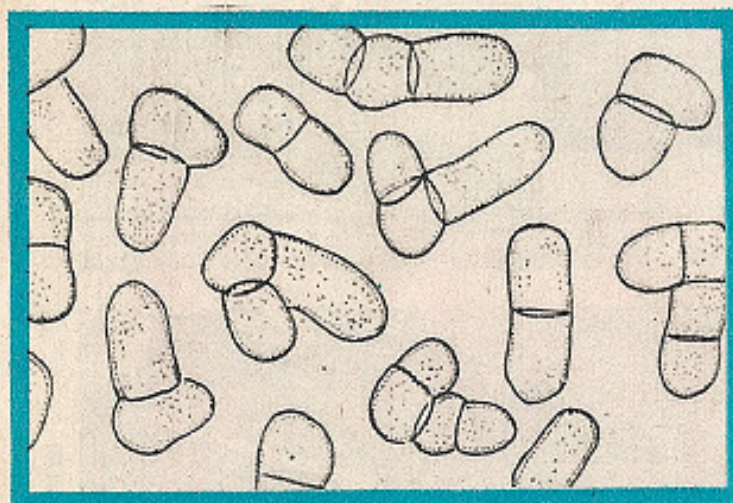


Ohne sie würde das Leben auf der Erde in kurzer Zeit erstickten. Dabei sind viele von ihnen so klein, daß erst tausend aneinandergereiht einen Millimeter ergeben: die Mikroorganismen.



# NÜTZLICHE WINZLINGE



**S**ie kommen im Boden, im Wasser und in der Luft vor und spielen im natürlichen Stoffkreislauf eine bedeutende Rolle. Denn die Kleinstlebewesen bauen tierische und pflanzliche Reste wie Kadaver, Laub, Holz- und Getreideabfälle zu anorganischen Substanzen ab. Diese dienen dann höheren Organismen, z. B. grünen Pflanzen, wieder als Nahrung. Mikroorganismen sind vorwiegend einzellige niedrige Organismen; gewöhnlich nur mit Hilfe eines Mikroskops sichtbar. Dazu gehören Bakterien, Hefen, Schimmelpilze, Aktinomyzeten, Algen und Protozoen. Wir wollen uns mit Bakterien, Hefen und Schimmelpilzen etwas näher beschäftigen. Denn sie spielen für die Biotechnologie und Lebensmittelindustrie eine große Rolle.

Als Erfahrungswert hat man diese Verfahren von Generation zu Generation weitergereicht und jeweils verbessert bzw. vervollkommen. Es dauerte jedoch bis in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts, ehe Wissenschaftler wie Pasteur und Buchner grundlegende Prinzipien der Fäulnisvorgänge auf der einen Seite und der Gärungsprozesse auf der anderen Seite enthüllten. Damit lösten allmählich fundierte wissenschaftliche Erkenntnisse empirische Erfahrungswerte bei der Produktion von Lebensmitteln ab. Heutzutage beschäftigt sich die Biotechnologie im industriellen Maßstab damit, hochwirksame Pharmaka zu entwickeln, die Leistungen bei der Pflanzen- und Tierproduktion zu steigern, Wertstoffe aus Abprodukten zu gewinnen, Umweltbelastungen zu

stoffe läßt sich als schon traditioneller biotechnologischer Zweig bezeichnen. Die ersten schriftlichen Überlieferungen über das Einlegen von Kohl beispielsweise stammen aus der Römerzeit. Damit ist die natürliche Säuerung eines der am längsten bekannten Konservierungsverfahren für Gemüse. Der besondere Wert von Sauerkraut liegt in seinem hohen Gehalt an Vitamin C. So erbrachte der englische Kapitän Cook während seiner Weltumsegelung (1872 bis 1875) nicht nur den Beweis für dessen lange Haltbarkeit. Durch den regelmäßigen Verzehr dieses Krautes erkrankte auch niemand von der Mannschaft an Skorbut, einer Vitamin-C-Mangelkrankheit. Sauerkraut entsteht aus Weißkohl dank der Fähigkeit der

### Erfahrungswerte von Generationen

Bereits seit knapp 12 000 Jahren lassen die Menschen Traubensaft zu Wein vergären. Das Brauen von Bier aus Malz und Gerste sowie das Gewinnen von Sauer Milchprodukten wie Joghurt und Käse wird seit rund 3000



**Vielseitig in ihrem Wirken, vielfältig in ihrem Erscheinungsbild – das sind zwei wesentliche Merkmale von Bakterien, Hefen und Schimmelpilzen.**

Milchsäurebakterien, der Lactobacillen. Sie produzieren aus den Kohlenhydraten, die im Kohl vorhanden sind, Milchsäure. Ähnlich läuft das bei sauren Gurken. Diese Bakterien machen also aus frischem Gemüse ernährungsphysiologisch wertvolle und lange haltbare Produkte.

