

Herstellung von Futterhefe aus Sulfitablauge.

Von Prof. Dr. HERMANN FINK und Dr. RICHARD LECHNER.

Aus der Landwirtschaftlich-Tierärztlichen Fakultät der Universität Berlin und dem Institut für Gärungsgewerbe.
Aus einem Vortrag in der Fachgruppe für Lebensmittelchemie, Gewerbehygiene, Gerichtliche Chemie und Chemie der Landwirtschaftlichen Technischen Nebengewerbe
auf der 49. Hauptversammlung des V. D. Ch. in München am 10. Juli 1936. (Bingeg. 6. Juli 1936.)

Das Problem, Eiweiß durch Züchtung von Hefe und anderen Mikroorganismen herzustellen, gewann für Deutschland große Bedeutung, als in den ersten Kriegsjahren empfindlicher Mangel an Eiweißfuttermitteln einzutreten begann. Aufbauend auf *Hennebergs*¹⁾ biologischen Arbeiten, in denen es gelungen war, eiweißreiche Hefe durch Zusatz von Ammoniumsalzen zu den damals üblichen Nährlösungen zu züchten, haben *Delbrück* und Mitarbeiter²⁾ die Futterheferzeugung in großtechnischem Maßstabe verwirklicht. Durch Züchtung anspruchsloser Heferassen von starkem Vermehrungsvermögen in Nährlösungen, die außer Melasse fast nur anorganische Salze, im besonderen Ammonsalze als Stickstoffquelle enthielten, ist es bei intensiver Lüftung tatsächlich geglückt, während des Krieges eiweißhaltige Futtermittel herzustellen. Die verwendeten Hefen waren Kammhefen und im besonderen *Torula*arten (*torula utilis*), die damals als „Mineralhefen“, gelegentlich auch als „Wuchshefen“ bezeichnet worden sind. Da schon 1916 großer Mangel an Zucker und Melasse eintrat, mußten die mit großem Kostenaufwand errichteten Futterhefefabriken wieder geschlossen werden.

Erst als die technischen Verfahren zur Herstellung von Zucker bzw. Alkohol aus Holz in den letzten 10 Jahren große Fortschritte machten und damit Kohlenhydratquellen von großer Ergiebigkeit erschlossen worden waren, kam man im Interesse der deutschen Nahrungsfreiheit — diesmal unter Verwendung von Holzzucker statt Melasse — wieder auf das Futterhefenproblem zurück.

In unseren früheren Veröffentlichungen³⁾ haben wir gezeigt, daß die biologische Eiweißsynthese durch Züchtung von *Torula utilis* in Holzzuckerlösungen, denen nur anorganische Salze zur Hefeernährung zugesetzt waren, möglich ist. Insbesondere erwies sich jeder Zusatz von organischen Stickstoffquellen, wie er einerseits in der modernen Preßhefeindustrie in Form von Malzkeimauszügen, Hefeautolysaten, Aufschlüssen von Sojabohnen- und Erdnußkuchenmehl üblich ist und wie er andererseits bei der Futterheferzeugung im Kriege schon durch die Verwendung von Melasse gegeben war, als überflüssig. Trotzdem waren die Ausbeuten an Hefezellsubstanz bzw. an Hefeeiweiß sehr hoch und konnten auch in monatelanger Dauerzüchtung ohne Verwendung neuer Stellhefe praktisch auf gleicher Höhe gehalten werden.

