

## Gegenwartsprobleme der Bastfasern erzeugenden Industrie

Von Dr. phil. MAX LÜDTKE

Deutsches Forschungsinstitut  
für Bastfasern, Sorau

Inhalt: Warmwasserröste. — Tauröste. — Aerobe Röste. — Chemische Aufschließung. — Mechanische Fasergewinnung. — Langfaser, Werg, Schäben.

Eingeg. 16. März 1937

Der deutsche Flachs- und Hanfanbau zeigt seit dem Jahre 1932 eine ständige Aufwärtsbewegung. Aus den 4500 ha des Jahres 1932 wurden seitdem 44000 ha, und für 1937 sind etwa 60000 ha zu bebauen geplant. Auch der Hanfanbau hat eine starke Steigerung erfahren. Die nachfolgende Tabelle stellt die Verhältnisse in runden Zahlen dar. Demgegenüber betrug der Verbrauch Deutschlands im Jahre

	Flachs		Fasern t	Hanf		Fasern t
	ha	Stroh t		ha	Stroh t	
1932 .....	4 500	—	3 600	226	—	—
1933 .....	5 000	—	3 600	211	—	—
1934 .....	9 000	—	6 000	379	—	—
1935 .....	22 000	68 800	13 800	3 600	18 700	2 800
		+ 16 600 Samen			+ 2 000 Samen	
1936 .....	44 000	149 000	29 800	5 600	22 500	3 370
		+ 32 400 Samen			+ 3 450 Samen	
1937 geplant	60 000	—	—	10 000	—	—

1936 50—53000 t Flachsfaser und 30—33000 t Hanffaser. Zwischen Verbrauch und Erzeugung besteht also noch eine Lücke, deren Beseitigung angestrebt wird. Es ist deshalb mit einer weiteren Steigerung des Flachs- und Hanfanbaues zu rechnen. Dieser Umstand stellt die fasererzeugende Industrie vor neue Aufgaben, die im folgenden kurz umrissen werden sollen. Röstverfahren, chemischer Aufschluß, mechanische Fasergewinnung, Erhöhung der Faserausbeuten und Verwertung der Schäben sind die hauptsächlichsten Probleme.

### A. Die Warmwasserröste.

Man kann die unter Mitwirkung von Mikroorganismen vor sich gehende Aufbereitung einteilen in die Kaltwasserröste, die Warmwasserröste und die Tauröste. Von diesen wird die erstere in Deutschland nur noch wenig geübt. Als es bei dem schnellen Anstieg der Erntemengen in den letzten Jahren galt, die Röstanstalten zu vermehren oder zu vergrößern, fiel die Wahl fast ausschließlich auf die Warmwasserröste. Diese bot besonders in der Form der Bassinröste die beste Gewähr für eine sichere und relativ schnelle Abröstung und erbrachte ein gutes Faserprodukt. Während die Zahl dieser Anlagen für Flachs im Jahre 1932 etwa 10 betrug, war sie bis Ende 1936 auf 95 angestiegen. Daneben wurden 6 Hanfrösten errichtet. Es versteht sich, daß diese Betriebe unter den bei ihrer Begründung noch waltenden Umständen nicht immer ganz nach jenen Gesichtspunkten ins Leben gerufen werden konnten, die für ihre Erstellung gelten sollten. Heute unterliegt der Bau von Röstanstalten einer Genehmigung. Da eine erneute Steigerung des Flachs- und Hanfanbaues zu erwarten ist, liegt die Notwendigkeit vor, die Anstalten für weitere Strohmenge aufnahmefähig zu machen — natürlich möglichst ohne Investierung größerer Mittel. (Nach Scherer<sup>1)</sup>)

<sup>1)</sup> A. Scherer, Der dtsh. Leinenindustrie 54, 582 [1936].

beträgt die Kapazität der deutschen Flachs- und Hanfröstanstalten 1,8 Millionen dz Strohflachs, während die Aufarbeitung im Jahre 1936 1,5 Millionen dz umfaßte. Der Spielraum ist also nicht mehr sehr groß. Die Möglichkeit einer Leistungssteigerung ist ohne weiteres gegeben, wenn es gelingt, zur künstlichen Trocknung überzugehen und die Dauer des Röstprozesses abzukürzen.

