

Schriftleitung: Dozent Dr. Hans Kühlwein, Karlsruhe, und Dr. Walter Neuhoff, Rellingen

Wissenschaftliche Beiträge:

Erfahrungen und Probleme der Hefeforschung

Von Siegfried Windisch

Die Hefen sind schon seit über 80 Jahren Gegenstand von mykologischen und technischen Untersuchungen gewesen. Lange hat man sich beschränkt auf die sog. echten Hefen, also diejenigen, die Askosporen bilden. Die wichtigsten Vertreter dieser Gruppe sind die Kulturhefen, die man für die Brauerei, Preßhefefabrikation, Brennerei und die Weingärung verwendet. Nach und nach hat man z.T. als Infektionen der technischen Gärungen auch andere echte Hefen entdeckt. Daneben ist die Zahl derjenigen Hefen, die nicht wie die echten Hefen der Gattung *Saccharomyces* Askosporen bilden, immer mehr angestiegen. Erst in den letzten 20 Jahren etwa ist man darangegangen, auch diese Hefen näher zu untersuchen, um so mehr seit einige solche hefeähnlichen Pilze auch für die Praxis Bedeutung gewonnen haben, wie z.B. *Torulopsis utilis* und *Candida tropicalis* für die Futter- und Nährfeferzeugung. Früher nahm man an, daß „Hefen“ eben die Pilze sind, die gären und sprossen können und Askosporen bilden. Daß es auch nichtsporenbildende Hefen gibt, ist das eine, was die alte Auffassung der „Hefen“ einschränken mußte. Weiter hat sich herausgestellt, daß auch die Sprossung kein Monopol der Hefen ist, sondern daß Sprossung auch bei manchen anderen Pilzen vorkommt, nämlich z.B. bei Schimmelpilzen, wie *Mucoraceen* und pflanzenpathogenen Pilzen, wie *Taphrina* und Brandpilzen (*Ustilago*). Auch die Gärung ist keine Eigenschaft, die allein die Hefen auszeichnet. Einerseits gibt es auch gärfähige Schimmelpilze, wie z.B. *Mucoraceen*, andererseits kennen wir heute viele Arten, die gar nicht gären können und dennoch durchaus Hefecharakter tragen. Wir können deshalb die Gesamtheit der Hefen als hefeartige Pilze bezeichnen und diese in echte Hefen mit Sporenbildung und in hefeähnliche Pilze ohne solche unterteilen.

Ein ganz besonders interessantes Kapitel ist die Ökologie und Soziologie der hefeartigen Pilze. Ähnlich wie bei den höheren Pilzen ist die Erforschung der Beziehungen der Hefen zu anderen Lebewesen und damit verbunden die Ermittlung, wo sie in der Natur vorkommen, sehr schwierig. Während bei den höheren Pilzen die Hauptschwierigkeit darin besteht, daß man sie nur an ihren Fruchtkörpern erkennt und diese nur unregelmäßig auftreten, wird das Bild bei hefeartigen Pilzen durch die Tätigkeit des Menschen verzerrt und undurchsichtig. Die meisten Funde von hefeartigen Pilzen stammen aus Betrieben oder Laboratorien, von Lebensmitteln oder anderen Dingen, die für den Menschen wichtig sind. Nur ein kleiner Teil, meist sind es Gelegenheitsfunde, stammt wirklich aus der „freien Natur“. Daneben stammt ein großer Teil von Funden von Krankheitsfällen bei Menschen und Haustieren. Es wäre aber ganz falsch, wenn man daraus den Schluß ziehen wollte, daß also viele Arten von Hefen Krankheitserreger sind. Gesunde Menschen und Tiere werden ja in der Regel nicht untersucht! Wenn man gesunde Warmblüter untersucht, findet man nämlich recht häufig auch hefeartige Pilze an oder in ihnen. Man muß sie also als Begleiter werten, über deren Rolle und Bedeutung wir erst wenig wissen. Eine einzige Art kennen wir, die in der weit überwiegenden Anzahl der Fälle an oder in Menschen (und Haustieren) gefunden wird, das ist *Candida albicans*, der Soorpilz. Auch diese Hefe kommt am gesunden Organismus häufig vor, kann allerdings auch als

Parasit auftreten. Wie die so wechselnde Rolle als Parasit oder Saprophyt zu erklären ist, ist unbekannt, ebenso unbekannt wie die schwankende Virulenz von Streptokokken, die bei Mensch und Tier vorkommen, aber nur in gewissen Fällen pathogen sind.