*zu pro- duze*



vor unserer Zeitrechnung betrieben. Auch die Herstellung von Sauerkraut, sauren Gurken und Essig ist seit dem Altertum bekannt.

reduzieren sowie Rohstoffe höher zu veredeln. Der Einsatz von Mikroorganismen in der Lebensmittelproduktion zum Veredeln pflanzlicher und tierischer Roh-

### Am wohlsten um 30 °C

So wie die Lactobacillen aus Traubenzucker Milchsäure „zaubern“ können, stellen Hefen dar- aus neben Energie auch Alkohol

und Kohlendioxid her. Stichwort: alkoholische Gärung. Essigsäurebakterien wiederum wandeln den von Hefen erzeugten Alkohol zu Essig um, den wir sehr vielfältig zum Konservieren und Würzen von Speisen nutzen. Milchsäurebakterien und Hefen sind gemeinsam daran beteiligt, wenn Sauermilchprodukte wie Joghurt, Kefir, saure Sahne oder Buttermilch entstehen.

Bei Joghurt geschieht das heutzutage so: Zuerst wird frische Milch erhitzt, um Mikroorganismen und Enzyme abzutöten, die den Säuerungsprozeß behindern können. Dann setzt man eine „Säurewecker-Kultur“ hinzu. Diese besteht aus Milchsäurebakterien und Hefen. Die beimpfte Milch hat eine Temperatur zwischen 25 und 40 °C, damit sich die Säurewecker-Organismen wohl fühlen. Nach einigen Stunden besitzt der Joghurt die entsprechende Beschaffenheit und den gewünschten Geschmack. Nach Kühlen und Abfüllen ist er fertig: wohlschmeckend und gut verdaulich. Viele Menschen, die normale Milch nicht vertragen, können Sauermilchgetränke ohne Schaden genießen. Außerdem wirkt ein Teil der darin vor-

handenen Mikroorganismen antibiologisch, das heißt, sie töten schädliche Organismen ab. Deshalb sind solche Getränke gut gegen Verdauungsstörungen geeignet.

Die Reihe der erwünschten Leistungen von Kleinstlebewesen bei der Lebensmittelproduktion ließe sich beliebig fortsetzen. Denken wir nur an den Einsatz von Hefen in der Backwarenindustrie.

### „Monopol“ gebrochen

In jüngster Zeit machen biotechnologische Verfahren immer mehr von sich reden, um einzelne mikrobielle Stoffwechselprodukte und Enzyme zu gewinnen, die zum Abbau eines bestimmten Substrates gebildet werden. Diese Verfahren beruhen in der Regel darauf, solch einen Organismus auszuwählen, der sich schnell vermehrt, relativ anspruchslos ist und das gewünschte Produkt in großer Menge ausscheidet. Mikroorganismen dienen uns heute dazu, Zitronen- und Milchsäure, Polysaccharide und Aminosäuren herzustellen. So gelang es 1925 mit Hilfe des Schimmelpilzes *As-*

*pergillus niger*, das „Monopol“ bei der Produktion von natürlicher Zitronensäure aus Zitrusfrüchten zu brechen. Die Methode: Ein Nährsubstrat, das Zucker und verschiedene Spurenelemente enthält, wird mit *Aspergillus niger* beimpft. Er kann sich hier gut vermehren und produziert durch komplizierte Stoffwechselreaktionen aus dem Zucker die Zitronensäure. Ist der Zucker verbraucht, wird die entstandene Zitronensäure ausgefällt, abfiltriert, gewaschen und gereinigt. Nach dem Umkristallisieren liegt das reine Präparat vor. In der Lebensmittelindustrie besteht großer Bedarf daran, um Fruchtsaftgetränke, Marmelade, Bonbons, Soßen und Würzen herstellen zu können.