Bisher galt es als feststehend, daß künstlich getrocknetes Material dem natürlich getrockneten in verschiedener Hinsicht unterlegen ist. Infolgedessen stellte man den eigentlichen Röstbetrieb während der Wintermonate ein, in denen eine natürliche Trocknung nicht möglich ist. Wenn man auch die kalte Jahreszeit zur Ausarbeitung der im Sommer gewonnenen Röstflachsvorräte benutzte, so war eine kontinuierliche Arbeit doch nicht vorhanden. Oft wurde nicht einmal dieser Arbeitsrhythmus erreicht. Viele kleine Rösten, die das Stadium eines landwirtschaftlich-gewerblichen Betriebes noch nicht überwunden hatten, ruhten während des Winters vollständig; aus diesem Zustand gilt es jetzt herauszukommen. Die bei der künstlichen Trocknung auftretenden Mängel bestehen in einem Abfall der Festigkeit und in einer Verschlechterung von Griff und Spinnigkeit; häufig machen sich auch Mißfärbigkeit und schlechter Geruch bemerkbar. Ein guter Teil dieser unerwünschten Eigenschaften hat nun aber, wie sich bei eingehender Untersuchung herausstellte, gar nichts mit der Trocknung an sich zu tun, sondern ist auf schlechtes Auswaschen und Abpressen zurückzuführen. Das läßt sich aber durch den Bau geeigneter Apparate und Maschinen zum gründlichen Spülen und Abpressen oder Abquetschen vermeiden. Will man nun den Betrieb kontinuierlich gestalten, so zeigt sich alsbald, daß der eigentliche Röstbetrieb im Winter oft nicht allen Anforderungen gerecht werden kann. Die Temperatur des Röstwassers pflegt in den meist offenen Betonbassins während der Nacht je nach der Außentemperatur mehr oder weniger stark abzufallen und muß am Morgen durch Ablassene eines Teiles des Röstwassers und Nachfüllen von warmem Frischwasser wieder auf die gewünschte Höhe gebracht werden. Eine solche Arbeitsweise läßt sich im Winter nur durchführen, wenn die Räume, in denen die Röstbassins liegen, geheizt sind, oder aber, wenn die Behälter selbst durch Dampf erwärmt werden. Bestehen hierzu keine Einrichtungen, so ist infolge des starken Schwankens der Temperatur mit einer längeren Dauer der Abröstung zu rechnen, denn das Wachstum der anaeroben Erreger der Warmwasserröste hat sein Optimum bei 30—35°. Durch Beseitigung der geschilderten Mängel können 3 bis 4 Monate Arbeitszeit gewonnen werden.

Für eine Röstanstalt ist die Wasserfrage natürlich von ganz besonderer Bedeutung. Genügende Mengen geeigneten Wassers für den Röst- und den Waschprozeß sind Grundbedingung. Wenn auch die Härte des Wassers an sich kein Kriterium für die Eignung zu Röstzwecken ist und viele Rösten mit relativ hartem Wasser durchaus zufriedenstellend arbeiten, so wird im allgemeinen doch weiches Wasser bevorzugt. Ebenso ist man über die Frage

der Wirkung des Eisens und Mangans im Röstwasser geteilter Meinung. Wahrscheinlich wird der Röstprozeß selbst durch die Metalle nicht ungünstig beeinflusst, sondern erfährt eher eine Förderung. Dagegen kann das Stengel- und Fasermaterial durch die Metalle leicht in der Farbe verändert werden<sup>2)</sup>, was unerwünscht ist. Die Wasserstoffionenkonzentration des Frischwassers sollte etwa der des Neutralpunktes entsprechen.

Der tägliche Zusatz von Frischwasser wirkt der Geruchsbelästigung entgegen und läßt außerdem den Säuregrad des Röstwassers nicht so hoch ansteigen, was für den Ablauf des Röstprozesses und der Trocknung günstig ist. Die Dauer der Röste ist nicht nur von der Zusammensetzung des Röstwassers, der Temperatur und der  $p_H$ -Zahl abhängig, sondern auch vom Flachs, der wiederum ein Produkt des Saatguts, des Bodens, der Witterung und der Düngung ist sowie dem jeweiligen Reifezustand. Außerdem sucht man eine Erhöhung der Leistung des Röstbetriebes durch Zusätze verschiedener Art zum Röstwasser zu erreichen, und zwar durch chemische Mittel, Enzympräparate oder Bakterien, die entweder eine Verstärkung der enzymatischen Kraft, auf welcher ja der Röstprozeß beruht, oder eine Abstumpfung der sich bildenden organischen Säuren zum Ziele haben. Natürlich dürfen die Zusätze keine Verschlechterung der Fasereigenschaften oder starke Verteuerung hervorrufen.