Auf 100 kg reduzierenden Zucker erhielten wir bis zu 43 kg Hefetrockensubstanz, wobei die erzeugte Hefe sich durch recht hohen Eiweißgehalt von durchschnittlich 57—60% Eiweiß — genauer gesagt Rohprotein —, bezogen auf Hefetrockensubstanz, auszeichnete. Demnach würden aus 100 kg Holztrockensubstanz, die nach dem *Scholler-Tornesch*-Verfahren i. allg. 50—55 kg reduzierenden Zucker, entsprechend etwa 40—43 kg⁴⁾ vergärbarem Zucker, liefern, im Durchschnitt 20 kg Hefetrockensubstanz bzw. 11,8 kg Hefeeiweiß zu gewinnen sein, und wenn man die von *Bergius* für sein Verzuckerungsverfahren angegebenen Ausbeutezahlen zugrunde legt, könnte man aus 100 kg Holztrockensubstanz etwa 25 kg Hefetrockensubstanz bzw. 14,5 kg Hefeeiweiß erhalten. Diese Ausbeuten konnten in zahlreichen Versuchen in technischem

Maße nicht nur erreicht, sondern in neueren Versuchen⁵⁾ sogar noch erheblich gesteigert werden, so daß wir die praktisch möglichen Ausbeuten nach *H. Claassen*⁶⁾ erreichten.

Als verantwortlich für dieses Ergebnis betrachten wir einerseits die allmähliche Anpassung der *Torula*hefe an das neue Nährsubstrat mit den nur anorganischen Salzzusätzen und andererseits die Art der Sauerstoffzufuhr durch keramische Feinstbelüftung. Vom biologischen Standpunkt aus fielen die mühelose Reinerhaltung unserer unter technischen Bedingungen geführten Kulturen und die große Haltbarkeit der geernteten Hefe von 4—5 Wochen auf. In 45 Züchtungen konnten trotz strengster Kontrolle mit Forcierproben keinerlei Infektionen beobachtet werden. Es liegt also auch hier wieder ein typisches Beispiel für die natürliche Reinzucht vor.

Es hatten sich somit Holzzucker nach *Scholler* und — wie vergleichende Versuche ergeben haben — Holzzucker nach *Bergius* als durchaus brauchbare Substrate für die „sonst anorganische Hefezüchtung“ nach unserem Verfahren erwiesen. Beide Zuckerarten als Ausgangsmaterial für die biologische Eiweißsynthese im großen sind aber zurzeit in Deutschland nur in geringen Mengen zu haben, da die bestehenden Werke bisher noch vorwiegend den Charakter von Versuchsanlagen haben. Auch der Preis für das so gewonnene Kohlenhydrat dürfte wenigstens für die nächste Zeit immer noch verhältnismäßig hoch sein.

Wir haben uns deshalb nach billigeren und sofort in größerem Umfange verfügbaren Rohmaterialien für die biologische Eiweißsynthese umgesehen und haben die **Ablaugen der Zellstoffabriken** und die Abwässer der Holzschleifereien auf ihre Eignung für diesen Zweck geprüft.

Die Sulfitablaugen enthalten etwa 2—2,5% vergärbare Kohlenhydrate. Daneben sind noch erhebliche Mengen an Ligninsulfonsäure, Pentosen usw. enthalten, die zusammen mit dem vergärbaren Zucker 80—120 g feste Bestandteile pro Liter ausmachen können. In bezug auf den durchschnittlichen Gehalt an vergärbarem Zucker kann man die Sulfitablauge, ohne einen großen Fehler zu machen, etwa den Würzen nach dem *Scholler-Tornesch*-Verfahren gleichsetzen.

Die vergärbaren Kohlenhydrate der Sulfitablaugen können bekanntlich mit speziellen Hefen vergoren und daraus der Alkohol durch Destillation gewonnen werden. Um glatte Vergärung zu erreichen, muß die schweflige Säure teils durch Neutralisation, teils durch Durchblasen von Luft zuvor entfernt werden. Man erhält dann auf einen Raummeter Ablauge ungefähr 10 l Alkohol. Auf diesem Wege sind in Deutschland von Jahr zu Jahr steigende Mengen von Sulfitablaugen auf Alkohol verarbeitet worden. Nach den Angaben der Reichsmonopolverwaltung betrug die Produktion an Laugenspirit in den Jahren 1933/34 456 515 hl 100%ig. Alkohol aus 507 2385 m³ Ablauge.

