Keime in einem Substrat nicht ausschlaggebend, sondern vielmehr ihre Stoffwechselaktivität. Ist der Stoffumsatz bzw. die Stoffproduktion einer einzelnen Bakterien- oder Pilzelle auch sehr klein, so daß er vernachlässigt werden könnte, so macht sich eine Mikroorganismen-Tätigkeit doch dann sofort bemerkbar, wenn eine meist sehr große Anzahl an mehr oder weniger aktiven Zellen vorhanden ist.

4. Die Vermehrung

Bakterien vermehren sich, soweit bis jetzt bekannt, ungeschlechtlich, d.h. asexuell. Hat eine Zelle eine bestimmte Größe erreicht, teilt sie sich so in zwei Zellen, daß sich der Zellinhalt einschließlich der Substanzen mit Kernfunktion gleichmäßig aufteilt. Man kann hierbei somit nicht von Mutter- und Tochterzelle sprechen, auch der Begriff des Alters ist nicht gebräuchlich. Nach einem bekannten Naturgesetz vermehrt sich ein Organismus um so schneller, je kleiner er ist; dies erklärt die hohe Teilungsrate bei den mikroskopisch kleinen Lebewesen. Man kennt bei ihnen Generationszeiten von 20 min, d.h. in dieser kurzen Zeit verdoppelt sich eine Einzelzelle. Theoretisch ergäben sich bei einer solch schnellen Vermehrung bereits nach 48 Stunden aus einer einzigen Zelle $2 \cdot 10^{43}$ Bakterienzellen mit einer Masse von $24 \cdot 10^{24}$ g, d.h. trotz der kleinen Masse einer Einzelzelle von $2 \cdot 10^{-12}$ g überschreitet das Gesamtgewicht das unserer Erdkugel um rd. das 4000fache. Wenn es nicht zu dieser erschreckenden Entwicklung kommt, so deswegen, weil die

Lebensbedingungen auch für Mikroorganismen in der Natur nicht so optimal sind, daß sie diese Teilungsgeschwindigkeit auf die Dauer durchhalten. Die Umweltfaktoren, die ihre Lebensaktivität einschränken, sind physikalischer, chemischer und biologischer Natur: z.B. Temperatur, Trockenheit (Wassergehalt), Licht, hydrostatischer Druck, Sauerstoffgehalt, Wasserstoffionenkonzentration (p_{H} -Wert), Nährstoffe, Begleitorganismen und deren Stoffwechselprodukte. Viele dieser Faktoren können in Laboratoriumsversuchen konstant und unter Kontrolle gehalten werden. Die in der Natur stets vorliegenden Mischpopulationen aber lassen sich nicht oder nur sehr unvollkommen reproduzieren. Gerade diese gegenseitigen Wechselbeziehungen zwischen den Mikroorganismen sind wahrscheinlich die ausschlaggebende Ursache, die die Entwicklung einer Organismenart ins Unermeßliche verhindert. Das natürliche Bestreben, die Art zu erhalten, führt auch hier zu einem scharfen Konkurrenzkampf um die wenige vorhandene Nahrung.

5. Die Lebensbedingungen

Die Temperatur ist ein bedeutsamer Umweltfaktor für Mikroorganismen. Das van t'Hoffsche Gesetz, nach dem bei einer Temperaturerhöhung von 10 K die Geschwindigkeit von chemischen Reaktionen um das zwei- bis vierfache zunimmt, ist auch für den Mikroorganismen-Stoffwechsel anwendbar. Allerdings sind auch hier Grenzen gesetzt, denn jeder Organismus hat seinen bestimmten Temperaturbereich mit seinen Minimum- und Maximum-Grenzen, innerhalb derer er wachsen kann. Entsprechend der Temperaturbedürfnisse unterscheidet man psychrophile, mesophile und thermophile Organismen, **Tafel 1**. Die meisten Organismen sind mesophil; psychrophile Organismen treten häufig auf kühl gelagerten Lebensmitteln auf und können dort als Verderbniserreger eine praktische Bedeutung erlangen.