Während des **Röstvorganges** sinkt die  $p_H$ -Zahl des Röstwassers ständig ab, macht dann, z. B. bei einer Temperatur von 30°, bei 4,60 bis 4,90 halt, verweilt etwa 6 bis 10 h bei diesem Wasserstoffexponenten und steigt dann wieder an. Man kann feststellen, daß der tiefste Teil der  $p_H$ -Kurve mit der Röstreife zusammenfällt und daß mit dem Wiederanstieg dieser Zahl die Überröste beginnt. Die Kurve der potentiometrischen Titration des Röstwassers auf organische Säuren entspricht diesem Bilde. Da durch die Überröste die Faser bedeutend an Festigkeit verliert, ist man bestrebt, diesen Zustand nicht eintreten zu lassen. Zu diesem Zwecke wird der Röstflachs zur Zeit seiner Reife, die normalerweise nach 3—4 Tagen eingetreten zu sein pflegt, einer ständigen Prüfung unterworfen. Die Beseitigung der Überröste ist ein noch zu lösendes Problem.

Bei der Vorbereitung des Röstflachs zur Trocknung wurde bisher im allgemeinen so verfahren, daß nach dem Entfernen des Röstwassers erneut Wasser in die Behälter gebracht wurde, das beim Ablassen das Material wusch und zum Teil von den Säuren, den anhaftenden schleimigen, riechenden und färbenden Stoffen sowie den Bakterien, den Rinden- und Epidermiszellen befreite. Bei einer nachfolgenden natürlichen Trocknung verdampfen die niedermolekularen organischen Säuren größtenteils, die Zellelemente bleiben nur locker auf der Faser haften und können durch die nachfolgenden Verfahrensgänge des Knickens, Schwingens, Hechelns usw. leicht abgestreift oder abgeklopft werden. Bei der erhöhten Temperatur der künstlichen Trocknung werden gewisse Substanzen dieser Teilchen dagegen plastisch und kleben viel stärker auf der Faser fest, so daß bei den nachfolgenden mechanischen Prozessen die Aufteilung der Faser in der Längsrichtung schwieriger ist und oft eine Verkürzung der Langfaser eintritt. Schlechter Griff, geringere Spinnigkeit, Mißfarbigkeit und anderes sind die Folge. Ein Waschprozeß in Verbindung mit einem Abquetschen oder Abpressen der überschüssigen Flüssigkeit durch geeignete Apparaturen wird diese Mängel bereits weitgehend beseitigen. Weiterhin ist man bestrebt, sich bei der nachfolgenden Trocknung an Temperaturen unter 80° zu halten und den Flachs nicht völlig zu trocknen, sondern ihm 10% hygroskopisches

Wasser, die er normalerweise stets hat, zu belassen. Auf diese Weise wird auch der Festigkeitsabfall, der bei künstlicher Trocknung im Gegensatz zur natürlichen Trocknung bisher stets zu beobachten war, zu einem Teil beseitigt. Die bei der Röste entstehenden organischen Säuren, wie Ameisen-, Essig-, Milch-, Buttersäure u. a., können jedenfalls nicht die große Bedeutung haben, die ihnen hinsichtlich der Festigkeitsminderung zugesprochen wurde. Auch die hochmolekularen Säuren sind nicht für den Festigkeitsabfall bei der künstlichen Trocknung allein verantwortlich zu machen, wie Verfasser zeigen konnte<sup>3)</sup>, denn auch nach Beseitigung durch Neutralisation blieb der Effekt zum Teil noch bestehen. Er hat seine Ursache auch nicht in äußeren Einflüssen, sondern liegt im Bau der Faser begründet. Das Hautsystem wird durch die Temperatur spröde und verliert an Elastizität, wie sich an dem Quellungsbild erkennen läßt. Der kleine Festigkeitsabfall ist praktisch aber ohne größere Bedeutung, bei richtiger Durchführung läßt sich die künstliche Trocknung überhaupt nicht feststellen.