⁵⁾ Veröffentlichung erfolgt demnächst in der *Z. Spiritusind.*

⁶⁾ Die Angaben über die möglichen Höchstausbeuten sind verschieden. *H. Claassen* gibt 54,7 kg (*Z. Spiritusind.* **57**, 159 [1934]) bzw. 55—56 kg Hefetrockensubstanz (*Chemiker-Ztg.* **57**, 651 [1933]) aus 100 kg vergärbarem Zucker an. In einer späteren Veröffentlichung (*Z. Ver. dtsh. Zuckerind. Techn. T.* **85**, 32 [1935]) nennt er nur 47,5 kg Hefetrockensubstanz als praktische Höchstausbeute. Da auf die Frage der möglichen Höchstausbeuten hier nicht näher eingegangen werden kann, sei auf die diesbezügliche Veröffentlichung von *R. Lechner* verwiesen, die demnächst in der *Z. Spiritusind.* erscheint.

¹⁾ Gärungsphysiologisches Praktikum. Berlin, P. Parey, 1909

²⁾ *Z. Spiritusind.* **38**, 121, 137, 161, 235 u. f. [1915].

³⁾ *Biochem. Z.* **278**, 23, **283**, 71 [1935], **286**, 83 [1936].

⁴⁾ Vgl. *H. Scholler*, Die Zellstoffaser Nr. 5 [1935].

In Finnland stellt man in größerem Maßstabe Bäckerhefe (Preßhefe) aus Sulfitalblauge, bes. nach dem Verfahren von *Heijenskjöld*, her. Dabei sollen allerdings recht erhebliche Zusätze von organischem Stickstoff notwendig sein.

Wir waren uns von vornherein klar darüber, daß die Sulfitalblauge in Anbetracht der vielen hefefremden Ballaststoffe noch weniger als der Holzzucker ein ideales Ausgangsmaterial für die Futterheferzeugung darstellt, besonders dann, wenn man auch hier wieder streng anorganisch in bezug auf die Stickstoffernährung arbeiten wollte, wie das für unsere deutschen Verhältnisse im Interesse der Nahrungsfreiheit anzustreben ist.

Auch diese Aufgabe ist von uns gelöst worden, wie aus den unten angeführten Tabellen zu ersehen ist, die über eine Dauerzüchtung von 5 Führungen Aufschluß geben. Verwendet wurde Sulfitalblauge von den Zellstoffwerken Mannheim-Waldhof mit 2,56% vergärbarem und 3,9% reduzierendem Zucker. Der Gesamtstickstoffgehalt der Ablauge betrug 110 mg/l. Die Stellhefe war wieder sorgfältig angepaßte Torulahefe, die schon etwa $\frac{1}{2}$ Jahr in Holzzuckerlösung vorgezüchtet worden war.

Besonders hervorzuheben ist, daß auch hier wieder jeglicher Zusatz von organischem Stickstoff wie Malzkeimauszüge usw. unterlassen worden ist, lediglich Ammoniak bzw. Ammoniumsulfat standen der Hefe zum Aufbau ihrer Leibessubstanz an Stickstoffquellen zur Verfügung. Es handelte sich also wieder um Mineralhefe im vollsten Sinne des Wortes.

Versuchsanstellung.

Es wurde das in der Preßhefeindustrie übliche Zulaufverfahren angewandt. Als Gärgefäß diente ein zylindrischer Stutzen von etwa 8 l Inhalt. Der Lüftungskörper bestand aus einem Aggregat von gebrannten Steinen, die eine sehr feine Belüftung gewährleisteten.