Doch die Winzlinge vollbringen nicht nur Nützliches. Sie können auch gewaltige Schäden anrichten, beträchtliche Verluste verursachen. Mehr zu diesem Thema (zum Beispiel über den Angriff von Kleinstlebewesen auf Beton und Glas oder über die Todesursachen von über 100 000 Truthähnen in englischen Geflügelfarmen) gibt es in einer der nächsten Ausgaben.

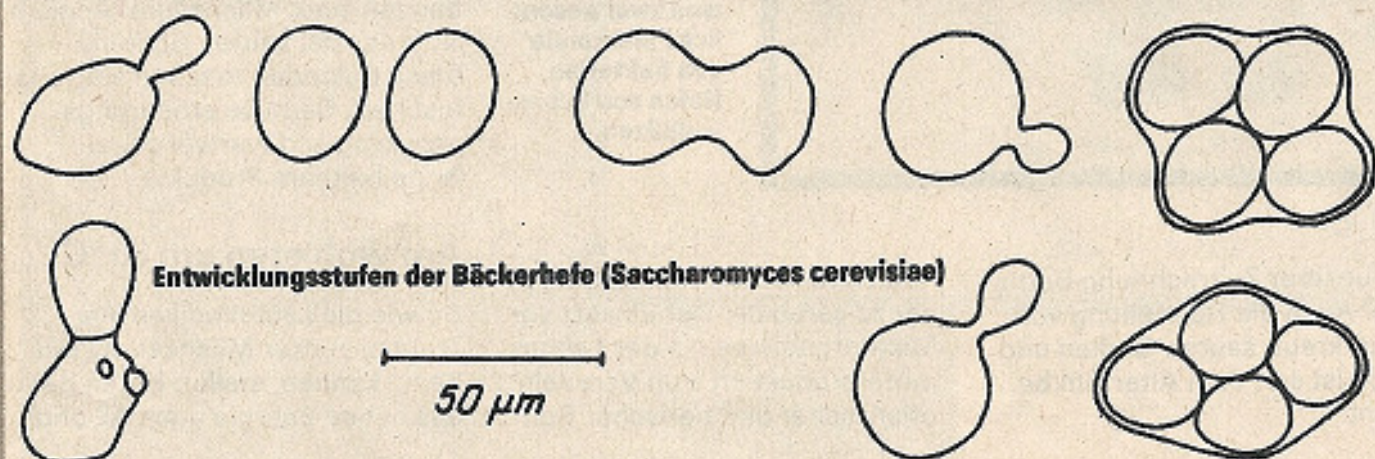
Dr. Birgit Fiedler

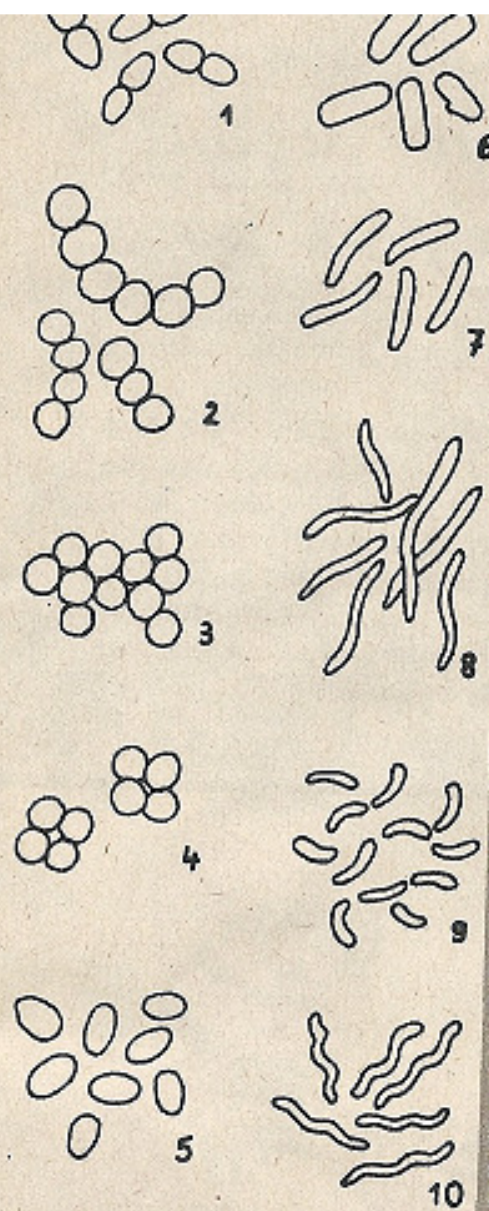
### Hefen

sind um das Zehnfache größer als Bakterien. Man bezeichnet sie auch als „einzellige Pilze“ oder Sproßpilze. Denn die meisten von ihnen vermehren sich durch Sprossung, wenige durch Quer-

teilung. Die Sproßzellen können miteinander verbunden bleiben und ein Pseudomycel bilden. Sie können sich aber auch voneinander lösen. Industriell genutzt werden bisher Hefen der Gattungen *Saccharomyces*, *Candida* und