Wichtig ist auch die **Abwasserfrage**. Da die Röstabwässer sehr sauerstoffarm sind, so können sie unmittelbar nur in größere Flüsse mit schnellem Wasserwechsel geleitet werden, die in kurzer Zeit eine mehrhundertfache Verdünnung bewerkstelligen. In kleinen Flüssen führt der Sauerstoffmangel zur Vertreibung der Fische, manchmal in einer Entfernung von mehreren Kilometern vom Einlauf. Dann weisen die Röstwässer einen beträchtlichen Säuregrad auf ( $p_H$  etwa 4,5 bis 5), wodurch leicht weitere Nachteile entstehen können. Der Geruch und die Anwesenheit organischer Stoffe, die ein Bakterienwachstum unter Umständen begünstigen, sind ebenfalls Ursachen von Mißhelligkeiten. Man läßt deshalb die Abwässer, wo angängig, z. B. in sandigem Gelände, in Gräben fließen und versickern. Die Gräben müssen von Zeit zu Zeit zugeworfen und durch neue ersetzt werden. Eine Kalkbehandlung führt zur Neutralisation und zur Niederschlagung eines großen Teils der organischen Stoffe, und da hiernach die Aufnahme von Luftsauerstoff begünstigt ist, so hat sich eine solche Vorbehandlung vielfach eingeführt. Nach Absitzen des Niederschlages in Absatzbecken kann das Wasser unmittelbar oder nach dem Durchgang durch Koksschichten oder Tropfkörper den Flüssen zugeleitet werden.

Um die Röstbecken voll auszunützen und die Abwassermengen nicht zu sehr anwachsen zu lassen, wird gewöhnlich mit einem Flottenverhältnis von einem Gewichtsanteil Strohflachs auf 18—20 Gewichtsteile Wasser gearbeitet. Häufig bleibt dieses Wasser während der Dauer des ganzen Röstprozesses auf den Stengeln stehen. Abgesehen davon, daß bei solcher Arbeitsweise das Abwasser in hohem Maße alle eben genannten Nachteile aufweist, führt sie auch leicht zur Überröste und damit zur Faserschwächung. Man läßt daher das Wasser nach dem Auslaugen, welches etwa 6—8 h in Anspruch nimmt, häufig ab und ersetzt es durch neues. Aus allem ergibt sich die Bedeutung, die auf gutes Wasser in reichlicher Menge und auf leichte Beseitigung nach dem Röstprozeß zu legen ist. Um den mit der Beseitigung des Röstwassers verbundenen Schwierigkeiten leichter zu begegnen, sind von einigen Forschern Vorschläge zur Aufbereitung der Röstflüssigkeiten durch Zusatz von anaeroben Bakterien, welche die Säuren aufzehren, gemacht worden<sup>4)</sup>. Die so behandelten Wässer konnten bis zu 40 mal wieder gebraucht werden. Praktische Bedeutung kommt diesen Vorschlägen vorerst nicht zu.

<sup>3)</sup> Vortrag, gehalten während der Tagung der Fachuntergruppe Flachs- und Hanfrösterei in Breslau am 7. 12. 1936.

<sup>4)</sup> D. Carbone, Boll. dell' Instituto Sieroterapico Milanese, 1920, Heft 6; W. W. Minerwin, Versuche über die Flachsreste mit anaerober Regeneration der Röstflüssigkeit, und E. A. Iwanikowa, Zur Erforschung des biochemischen Prozesses der Regeneration der Röstflüssigkeit, Bull. Niti, 1933, Nr. 2.

<sup>2)</sup> D. Carbone, Boll. Sezione Ital. Soc. Int. Microbiologia 1933, Heft 10 und 12.

Zur Gewinnung einer sehr feinen Faser wendet man zuweilen die sog. Doppelröste<sup>6)</sup> an, bei der das Stengelmaterial nicht völlig abgeröstet, sondern nach Befreiung von seinem Wasser einem zweiten Röstprozeß unterworfen wird.