Die Sulfitalblauge wurde in der bei der Sulfitspiritusherstellung üblichen Weise behandelt. Die heiße Lauge wurde unter Lüften mit Ätzkalk und Kreide neutralisiert und filtriert; darin wurden die Nährsalze — Diaminonphosphat, Ammoniumsulfat, Magnesiumsulfat und Kaliumsulfat — gelöst. Einen Teil des anorganischen Stickstoffs haben wir während der Gärung in Form einer verdünnten Ammoniaklösung zugefügt. Etwa ein Zehntel der gesamten Ablauge wurde zu Beginn im Gärgefäß vorgelegt und die Stellhefe als Aufschlammung zugesetzt und gelüftet. Dann wurde innerhalb von etwa 6—7 h die Hauptmenge der Nährlösung zugegeben und noch 1 h nachgelüftet. Die Gesamtdauer einer Züchtung betrug also insgesamt etwa 8 h. Durch Zugabe von verdünnter Ammoniak- und Natriumcarbonatlösung während der Züchtung wurde die frei werdende Säure abgestumpft. Die gärende Würze wurde bei schwach saurer Reaktion gehalten. Die Temperatur schwankte zwischen 28 und 30°.

Nach Beendigung der Gärung wurde das Volumen der Hefesuspension im Gärgefäß ermittelt.

Genau 1 l der Hefesuspension wurde beiseite genommen und zentrifugiert, der Bodensatz der Zentrifugengläser in Wasser aufgeschlämmt, quantitativ auf eine Nutsche gebracht, abgesaugt und nach Feststellung des Gewichts der abgepressten

Hefe sofort die Trockensubstanz- und Stickstoffbestimmung der Hefe angesetzt. Ein Teil der bleibenden Hefe diente jeweils als Stellhefe für die nächste Führung und wurde im Eisschrank aufbewahrt. In der Stellhefe wurden vor Verwendung zur nächsten Gärung nochmals die Trockensubstanz und der Eiweißgehalt ermittelt.

Analytisches.

Der Gehalt der Würze an reduzierendem Zucker wurde maßanalytisch nach *Kjeldahl-Bertrand* bestimmt und als Glucose berechnet. — Zur Trockensubstanzbestimmung in der Hefe wurde etwa 1 g Hefe in einem Wägegläschen in ganz dünner Schicht verteilt und 4 bis 5 h bei 105° getrocknet und vor und nach der Trocknung genau gewogen. — Zur Stickstoffbestimmung wurde eine Menge von etwa 2 g der feuchten Hefe genau abgewogen, mit 1 g Kupfersulfat und 5 g Kaliumsulfat und 40 cm³ konz. Schwefelsäure aufgeschlossen und das Ammoniak wie üblich bestimmt.

Die Bestimmung des zu Alkohol vergärbaren Zuckers — im folgenden kurz als „alkoholvergärbbarer“ Zucker bezeichnet — in der Sulfitalblauge wurde nach folgender Vorschrift ausgeführt:

Die rohe Ablauge wurde unter Lüften mit Kreide und Ätzkalk neutralisiert und filtriert. Von der so behandelten Würze wurden 500 cm³ zu einem Gäransatz verwendet.

Nach Zugabe von 0,5 g KH₂PO₄, 10 cm³ Malzkeimauszug — hergestellt durch Erwärmen der Malzkeime mit Wasser (20 g auf 500 cm³) auf 75° und nachfolgendes Filtrieren — und 5 g abgepresster Bäcker- oder Brennerhefe wurde während 3 Tage bei 32,5° vergoren. Nach Beendigung der Gärung wurde der Alkohol von der vergorenen Würze abdestilliert, das saure Destillat durch Zufügen von Kaliumhydroxyd alkalisch gemacht und nochmals destilliert und in diesem zweiten Destillat der Alkohol pyknometrisch bestimmt. Der dem gefundenen Alkohol entsprechende vergorene Zucker wird zunächst nach der *Gay-Lussacschen* Gärungsgleichung ($C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CO_2 + 2C_2H_5OH$) errechnet. Dieser sog. alkoholvergärbare Zucker, in Hundertteilen des angewandten reduzierenden Zuckers ausgedrückt, wird als „Alkoholvergärungsgrad“ der Würze bezeichnet.