Nur wenige natürliche Standorte sind in früherer Zeit einigermaßen untersucht worden, so die Hefe-Flora der Schleimflüsse von Bäumen und der Nektar einiger Blüten. Neuerdings sind von Buchner, A. Koch und anderen Symbiose-Forschern bei zahlreichen Insekten Hefen als Symbionten festgestellt worden, ohne daß es allerdings bisher gelungen ist, diese Hefen sicher zu züchten und zu bestimmen.

Der Fortschritt, den wir auf dem Hefegebiet feststellen können, liegt neben neuen biochemischen Erkenntnissen vor allem darin, daß wir hefeartige Pilze nicht nur züchten, sondern auch durch vergleichende morphologische und physiologische Untersuchungen bestimmen können. Züchten können wir wohl alle Vertreter dieser Pilzgruppe (anders ausgedrückt, was wir nicht züchten können, kennen wir nicht!), und bestimmen können wir einen großen Teil. An Bestimmungsliteratur gibt es die vier Bände (1, 4, 5, 6), die von den Schülerinnen von J. Westerdijk in Baarn (Holland) herausgegeben worden sind. Die neueste Zusammenfassung von Lodder und Kreger-van Rij, also der vierte der vier Bände, entspricht etwa einer teils gekürzten und teils erweiterten Neuauflage der ersten drei Bände.

Die Aufgaben, die es zu lösen gibt, liegen auf verschiedenen Gebieten; ganz besonders aber auf den Gebieten der allgemeinen Biologie, der Entwicklungsgeschichte und der Systematik. Es gilt also, die vollständigen Entwicklungskreisläufe von Spore zu Spore zu ermitteln und den Kreis der sog. imperfekten, in Wirklichkeit wohl kaum unvollständigen, sondern unvollständig bekannten Hefen aufzuklären. Das ist nun, wie die Erfahrung zeigt, eine sehr schwierige Sache. Wenn es einem wirklich gelingt, bei irgendeinem hefeartigen Pilz Sporenbildung festzustellen, so wird dieser Befund so lange angefochten, wie es anderen nicht gleich beim ersten Versuch gelingt, eben die beschriebene Sporenbildung auch zu sehen. So einfach ist meist der Versuch nicht, also werden die veröffentlichten Befunde abgelehnt. Wenn man also zufällig eine Sporenbildung entdeckt hat, so entsteht die schwierige Aufgabe, die Bedingungen zu ermitteln, unter denen diese Sporenbildung regelmäßig eintritt. Die Schwierigkeit, diese Aufgabe zu lösen, ist unerwartet groß. Interessant ist, daß nicht einmal für die echten Hefen, deren Sporenbildung schon von Reeß 1870 beschrieben worden ist, die Bedingungen für die Sporenbildung genau bekannt sind. Was bisher als „Bedingungen“ angegeben worden ist, nämlich gute Ernährung der Hefe vor dem Sporulationsversuch, viel Luft und genügend Feuchtigkeit und in manchen Fällen Verschiebung des pH-Wertes in das saure Gebiet, ist offensichtlich nicht ausreichend, wie das allzu häufige Mißlingen von Sporenbildungsversuchen beweist. Bei den *Saccharomyces*-Arten liegt der Fall nur insofern günstiger, als viele Stämme leicht und willig Sporen bilden. Winge hat in den letzten Jahren nachgewiesen, daß die Menge an Asken, die gebildet werden, erblich bedingt ist und daß es auch Stämme gibt, die nur zu etwa 3% Asken bilden können. Wenn man also keine Sporen findet, so findet man sich neuerdings oft unter Hinweis hierauf damit ab und erklärt den Stamm als einen mit dem Erbmerkmal geringer oder fehlender Sporenbildung. So finden sich in dem neuen Buch von Lodder und Kreger-van Rij *Saccharomyces*-Arten, wie z. B. *Saccharomyces rouxii*, von dem nur bei 4 von 33 Stämmen Sporen gefunden worden sind. Die Bedingungen, die die Voraussetzung für Sporenbildung darstellen, sind also noch ganz ungenügend bekannt. Sie sind außerdem noch wahrscheinlich nicht gleich für verschiedene Gattungen und Arten.