Tafel 1. Wachstumstemperatur (in $^{\circ}\text{C}$).

	minimal	optimal	maximal
psychrophil	- 5 bis 0	10 bis 15	15 bis 20
mesophil	10 bis 25	20 bis 35	40 bis 45
thermophil	30 bis 35	50 bis 60	70 bis 80

Bei der Veratmung von organischem Material (z.B. Heu, Kompost, Stallmist, Getreide und Futtermittel in Silo und dgl.) kann eine Temperaturerhöhung auftreten, d.h. eine sog. Selbsterhitzung entstehen, die die Thermophilen in verstärktem Maß in Erscheinung treten läßt. Ist die vermehrte Anzahl anfangs eine Folgeerscheinung des Temperaturanstiegs, so werden diese Organismen später die Ursache einer sehr hohen Temperatur von 70°C und sogar 80°C . Dies führt dann häufig zur Selbstentzündung. Die Thermophilen verdanken die hohe Temperaturresistenz dem Vorhandensein von hitzestabilen Enzymen, deren Eiweiß erst bei sehr hohen Temperaturen koaguliert und inaktiviert wird. Ein wesentlicher Grund für die Hitzeresistenz ist der niedrige natürliche Wassergehalt bestimmter Zellstrukturen, oder genauer ausgedrückt, der geringe Anteil an freiem verfügbarem Wasser. Solche Zellorgane sind z.B. Sporen, die infolge ihres geringen Wassergehaltes sehr widerstandsfähig gegenüber Trockenheit und dgl. sind. Die meisten Thermophilen sind sporenbildende Organismen.

Die Art und Funktion der Sporen, die von verschiedenen Organismengruppen gebildet werden, sind nicht gleich: Bakteriensporen sind keine Zellbestandteile, sondern umgewandelte Zellen. Aus einer Bakterienzelle entsteht eine Spore, aus der bei der Keimung wieder nur eine vegetative Zelle auswächst. Hier dient die Spore also nur der Erhaltung einer Art, aber niemals der Vermehrung. Anders bei den Pilzen und den pilzähnlichen Aktinomyceten. Hier kennt man Erhaltungs- und Vermehrungssporen.

Entsprechend ihrer Funktion sind die Erhaltungssporen dickwandiger und resistenter. Um Sporen abzutöten und eine Substanz sporenfrei zu sterilisieren, müssen schärfere Maßnahmen angewandt werden als bei der Abtötung von vegetativen Zellen.

Eines der gebräuchlichsten Sterilisationsverfahren in der Mikrobiologie ist das Anwenden von feuchter Hitze unter Druck, das sog. Autoklavieren, bei dem Temperaturen von 120°C erreicht werden.

Vermehrungssporen haben oft eine raue Oberfläche und Auswüchse in verschiedener Länge und Dicke (in Form von Haaren, Stacheln und dgl.). Diese begünstigt einen Transport durch die Luft. Ähnlich wie Unkrautsamen – oft in noch stärkerem Maße – werden Bakterien- und Pilzsporen über sehr weite Strecken getragen.

Als ein weiterer Umweltfaktor übt Licht meist einen schädigenden Einfluß auf das Wachstum von Bakterien und Pilzen aus (in Ausnahmefällen wird Licht für die Bildung bestimmter Stoffwechselprodukte benötigt). Im allgemeinen leben und gedeihen die Mikroorganismen im Dunkeln. Ein Organismus schützt sich durch die Bildung von Pigmenten, die die entsprechenden Strahlen absorbieren. Deshalb findet man gefärbte, pigmentierte Bakterien vorwiegend in der Luft und in luftnahen Bodenschichten.

Luft wird meist gleichgesetzt mit Sauerstoff, was allerdings nur bedingt zutrifft. Fast alle höheren und niederen Organismen benötigen Sauerstoff zur Atmung, d.h. zum Leben. Vor mehr als hundert Jahren fand Pasteur, daß es auch Organismen gibt, die ohne Sauerstoff atmen können; er schuf den Begriff der Anaerobiose, des „Lebens ohne Luft“. Bei der Veratmung einer Substanz wird Energie freigesetzt. Ein Energiegewinn für Organismen wird erzielt, wenn Elektronen, d.h. H-Ionen, „verschoben“ werden. Es müssen also ein Wasserstoff-Spender (H-Donator) und ein Wasserstoff-Empfänger (H-Acceptor) vorhanden sein. Bei der aeroben Atmung dient Sauerstoff (O₂) als H-Acceptor. Bei der anaeroben Atmung, die als Gärung bezeichnet wird, sind andere H-Acceptoren vorhanden, z. B. sauerstoffreiche Säuren oder deren Salze (Nitrate, Sulfate). Eine anaerobe Oxydation ist meistens nicht vollkommen, es entstehen zwar energiereiche Produkte, der eigentliche Energiegewinn für den Organismus ist aber entsprechend gering.