Der auf diese Weise ermittelte alkoholvergärbare Zucker gibt aber nicht den vor der Gärung tatsächlich vorhandenen gewesenen vergärbaren Zucker an, sondern weniger. Wenn man nämlich 100 g reinsten Traubenzucker bzw. Rohrzucker in der oben beschriebenen Weise vergärt, so erhält man nur die 87 bis 88 g Traubenzucker bzw. Rohrzucker theoretisch entsprechende Menge Alkohol. Es werden im obigen Ansatz also 12 bis 13% des angewandten Zuckers anderweitig umgesetzt.

Um den in der Holzzuckerwürze vor der Vergärung tatsächlich vorhanden gewesenen vergärbaren Zucker näherungsweise zu ermitteln, haben wir die dem gefundenen Alkohol entsprechende Zuckermenge mit dem Faktor 1/0,88 multipliziert.

Ausbeuteberechnung.

In Sulfitalblaugen sind ebenso wie in Holzzuckerlösungen die Verhältnisse in bezug auf Zuckerarten und Zusammensetzung etwas verwickelt.

Bei der Bestimmung des reduzierenden Zuckers werden alle reduzierenden Stoffe, sowohl die Zucker- als auch die reduzierenden Nichtzuckerstoffe, erfaßt. Die in der Würze enthaltenen Pentosen werden als Glucose berechnet. Die an-

Tabelle 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Nr.	g angewandter Zucker			Konzentrat. an vergärb. Zucker i. Gesamtansatz i. %	Zuwachs an Hefetrockensubst. g	Eiweißgehalt in der Hefetrockensubstanz %	g Ausbeute an Hefetrockensubstanz bezogen auf			Zuwachs an Eiweiß g	Ausbeute an Eiweiß in g, bezogen auf		
	reduzierender	vergärbbarer	Redukt.-differenz				reduzierenden Zucker	vergärbaren Zucker	Redukt.-differenz		reduzierenden Zucker	vergärbaren Zucker	Redukt.-differenz
1	117,6	76,9	75,7	1,8	35,80	—	30,4	46,6	47,3	—	—	—	—
2	116,4	76,0	71,4	1,8	34,60	51,9	29,7	45,5	48,5	17,95	15,4	23,6	25,2
3	114,6	74,9	73,6	1,85	38,30	53,7	33,4	51,1	52,0	20,57	17,9	27,4	27,9
4	108,9	71,1	69,5	1,95	39,32	53,5	36,1	55,2	56,5	21,02	19,3	29,6	30,2
5	110,3	72,0	76,6	2,1	42,32	53,5	38,3	58,7	55,1	22,62	20,5	31,4	29,5
Mittelwerte	—	—	—	—	—	—	33,6	51,4	51,9	—	18,3	28,0	28,2

geführten Punkte zeigen deutlich die Schwierigkeiten, die einer einwandfreien Erfassung des Zuckers entgegenstehen. Bei Verwendung ein und derselben Ablauge kann jedoch der reduzierende Zucker ohne weiteres als Maßstab dienen.

Um den tatsächlich vorliegenden vergärbaren Zucker zu erfassen, multiplizieren wir auch hier den für den alkoholvergärbaren Zucker gefundenen Wert mit dem Faktor 1/0,88 und bezeichnen diesen korrigierten Wert nun als „vergärbaren“ Zucker. Es ist also: Vergärbarer Zucker = alkoholvergärbarer Zucker \times 1/0,88.

Bei der Bestimmung des reduzierenden Zuckers vor und nach der Alkoholvergärung oder vor und nach der Hefezüchtung gibt die Differenz die Menge des verschwundenen reduzierenden Zuckers an und wird als Reduktionsdifferenz bezeichnet. Dafür gelten natürlich dieselben Einwände, die oben bei der Bestimmung des reduzierenden Zuckers schon angeführt wurden. Bei der Gärung werden außerdem geringe Mengen Aldehyde und andere Verbindungen gebildet, die ebenfalls reduzieren, doch ist bekanntlich die Reduktion *Fehlingscher* Lösung am Ende eines Gärversuchs mit reinen Zuckerlösungen praktisch gleich Null.