### B. Tauröste.

Zur Erhöhung ihrer Leistung wird von vielen Warmwasserröstanstalten für geringerwertige Flachssorten die Tauröste herangezogen, die hin und wieder auch landwirtschaftliche Betriebe zur Aufbereitung kleinerer Flachsmengen anwenden. Der Tauröstprozeß wird bekanntlich von Pilzen bewirkt, die im Gegensatz zu den anaerob lebenden Bakterien der Warmwasserröste aerob arbeiten. Dementsprechend ist auch der Ablauf der stofflichen Umsetzungen ein anderer. Frühling und Herbst sind besonders günstig, der heiße, oft zu trockene Sommer und der strenge Winter, dessen tiefe Temperaturen die Tätigkeit der Pilze hemmen, dagegen nicht. Als Gelände sind Grasnarbe, Stoppeln oder Heide geeignet. Unmittelbares Aufliegen der Stengel auf dem Boden ist zu vermeiden, weil sonst faserzerstörende Schimmelpilze auftreten. Regen und Tau laugen Salze, in erster Linie Kalisalze, aus dem Flachs aus, wodurch eine günstige Wirkung auf den Graswuchs bemerkbar ist. Z. B. sinkt der Aschengehalt während der Röste von 3 bis 4% auf etwa 1%.

### C. Aerobe Röste.

Eine Mittelstellung zwischen der Warmwasserröste und der Tauröste nimmt die als aerobe Wasserröste oder auch als künstliche Tauröste bezeichnete Form der Abröstung ein. Hierbei werden Stapel von Flachs- oder Hanfstroh zeitweise mit Wasser berieselt. Diese Art der Aufbereitung befindet sich noch im Versuchsstadium; jedenfalls wird sie in größerem Maßstabe noch nicht angewandt. Es ist leicht ersichtlich, daß sie bei einwandfreiem Funktionieren manches für sich haben kann. Man braucht weniger Wasser und hat dementsprechend weniger Abwasser zu beseitigen. Auch hält der Röstflachs hinterher weniger Feuchtigkeit und ist leichter zu trocknen. Auf der anderen Seite würde infolge erhöhter Temperatur ein schnelleres Abrösten möglich sein als bei der Tauröste.

### D. Chemische Aufschließung.

Der chemische Aufschluß hat sich, obwohl immer wieder in verschiedenster Form versucht, bisher nicht durchsetzen können. Will er mit dem Röstprozeß konkurrieren, so ist der Chemikalienverbrauch durch geringere Aufwendung für apparative Hilfsmittel und Arbeitslohn auszugleichen. Wesentlich ist der Zeitgewinn. Er muß für die bisher nicht zufriedenstellende Qualität sowie etwaige Ausfälle in den Langfaser- und Wergausbeuten entschädigen. Um sich einen ständigen Platz unter den Gewinnungsmethoden zu erringen, muß das chemische Verfahren nicht nur Gleiches, sondern Besseres leisten, denn auch die biologische Aufschließung ist im Fortschreiten begriffen.

Anders liegen die Verhältnisse beim Kotonisierungsprozeß, bei dem bekanntlich mit Hilfe des chemischen Aufschlusses nicht Bastlangfasern gewonnen werden sollen, sondern die einzelnen Fasern des Flachs- oder Hanffaserbündels. Das Problem liegt hier nicht nur im Aufschluß bzw. den Kosten dafür, sondern auch in der Gewinnung von Fasern, die sich für sich oder im Gemisch mit anderen kurzen Fasern (Baumwolle, Zellwolle) verspinnen lassen. Da es gelungen ist, viele der auftauchenden Fragen zufriedenstellend zu beantworten, so dürfte in Zukunft mit einer stärkeren Herstellung und Verwendung kotonisierter Flachs- und Hanffaser zu rechnen sein. Besonders die Hanffaser soll diesem Zweck in größerem Umfange als bisher nutzbar gemacht werden.

<sup>6)</sup> Siehe z. B. Text. Manufacturer 62, 380 [1936].