Es gibt nun Organismen, die entweder das eine oder das andere sind: sie sind obligat aerob oder obligat anaerob. Außerdem gibt es auch Mikroorganismen, die je nach den Kulturbedingungen atmen oder vergären. Ein klassisches Beispiel dafür sind die Hefen, die als Bäckerhefe aerob atmen und als Bierhefe Zucker anaerob zu Alkohol vergären, sie sind fakultativ anaerob. Die Ursache für eine strikte Anaerobiose – d.h. wenn Sauerstoff nicht nur nicht benötigt, sondern sogar zum Gift wird – liegt in einer unterschiedlichen Sequenz der Atmungsenzyme. Bei der Atmung entsteht das giftige Peroxyd H₂O₂, das bei aeroben Organismen umgehend durch das Enzym Katalase gespalten und dadurch entgiftet wird. Den anaeroben Organismen fehlt dieses Enzym, es kommt folglich zu einer tödlich wirkenden Anreicherung von Wasserstoffperoxyd. Sauerstoff hat für Anaerobe also eine Giftwirkung. Beim aeroben Abbau organischer Substanzen machen sich bei Sauerstoffmangel

anaerobe Störungen oft durch unangenehmen Geruch bemerkbar; es kommt zur Bildung unerwünschter Zwischenprodukte. Die reduzierenden Eigenschaften eines Substrates, ausgedrückt durch den r_H -Wert, überwiegen. Mit dem r_H -Wert stehen in enger Beziehung die p_H -Werte: je größer die Wasserstoffionenkonzentration, d.h. je niedriger der p_H -Wert, um so stärker sind auch die reduzierenden Eigenschaften. Die Enzymaktivitäten, in denen sich eine Lebens-tätigkeit ausdrückt, sind meist sehr p_H -abhängig; maximale Aktivitäten werden nur in einem engen p_H -Bereich erreicht. Beim Kultivieren von Mikroorganismen ist je nach der Problemstellung auf den richtigen p_H -Wert zu achten. Im allgemeinen bevorzugen Pilze ein saures Medium ($p_H = 5$ bis 6), während Bakterien am besten in einem neutralen bis schwach alkalischen Medium (p_H -Wert 6,8 bis 8) wachsen.

Die Mikroorganismen benötigen außerdem, wie die meisten Lebewesen, für ihr Wachstum und ihre Lebenstätigkeiten eine organische Kohlenstoffquelle, sie sind kohlenstoffheterotroph. Nur wenige Organismen sind autotroph, d.h. sie assimilieren den notwendigen Kohlenstoff aus dem CO₂ der Luft. Je nach der Art des Energiegewinns unterscheidet man bei den autotrophen Organismen photo- und chemolithotrophe Organismen. Die ersten benutzen die Lichtenergie, bei der zweiten Gruppe wird die Energie aus chemischen Oxydations-Reduktions-Reaktionen gewonnen. Tafel 2 gibt eine Übersicht über die unterschiedlichen physiologischen Gruppen entsprechend ihrer Kohlenstoff- und Energiequelle. Die meisten Mikroorganismen sind chemo-organotroph, genau wie Tier und Mensch. Die grüne Pflanze baut auf dem Wege der Photosynthese aus energetisch wertlosem Kohlendioxyd, Wasser und einigen einfachen Stoffen die energiereiche organische Substanz auf. Sie dient allen heterotrophen Lebewesen als Nahrung. Durch die Pflanzen werden jährlich etwa 60 Billionen kg CO₂ assimiliert. Es ist letzten Endes der Abbauleistung der heterotrophen Mikroflora zu verdanken, daß der so im Kreislauf befindliche Kohlenstoff als Kohlensäure wieder in die Atmosphäre zurückkehrt und somit für die erneute Bildung von energiereicher organischer Substanz zur Verfügung steht.

6. Bedeutung der Mikroorganismen im Stoffkreislauf der Natur

Die Mikroorganismen sind auf Grund ihrer physiologischen Eigenschaften und ihrer Fähigkeiten, eine Vielfalt von Enzymen zu bilden, maßgebend am Stoffkreislauf in der Natur beteiligt. Die Verwertbarkeit der organischen Kohlenstoffverbindungen nimmt mit der Molekülgröße ab; auch der Molekülaufbau der Substanzen ist hierbei von Bedeutung. Es ergibt sich eine Reihenfolge für die Verwertbarkeit, von Glukose über Saccharose, Stärke, Zellulose, Paraffine, Aromatische Verbindungen bis zu den Huminsäuren;

Tafel 2. Kohlenstoff- und Energiequelle bei physiologisch unterschiedlichen Mikroorganismen-Gruppen.