Wir beziehen unsere Ausbeuteberechnung deshalb auf reduzierenden Zucker, auf vergärbaren Zucker und auf die Reduktionsdifferenz, ermittelt aus dem Reduktionswert vor und nach der Hefezüchtung (Tabelle).

Zur größeren Anschaulichkeit sind die wesentlichsten Zahlen aus der Ausbeutetabelle nochmals zusammengestellt:

Aus 100 g vergärbarem Zucker wurden erhalten:

	Hefetrocken- substanz in g	Eiweiß- gehalt in %	Eiweiß trocken- substanz in g
1. Führung ..	46,6	—	—
2. Führung ..	45,5	51,9	23,6
3. Führung ..	51,1	53,7	27,4
4. Führung ..	55,2	53,5	29,6
5. Führung ..	58,7	53,5	31,4
Mittelwert ...	51,4	—	28,0

Die Ausbeuten an Hefetrockensubstanz liegen zwischen 50 und 60 %, im Mittel bis 51,4 %, auf vergärbaren Zucker bezogen, und sind damit etwas höher als bei unseren früher beschriebenen Versuchen mit *Scholler-Zucker*. Die Eiweißausbeuten, im Mittel 28,0 %, bewegen sich jedoch auf derselben Höhe, die bei den Holzzucker Versuchen erreicht wurde. Es wurde also bei den vorliegenden Versuchen mit Sulfitablauge wohl eine höhere Hefeaussbeute erhalten, dafür lag aber der Eiweißgehalt der Hefen niedriger, bei 50–55 %, während bei den Holzzuckerhefen immer 55–60 % Eiweißgehalt in der Trockensubstanz erzielt wurden. Auf die Reduktionsdifferenz bezogen, liegen die Ausbeuten durchschnittlich etwas höher, während die auf reduzierenden Zucker bezogenen Ausbeuten bedeutend niedrigere Werte liefern.

Das Ansteigen der Ausbeute von Züchtung zu Züchtung spricht für fortschreitende Anpassung der Hefe an das neue Substrat. Vermutlich werden zunehmende Mengen von Stoffen assimiliert, die nicht als „vergärbarer Zucker“ analytisch erfaßt werden. Die Aschegehalte der Hefen waren stets normal. Anorganische Ballaststoffe, bedingt etwa durch das Auftreten von Fällungen, kommen somit nicht in Frage.

Schlußfolgerung.

Durch diese Versuche ist somit zum ersten Male gezeigt, daß auch mit Sulfitablaugen die Futterhefenerzeugung in Dauerzüchtung ohne jeglichen Zusatz von organischem Stickstoff, also nur mit Ammoniak als Stickstoffquelle, möglich ist, wobei die vergärbaren Kohlenhydrate nach den heute geltenden Auffassungen ausgezeichnet ausgenutzt werden.

Da in den deutschen Zellstoffwerken etwa 5 Millionen Raummeter Sulfitablauge anfallen, könnten — nachdem der technische Weg gefunden ist — auf diese Weise nach Berechnungen, die wir auf Grund unserer Versuche an-

gestellt haben, etwa 200 000 t abgepreßte Futterhefe⁷⁾ mit etwa 50 000 t Hefetrockensubstanz, entsprechend etwa 26 400 t Hefeeiweiß pro Jahr, erzielt werden. Es würde aber zunächst genügen, wenn die Mengen an Sulfitablauge erfaßt werden, die zurzeit noch nicht auf Alkohol vergoren werden. Bei der von Jahr zu Jahr ansteigenden Produktion an Zellstoff und dem damit gleichzeitig steigenden Anfall an Sulfitablauge ist diese Möglichkeit auf alle Fälle ernstlich im Auge zu behalten.