### E. Mechanische Fasergewinnung.

Die mechanische Trennung des Bastes vom Holz der Bastfaserpflanzen, als Problem schon sehr alt, scheint nunmehr, mit neuen Mitteln angegriffen, als zusätzliches Aufbereitungsverfahren Einzug halten zu wollen. Die für diesen Zweck gebrauchten Maschinen arbeiten mit kombinierten Systemen von Knick- und Messerwalzen, die den Stengel zerbrechen und das Holz durch Schaben und Schlagen von der Faser trennen. Auch die bekannten Schwingturbinen sind im Verein mit Knicken für diesen Zweck brauchbar. Die einzelnen Maschinensysteme kämpfen noch um die Vorherrschaft. Der gewonnene Bast, der noch mit den Rinden- und Epidermiszellen vereinigt ist und mehr oder weniger Holzanteile enthält, ist für Seilerwaren und gröbere Gewebe brauchbar, muß aber imprägniert und damit vor dem Angriff der Mikroorganismen geschützt werden, wenn er in der Nasse nicht faulen soll. Als Schutzmittel benutzt man bei Tauwerk Holzteeröl<sup>6)</sup>; zur Konservierung der Gewebe müssen die Mittel billig, ungiftig, wasser- und lichtbeständig und nicht löslich sein.

Weiterhin hat man die Möglichkeit benutzt, die mechanisch gewonnene Faser, den „Grünflachs“ oder „Grünhanf“, aufzuschließen und so zu feineren Garnnummern zu kommen. Hier haben sich chemische Aufschlußverfahren, aber auch die Abröstung als brauchbar erwiesen.

Die Versuche sind noch nicht abgeschlossen; es scheint jedoch, daß sich das Verfahren in dieser oder jener Form für einzelne Zwecke einen ständigen Platz erobern wird<sup>7)</sup>.

### F. Langfaser, Werg, Schäben.

Durch das Knicken werden die biologisch oder chemisch vorbehandelten Stengel gebrochen, so daß sie sich bei dem nachfolgenden Schwingen in Faser, Holz und Rinde nebst Epidermis teilen lassen. Man ist natürlich bestrebt, den Anteil der Langfasern möglichst hoch zu gestalten und den Werganteil zu vermindern. Der Wassergehalt des Stengels soll weder zu niedrig noch zu hoch sein. Die beste Ausarbeitung pflegt dann vor sich zu gehen, wenn das Material vorher mittlerer Luftfeuchtigkeit ausgesetzt war. Die Ausbeuten liegen je nach Herkunft und Ausarbeitung für Flachs bei etwa 20% Gesamtfasern, bezogen auf Strohhflachs. Ein Werganteil von 4% ist als recht günstig anzusehen. Da man mit einem Röstverlust von 15–25% rechnen muß, so ergibt sich ein Schäbenanteil von etwa 55–65%. Diese Zahlen stellen nur gute Mittelwerte dar. Oft ist das Verhältnis zuungunsten der Langfaser verschoben. Andererseits sind bei den neuen Sorauer Züchtungen Gesamtfaserausbeuten von 24–26% (maximal 29%) keine Seltenheit. Sowohl in der Benutzung rationeller Ausarbeitungsmethoden als auch in der Verwendung hochwertigen Saatgutes schlummern noch große Möglichkeiten. Beim Hanf kann man mit Gesamtfaserausbeuten bis zu 16% rechnen. Der Werganteil ist hier viel größer und ist mit 50% oft noch zu niedrig angesetzt. Saatgut, Boden, Ernte und Ausarbeitung spielen eine außerordentliche Rolle.

Erhebliche Anstrengungen hat man von jeher gemacht, um für die Schäben bessere Verwendungsmöglichkeiten zu finden, die fast ausschließlich in den Feuerungen der Röstanstalten mit Hilfe geeigneter Vorfeuerungen verbrannt werden (Verbrennungswärme 4200–4400 cal/kg). Daneben werden geringe Mengen für Leichtbauplatten und als Beimischung zum Formmaterial in Eisengießereien oder als Isoliermaterial verwandt. Für 1937 sind z. B. 120 000 t Schäben zu erwarten. Die Verwendung oder Mitverwendung

<sup>6)</sup> G. Durst, Melliands Textilber. 18, 160 [1937]; M. N. Süßmann u. A. J. Dubova, Lein-, Hanf- u. Jute-Industrie, Organ der Hauptverwaltungen der Leinen- u. Hanfjute-Industrie der U. d. S. S. R. 1934, Nr. 5, S. 43.