Ein Hemmnis für die weitere Erforschung der Biologie und Systematik der hefeähnlichen Pilze verdient noch besonders hervorgehoben zu werden. Vielfach wird vorausgesetzt, daß die echten sporenbildenden *Saccharomyzeten* gewissermaßen die einzigen rechtmäßigen Hefen sind, daß also alle nicht sporenbildenden Hefen entweder degenerierte Nebenformen sind oder Haplonten, die die Fähigkeit zur Kopulation und daher auch zur Sporenbildung verloren haben. Es wird daher alles abgelehnt, was geeignet scheint, nicht sporenbildenden Hefen ein Lebensrecht als selbständigen Arten zuzubilligen. Freilich ist es durchaus möglich, daß die eine oder andere Form vielleicht ein häufig selbständig auftretender Haplont ist, wie Wickerham und Burton (7) es für *Torulopsis sphaerica* angeben. Ein solcher Einzelfall erlaubt aber nicht, das zu verallgemeinern.

Ebenfalls zur Entwicklungsgeschichte gehört ein Teilgebiet der Zellehre der hefeartigen Pilze, nämlich die Erforschung des Kernbaues. Der Nachweis des Kerns ist gesichert, die Frage, ob der Kern Chromosomen enthält und sich mitotisch teilt, kann auch mit ja beantwortet werden. Wie es aber im einzelnen mit dem Bau des Kerns, der Chromosomenzahl und den Teilungsvorgängen steht, ist ungewiß. Am lebenden Objekt können

wir weder den Kern, noch was in ihm vorgeht, sehen. Wir sind daher auf Färbungsreaktionen angewiesen und müssen die Artefakte und Mißdeutungen in Kauf nehmen, die damit verbunden sind. Es liegen auch Angaben über Endopolyploidie bei Hefen vor. Wenn sie auch vorläufig wenig gesichert erscheinen, müssen erst eingehende Nachprüfungen erweisen, ob sie wirklich abzulehnen sind (vgl. Geitler) (2).