Je nach der deutschen Wirtschaftslage und nach dem jeweiligen Stand einerseits des Treibstoffhaushalts und andererseits des noch schwierigeren Futtereiweißhaushalts könnte auch daran gedacht werden, eine Umstellung vorzunehmen etwa derart, daß man die abfallende Sulfitablauge nicht wie bisher ganz oder teilweise auf Spiritus verarbeitet, sondern auf Futterhefe, eine Alternative, an der allerdings die Reichsmonopolverwaltung vermutlich wenig Freude haben dürfte, da sie den Laugenspiritus notwendig zur Bewältigung und Verbilligung ihres Kontingents an Treibstoffspiritus benötigt.

Aber es könnte auch durchaus beides nebeneinander bestehen, die bisherige Laugenbrennerei und eine vielleicht dazukommende Futterhefenerzeugung, und zwar auf folgender Grundlage: In unseren Sulfitzellstoffwerken mit angeschlossener Laugenbrennerei wird heute i. allg. nur die unverdünnte Kochlauge, höchstens noch das erste Waschwasser, vergoren und abgebrannt. Bei den weiteren Waschwässern, die noch weniger vergärbaren Zucker enthalten als die Kochlauge, würde sich der Abbrand wohl kaum mehr lohnen, da der Wärmeverbrauch bei der Destillation zu teuer wäre. Gerade für diese (verdünnten) Waschwässer, die u. W. bisher fast durchweg noch in den Kanal laufen, käme — gegebenenfalls nach Verschneiden mit höherprozentiger Sulfitablauge oder nach Verstärken mit vergärbarem Zucker anderer Herkunft, z. B. *Bergius-Zucker* — eine Verarbeitung auf Futtereiweiß in Frage, denn bei der Futterhefeproduktion würde die niedrige Zuckerkonzentration weniger ins Gewicht fallen und vom wirtschaftlichen Standpunkt aus eher tragbar sein.

Da man annehmen darf, daß nur etwa die Hälfte der Sulfitablauge erfaßt wird und die andere Hälfte in der Zellstoffmasse verbleibt und erst bei deren Waschen entfernt wird und mit den Waschwässern verlorengeht, könnten nach obigen Berechnungen weitere 25 000 t Futterhefe pro Jahr gewonnen werden, wenn es gelänge, nur die Hälfte dieser Verluste zu verhindern.

Weiterhin haben wir uns die Frage gestellt, ob der in den Abwässern der Holzschleifereien enthaltene Zucker für die Futterhefenerzeugung verwertbar gemacht werden könnte. In diesen Abwässern ist aber entschieden zu wenig Kohlenhydrat enthalten, nämlich in einem besonderen Fall — Holzschliffwasser von der Feldmühle A.-G., Werk Odermünde — fanden wir nur etwa 150 g reduzierenden Zucker im Raummeter, so daß eine Verwertung kaum in Frage kommen dürfte. Auch der Gesamtstickstoff war mit 15 g im Raummeter minimal. Der mit Äther ausziehbare Anteil, hauptsächlich aus Harzen bestehend, beträgt nach unseren vorläufigen Untersuchungen 110 g im Raummeter.

Die bei der Herstellung von Braunschiff anfallenden Kondensate weisen wahrscheinlich einen höheren Zucker-gehalt auf. Untersuchungen darüber sind noch im Gange.

[A. 99.]

⁷⁾ Zum Vergleich sei erwähnt, daß die gegenwärtige Gesamtproduktion der deutschen Preßhefeindustrie von *Weiß* (Brennerei-Z. 53, 110, [1936]) mit 55 000 t angegeben wird. Aus den deutschen Sulfitablaugen könnte somit die vierfache Menge an Hefe gewonnen werden. Im Vergleich zu der Erzeugung an Bierhefe in Deutschland, die in den Brauereien abfällt, würden obige 200 000 t etwa das Zehnfache betragen.