Typ	H-Donator	Energiequelle	Kohlenstoffquelle	Organismen
Photolithotroph (photosynthetisch, autotroph)	anorganisch	Licht	CO ₂	höhere Pflanzen Schwefelbakterien Chlorobacteriaceae Thiorhodaceae
Chemolithotroph (chemosynthetisch, autotroph)	anorganisch	Reduktions- Oxydations- Reaktionen	CO ₂	Nitrifikanten (NH ₃) Thiobacillus (H ₂ S) Eisenbakterien (Fe ⁺⁺) Hydrogenomonas (H ₂)
Photoorganotroph (photosynthetisch, heterotroph)	organisch	Licht	organisch	S-freie Purpurbakterien Athiorhodaceae
Chemoorganotroph (chemosynthetisch, heterotroph)	organisch	Reduktions- Oxydations- Reaktionen	organisch	Mehrzahl der Mikroorganismen Tier und Mensch

Hochpolymere (Kunststoffe) gelten als biologisch unangreifbar. Der größte Teil der assimilierbaren Kohlenhydrate wird im sog. Betriebsstoffwechsel unter Sauerstoffaufnahme zu Kohlendioxyd, Wasser und Energie oxydiert. Diesen Prozeß bezeichnet man, wie bei den höheren Organismen, auch als Atmung. Der Rest des verfügbaren Kohlenstoffs wird im sog. Baustoffwechsel vorübergehend im Zellkörper festgelegt; nach dem Absterben der Organismen wird diese tote organische Zellsubstanz wieder von anderen Mikroben veratmet, d.h. mineralisiert.

Eine ähnliche Bedeutung haben die Mikroorganismen im Stickstoffkreislauf in der Natur. Mit ihrer Hilfe und Aktivität wird der meist in Form von Eiweiß bzw. Harnstoff gebundene Stickstoff der höheren Organismen abgebaut und mineralisiert. Durch eine bakterielle Oxydation der reduzierten N-Verbindungen überführen sie den Stickstoff in pflanzenaufnehmbare Form, und der Kreislauf ist geschlossen.

Eine Besonderheit einiger weniger Mikroorganismen, die nicht nur aus akademischem Interesse erwähnenswert ist, sondern auch wegen der praktischen Bedeutung, ist deren Fähigkeit, den Stickstoff der Luft zu assimilieren und als Zelleiweiß zu deponieren. Zu nennen seien hier die sog. Knöllchenbakterien (Rhizobium), die die allgemein bekannten Knöllchen an den Wurzeln von Hülsenfrüchten (Leguminosen) bilden und nur in diesen den freien Luftstickstoff fixieren. Diese N-Bindung kann unter bestimmten Bedingungen auch wirtschaftlich bedeutsam sein und in besonderen Fällen auch in einer intensiven Landwirtschaft eine Mineraldüngung weitgehend ersetzen.

Beim Stoffwechsel der niederen Organismen entstehen, wie auch bei höheren Pflanzen, Produkte verschiedener Art und Funktion: In enger Beziehung zum schon erwähnten Baustoffwechsel stehen die sog. primären Metabolite, wie Aminosäuren, Nucleinsäuren u.a.m. Diese Stoffe werden während des aktiven Wachstums gebildet und zum Aufbau von Zellen verwendet. Sind über diese notwendigen, assimilierbaren Nährstoffe hinaus noch primäre Metabolite vorhanden, reichern sich diese, die dann nicht mehr zum Zellaufbau verbraucht werden, an. Die so angereicherten Stoffe hemmen einerseits ihre eigene Synthese, induzieren aber andererseits die Bildung anderer Stoffe, die man als sekundäre Metaboliten bezeichnet. Zu diesen Produkten, die außerhalb eines aktiven Wachstums gebildet werden, zählen z.B. Antibiotika, Toxine, Alkaloide. Deren Funktionen im Stoffwechsel der Produzenten kann sehr vielfältiger Art sein, sie sind aber, da sie nicht im Wachstum und bei der Vermehrung eingesetzt werden, nicht lebensnotwendig.

7. Bedeutung der Mikrobiologie für die Land- und Lebensmitteltechnik

Viele dieser sekundären Metabolite werden im großtechnischen Maßstab gebildet; sie sind ein wesentlicher Bestandteil für die chemische und pharmazeutische Industrie. Aber nicht erst seit der Entdeckung der Antibiotika und der Entwicklung dieser Forschungsrichtung haben Mikroorganismen Eingang in die chemische und besonders in die Lebensmittelindustrie gefunden; ihre Produkte sind aus unserem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken, sie erscheinen uns so selbstverständlich, daß man sich über ihre Herkunft und ihre Produzenten keine Gedanken mehr macht. Die Anzahl an Mikroorganismen, die wirtschaftliche Bedeutung erlangten, s. Tafel 3, ließe sich noch um weitere Beispiele erweitern.