Wie aus dem Gesagten hervorgeht, fehlt es nicht an wissenschaftlichen Fragestellungen, die die Beschäftigung mit den Kleinpilzen aus dem Bereich der Protascomyzeten sehr interessant und reizvoll machen. Die Arbeiten sind allerdings schwierig und mühsam und erfordern Geduld und wieder Geduld. Die hohen Ziele können nur langsam erreicht werden und setzen voraus, daß man Hefen sammelt und bestimmt. Die lebende Hefesammlung von Hunderten bis Tausenden von Stämmen schafft die Grundlage für vergleichende Untersuchungen. So können die zur Bestimmung geeigneten Methoden weiter entwickelt und Bestimmungsschlüssel ausgearbeitet werden. Wenig bekannt ist, welche Eigenschaften in der Hauptsache für die Bestimmung von hefeartigen Pilzen verwendet werden können. Auf methodische Einzelheiten will ich hier nicht eingehen, sondern nur ein paar Hinweise geben. Einerseits werden die morphologischen Eigenschaften der Zelle und der Zellverbände geprüft, also entweder des durch Spitzenwachstum der Hyphen entstandenen Myzels oder des durch Sprossung gebildeten Pseudomycel, andererseits die Eigenschaften der Gärung und Assimilation von Zuckerarten und der Assimilation von Stickstoffverbindungen. Sowohl morphologische wie physiologische Eigenschaften können manchmal sehr wenig kennzeichnend sein; daher ist es immer nötig, auf möglichst viele Merkmale nebeneinander zu prüfen, denn man weiß nie vorher, welche Eigenschaften einem bei der Bestimmung weiter helfen werden. Die Vergärung und auch die Assimilation von Zuckerarten erfolgen nie wahllos, sondern streng nach den von Kluyver (3) gefundenen Regeln. Danach wird Glukose immer vergoren, wenn überhaupt Gärfähigkeit vorliegt. Nur wenn Glukose vergoren wird, können andere Zucker vergoren werden. Lävulose und Mannose werden qualitativ ebenso vergoren wie Glukose, daher kann man auf ihre Prüfung verzichten. Maltose und Laktose werden nie von derselben Hefe vergoren. Außer den schon genannten Zuckern (Glukose, Maltose und Laktose) wird noch auf die Vergärung von Saccharose und Raffinose geprüft. Für die Assimilation werden die gleichen Zuckerarten verwendet sowie die drei wichtigsten Pentosen: Xylose, Arabinose und Rhamnose. Hier gelten dieselben Gesetze. Dieselben Zucker, die vergoren werden, werden auch assimiliert. Es können aber oft Zucker assimiliert werden, die nicht vergoren werden. Wenn die Gärfähigkeit ganz fehlt, ist die Feststellung der Assimilationseigenschaften besonders wichtig. Auf die Bedeutung der Stickstoffassimilation soll noch in anderem Zusammenhang hingewiesen werden.

Unsere Vorstellungen von dem Reich der Hefen und seiner Gliederung sind noch im Fluß. Wer sich ernsthaft mit Bestimmen beschäftigt, findet nicht selten eine neue Art. Sicher bekannt sind über 200 Arten, darüber hinaus gibt es noch Hunderte von unsicheren und zweifelhaften Arten, die noch der Bearbeitung harren. Trotz der besonders in den letzten 20 Jahren erzielten Fortschritte ist unsere Kenntnis der Hefen, besonders hinsichtlich ihres Vorkommens und ihrer ökologischen Bedeutung, noch sehr lückenhaft.

Schrifttum:

- 1) Diddens, H. A. und Lodder, J.: Die anaskosporogenen Hefen. 2. Hälfte, Amsterdam 1942.
- 2) Geitler, L.: Fortschritte der Botanik. 13, 3, 1951.
- 3) Kluyver, A. J.: Biochemische Suikerbepalingen. Diss. Delft 1914.
- 4) Lodder, J.: Die anaskosporogenen Hefen, 1. Hälfte, Amsterdam 1934.
- 5) Lodder, J. und Kreger-van Rij, N. J. W.: The Yeasts. Amsterdam 1952.
- 6) Stelling-Dekker, N. M.: Die sporogenen Hefen. Amsterdam 1931.
- 7) Wickerham, L. J. und Burton, K. A.: J. Bact. 63, 449, 1952.

Über Antibiotika aus Pilzen und ihre Gewinnung in der Industrie

Von Adolf Oppermann.

Man weiß heute, daß ein erheblicher Teil der höheren und auch ein Teil der niederen Pilze unter bestimmten Bedingungen Stoffe ausscheidet, die auf andere Pilze oder auch auf Bakterien wachstumshemmend oder sogar abtötend wirken. Die Kenntnis, daß sich viele *Penicillium*-Arten antagonistisch zueinander und auch zu anderen Mikroorganismen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für Pilzkunde](#)

Jahr/Year: 1953

Band/Volume: [21_15_1953](#)

Autor(en)/Author(s): Windisch Siegfried

Artikel/Article: [Erfahrungen und Probleme der Hefeforschung 1-3](#)