<sup>7)</sup> Siehe hierzu W. Rohs, Das neue Verfahren der Flachsentholzung, Der dtsh. Leinenindustrie 54, 161 [1936].

in der Pappen-, vielleicht auch in der Papier-Industrie, sollte am meisten Aussicht auf Erfolg haben<sup>8)</sup>, wobei anzustreben wäre, nicht nur den in manchen Schäben hohen Prozentsatz an Fasern zu verwerten, sondern die gesamten Schäben etwa in der Form nutzbar zu machen, wie man das Getreidestroh durch Kalkaufschluß zu Pappen verarbeitet. Erwogen wird zurzeit auch die Möglichkeit des hydrolytischen Abbaues der Schäben zu Zucker und der Weiterverarbeitung der vergärbaren Zucker zu Alkohol, Hefe oder dgl. Leider haben die Schäben verhältnismäßig viel Lignin

<sup>8)</sup> F. Hoyer, Die Verarbeitungsmöglichkeit von Flachsschäben, Klepzig's Textil-Z. 89, 715 [1936].

## Fettsynthese durch Pilze und Bakterien

Von Prof. Dr. W. SCHWARTZ

Botanisch-Mikrobiologisches Institut der T. H. Karlsruhe

Eingeg. 19. Februar 1937.

Während sich in der mikrobiologischen Literatur zahlreiche Angaben über die Zersetzung von Neutralfetten durch Pilze und Bakterien finden, liegen über die Fettsynthese, ihre Verbreitung und Abhängigkeit von den Wachstumsfaktoren verhältnismäßig wenig Untersuchungen vor.

Unter den älteren Arbeiten sind vor allem die Versuche von v. Nägeli und Loew (16) wichtig. Eine Reihe von Arbeiten stammt aus den Kriegsjahren, als schon einmal die Frage nach einer technisch verwertbaren Fettsynthese durch Pilze in Deutschland auftauchte (2, 5, 10, 11). In den letzten 20 Jahren ist das Gebiet verhältnismäßig wenig bearbeitet worden. Einige wertvolle Beiträge behandeln bei verschiedenen Pilzen und Bakterien die Beziehungen zwischen Kulturbedingungen und Fettsynthese (3a, 4, 4a, 14, 17, 18, 20). In diesem Zeitabschnitt ist auch der Kreis der untersuchten Pilze und Bakterien wenigstens etwas erweitert worden. Bis in die Kriegsjahre hat sich fast die gesamte Arbeit auf Saccharomyceten und Pseudosaccharomyceten, darunter besonders die von Lindner 1899 aufgefundene *Torula pulcherrima* (13), und auf den „Fettpilz“ *Endomyces vernalis* erstreckt, den Lindner (13) aus dem Schleimfluß einer Birke isoliert hat. Zu einer technischen Verwertung der Pläne Lindners, die sich neben der Fettgewinnung aus Pilzen übrigens auch auf eine Verarbeitung von Fäkalien und Dünger zu Fett auf dem Wege über das Fettgewebe von Fliegenlarven erstreckte (12), ist es nicht gekommen.

Neben Hefepilzen und den verwandten Endomyceten werden als Fettbildner besonders die Aspergillaceen (1, 8, 14, 16, 17, 18, 20) erwähnt. Überhaupt gibt es kaum eine Gruppe von Pilzen einschließlich der Flechtenpilze<sup>1)</sup>, bei der nicht auch Fett als Zelleinschluß auftritt. Auch bei Bakterien ist die Fettbildung verbreitet. Zu den fettbildenden pflanzlichen Mikroorganismen gehören auch die Kieselalgen (Diatomeen). Zahlreiche Vertreter dieser Gruppe lassen sich ähnlich wie Pilze im Laboratorium kultivieren, allerdings mit dem wichtigen Unterschied, daß sie bei Lichtzutritt autotroph sind, also ihre Körpersubstanzen ausschließlich aus anorganischen Bausteinen bilden.

Häufig findet man in der Literatur nur qualitative Angaben über das Fettvorkommen, selten eingehendere Untersuchungen, so daß wir noch nicht abschätzen können, ob die Pilze, die bis heute als Werkzeug zu einer technischen Fettsynthese gedient haben, auch wirklich die geeignetsten sind oder besser durch andere ersetzt werden sollten.