Auch in der Landtechnik ergeben sich Probleme, bei denen man die Bedeutung der Mikroorganismen nicht übersehen darf. Alle Maßnahmen der Bodenbearbeitung verändern die Bodenstruktur und beeinflussen dadurch das biologische Gleichgewicht im Boden. Bei gewollten Strukturverbesserungen und ungewollten Verschlechterungen (z.B. Verdichtungen) ist eine Wirkung auf die Mikroflora im Boden zu berücksichtigen. Für eine optimale Aktivität benötigen

Tafel 3. Mikroorganismen von wirtschaftlicher Bedeutung.

Nutzanwendung		Schadwirkung	
Bakterien	Pilze	Bakterien	Pilze
Milchsäure	Eiweißhefe	Naßfäule	Pflanzenkrankheiten
Essigsäure	Champignon	Lebensmittelvergiftung	Hausschwamm (u.a. Holzschädlinge)
organische Lösungsmittel	Zitronensäure	Säuerung von Milch, Bier, Wein u.ä.	Fruchtfäule
Enzyme	Oxydation von Steroiden		Zerstörung von Textilien
Bodenfruchtbarkeit	Enzyme		
Flachröste	Vitamine		
Butter, Käse u.a. Milchprodukte	Antibiotika		
	techn. Alkohol		
	Bier, Wein, u.a. alkohol. Getränke		

die Bodenmikroorganismen ein ausgewogenes Verhältnis von festen, flüssigen und gasförmigen Bestandteilen (2 : 1 : 1). Jeder Eingriff, auch mechanischer Art, führt zu einer Störung und Veränderung des mikrobiellen Gleichgewichts, das sich allerdings nach relativ kurzer Zeit wieder einstellt; der ursprüngliche natürliche Zustand ist wieder hergestellt. Der Wasser- und Gashaushalt des Bodens ist von eminenter Bedeutung für das Leben in ihm. Meliorationen, Be- und Entwässerungen sowie andere Maßnahmen der Kulturtechnik sind so zu planen, daß die biologischen Vorgänge im Boden wenig gestört werden.

Viele landwirtschaftliche Produkte unterliegen einem schnellen Verderb. Hier kann die Technik helfen, den Substanz- und Qualitätsverlust auf ein Minimum zu reduzieren oder sogar völlig zu vermeiden. Durch Wärmebehandlung oder andere Prozesse wird Wasser entzogen: der erwünschte Restwassergehalt ist je nach Substrat und Mikroflora unterschiedlich, deren Aktivität unterbunden werden soll.

Eine Zusammenarbeit zwischen Ingenieuren und Mikrobiologen auf dem Gebiet der Vorratshaltung wird besonders deutlich bei der Einlagerung von Heu, Getreide, Kartoffeln und dgl. Die Behandlung des Erntegutes wie auch die technische Konstruktion des Lagerhauses sind kombinierte biologisch-technische Probleme. Werden die erwünschten Bedingungen nicht eingehalten, kommt es zu unliebsamen Verderbserscheinungen, z.B. Verpilzung von Getreide- und Futtermitteln, oder zur schon erwähnten Selbsterhitzung und Selbstentzündung von Heu, die zu erheblichen wirtschaftlichen Verlusten führen kann. In anderen Fällen ist ein biologischer Temperaturanstieg erwünscht, wie bei der Kompostierung und Stallmistgärung. Entsprechend dem jeweiligen Ziel sind andere Hilfsmittel einzusetzen. Hierzu gehört auch das Herstellen und Aufbewahren von Silofutter, für das eine spezifische mikrobielle Reaktion, die Milchsäuregärung, angestrebt wird; für deren optimalen Ablauf müssen bestimmte technische Voraussetzungen erfüllt sein.

Ein anderes Problem ist die Stall- und Gebäudehygiene, für dessen optimale Lösung eine Zusammenarbeit von Ingenieuren und Mikrobiologen erforderlich ist. Wieder andere hygienische Maßnahmen müssen bei der Einrichtung von Molkereien und der Konstruktion von Molkereieräten beachtet werden. Eine weitestgehende sterile Behandlung bei der Gewinnung und Verarbeitung von Milch erfordert eine Kenntnis der Lebensbedingungen bzw. der Abtötungsmöglichkeiten der unerwünschten Mikroorganismen.

Diese wenigen Beispiele mögen zeigen, daß Landtechnik und Mikrobiologie mehr gemeinsame Berührungspunkte haben, als es gemeinhin den Anschein hat. Eine fruchtbare Zusammenarbeit setzt eine Kenntnis der jeweiligen Grundlagen des anderen Fachgebietes voraus und ein Verständnis für die Denkweise des Partners aus der Technik bzw. Biologie.

L 214