*Kluyveromyces*. Das geschieht hauptsächlich aufgrund ihrer Fähigkeit, Alkohol und Kohlendioxid zu bilden. So leisten sie in der Brauerei, Brennerei, bei der Wein- und Backwarenherstellung gute Dienste.





## Bakterien

sind die am einfachsten gebauten Mikroorganismen. Sie vermehren sich durch Zellteilung. Der Holländer van Leeuwenhoek hat sie 1683 erstmals beschrieben. Es handelt sich dabei um Einzeller ohne echten Zellkern. Der Name Bakterium bedeutet soviel wie Stäbchen. Ihre äußere Gestalt und ihre Größe sind unterschiedlich. So können Kokken mit einem Durchmesser von 0,5 bis 5  $\mu\text{m}$ , Stäbchen mit einer Breite von 0,3 bis 2  $\mu\text{m}$  und einer Länge von 0,5 bis 5  $\mu\text{m}$  sowie Spirillen und Vibrionen vorkommen (1  $\mu\text{m}$  entspricht  $10^{-6}$  m oder  $10^{-3}$  mm). Damit wir uns die Winzigkeit einer Bakterienzelle besser vorstellen können, folgender Vergleich: Etwa 1000 aneinandergereihte Zellen des Bakteriums *Escherichia coli* mit einer Länge von je 1  $\mu\text{m}$  ergeben die Länge von 1 mm!

Bakterien lassen sich nicht nur nach ihrer äußeren Gestalt, sondern auch durch ihre Anfärbbarkeit unterscheiden. Eine der be-

**Verschiedene Mikrobenformen: 1-5 kugelförmige (Kokken), 6-9 stäbchenförmige, 10 schraubenförmige Bakterien (Spirillen)**

deutendsten Färbetechniken ist die nach dem dänischen Pharmakologen Gram benannte. Diese bewirkt bei einem Teil der Bakterien eine Rot-, bei einem anderen Teil eine Blaufärbung. Das ist auf unterschiedliche Zellwandstrukturen zurückzuführen. Die rotgefärbten Bakterien werden als gramnegativ, die blaugefärbten als grampositiv bezeichnet. Zu den erstgenannten gehören Fäulniserreger und Verursacher von Durchfallerkrankungen (*Salmonellen*, *Shigellen*) sowie Darmbewohner wie *Escherichia coli*. Dieses Bakterium verwenden Forscher häufig für genetische Versuche. Zu den grampositiven Vertretern zählen die Milchsäurebildner (*Lactobacillen*), die eine herausragende Stellung bei der Lebensmittelproduktion einnehmen, aber auch sporenbildende Bakterien wie *Bacillus* und *Clostridium*.

## Schimmelpilze

besitzen wie die Hefen einen echten Zellkern. Sie benötigen zum Wachstum Sauerstoff. Ihr Vegetationskörper besteht aus vielzelligen Fäden von etwa 5  $\mu\text{m}$  Durchmesser, die sich verzweigen und ausbreiten. Die Fäden werden Hyphen genannt. Die Gesamtheit der Hyphen bilden das Mycel.

Zur ungeschlechtlichen Fortpflanzung können Schimmelpilze Sporen bilden, die Konidien. Als Ergebnis der geschlechtlichen Vermehrung entstehen Ascosporen. Die Konidien der Schimmelpilze sind oft lebhaft gefärbt, wobei die Palette von rosa über rot bis blaugrün oder schwarz reicht. Schimmelpilze spielen in der Biotechnologie eine wichtige Rolle als Produzenten von Anti-

biotika (z. B. *Penicillium crysogenum*), von Enzymen (z. B. *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus wentii*) oder von Zitronensäure (*Aspergillus niger*). Die Stoffwechselprodukte einiger Schimmelpilze sind giftig für Mensch und Tier. Sie werden Mykotoxine genannt.

**Nebenfruchtformen von zwei Schimmelpilzen (links *Aspergillus*, daneben *Penicillium*)**