Über die Zusammenhänge zwischen Kulturbedingungen und Fettbildung ergibt sich heute etwa

<sup>1)</sup> Die Flechten sind symbiontische Organismen; jede Flechte baut sich aus einem Pilz und einer Alge auf.

und Pentosan. Beim Hanf sind z. B. von 100 g Trockensubstanz nur 25–30 g vergärbbar, so daß auch dieser Möglichkeit gegenüber gewisse Vorbehalte zu machen sind.

Wir haben in großen Zügen jene Fragen gestreift, die zurzeit für die bastfasererzeugende Industrie besonders wichtig sind. Natürlich tauchen je nach den örtlichen Verhältnissen noch manche anderen auf, wie z. B. die einzelnen Typen der Röstbehälter, Bassin, Kanal, Bunker; ferner der Schutz der Betonwände durch Anstrichmittel und das Transportwesen. Diese Fragen treten jedoch gegenüber den oben behandelten an Bedeutung zurück. [A. 37.]

das folgende Bild (Tab. 1), das für die einzelnen genauer untersuchten Pilze und Bakterien zahlreiche gemeinsame Züge aufweist und ferner zeigt, wie weit wir von allgemeinen Feststellungen bereits zu exakten Formulierungen vorgeschritten sind.

Fast allgemein wird für die Fettbildung die große Bedeutung einer kräftigen C- und N-Nahrung bei höherer Temperatur und bei guter Sauerstoffversorgung hervorgehoben. Wenn man bei Pilzen, die eine Myceldecke bilden, die Fettausbeute aus dem in der Nährlösung gebotenen Ausgangsmaterial (z. B. Zucker) berechnet, so erweist sich ähnlich wie bei der Citronensäurebildung aus Zucker das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen der Nährlösung als mitbestimmend. Bei Sproßpilzen kann durch Lüftung der Nährlösung auch bei relativ kleinen Oberflächen die Ausbeute verbessert werden. Nur die Ansicht A. Meyers (15), daß bei Bakterien Sauerstoffmangel die Fettbildung günstig beeinflussen soll, fällt aus dem Rahmen der übrigen Angaben.

Andererseits deuten Beobachtungen von Henneberg (6) und anderen darauf hin, daß z. B. Bierhefen auch im Lagerfaß, also praktisch bei Sauerstoffabschluß, allmählich Fett in den Zellen anreichern. Man gewinnt den Eindruck, daß zwischen den einzelnen wirksamen Faktoren eine weitgehende Möglichkeit zur gegenseitigen Kompensation besteht. Es ist z. B. bei Bierhefe die untere Temperaturgrenze herabgesetzt bei Zellen, die im Gärungsschaum enthalten sind, also unter dem Einfluß einer günstigen Sauerstoffversorgung stehen (6).

Eine wirkliche Erklärung der Zusammenhänge mag vielleicht erst dann gelingen, wenn man die wechselnde biologische Bedeutung des Fettes und in Verbindung damit vielleicht auch einen Wechsel in der chemischen Zusammensetzung des Fettes bei ein und derselben Art von Organismen mit in Betracht zieht. Daß Schwankungen in der chemischen Zusammensetzung bestehen, scheint sicher zu sein. Es ist auch nach den Erfahrungen, die man bei dem Reservefett höherer Pflanzen über die Zusammenhänge zwischen Fettbeschaffenheit und Wachstumsbedingungen (Klima, Boden, Düngung) gemacht hat, nicht sonderlich überraschend, wenn etwa bei *Rhizopus nigricans* und besonders bei *Aspergillus niger* die Versuchstemperatur (17) oder bei *Oospora lactis* das Alter der Kulturen (3a) einen Einfluß auf die Zusammensetzung des Fettes hat, oder wenn das Mycelfett von *Penicillium javanicum* je nach dem Glucosegehalt der Nährlösung einen größeren oder kleineren Gehalt an freien Fettsäuren aufweist (20). Während aber bei höheren Pflanzen das Fett wohl immer als Reservestoff zu bewerten ist, scheint bei Pilzen und Bakterien auch