

Beiträge zur Biochemie der Mikroorganismen.

Von

Hartwig Franzen.

IX. Mitteilung.¹⁾

Über den Nährwert verschiedener Zuckerarten
und Aminosäuren für *Bacillus prodigiosus*.

Von

Hartwig Franzen und F. Egger.

Mit acht Kurvenzeichnungen im Text.

(Mitteilung aus dem chemischen Institut der Universität Heidelberg.)

(Der Redaktion zugegangen am 3. März 1914.)

Der Nährwert verschiedener chemischer Individuen für Schimmelpilze, welche als Objekte für die meisten derartigen Untersuchungen gedient haben, wird wohl fast immer in der Weise bestimmt, daß man in eine Nährlösung von ganz bestimmter Zusammensetzung etwas des Schimmelpilzes einsät und nach einer bestimmten Zeit das Gewicht des Pilzmycels bestimmt. Wird nun in dieser Nährlösung eine der Komponenten durch eine andere ersetzt, z. B. Glukose durch eine organische Säure, mit dem Schimmelpilz besät und nach derselben bestimmten Zeit das Gewicht des Mycels ermittelt, so ist die Differenz der beiden Gewichte ein exaktes Maß für den Unterschied in dem Nährwert der beiden Substanzen, der Glukose und der organischen Säure. In ähnlicher Weise läßt sich die Bestimmung des Nährwertes verschiedener Substanzen für Hefen durchführen, auch hier kann man die Zunahme des Gewichtes ermitteln. Schwieriger ist die Durchführung solcher Untersuchungen mit Bakterien; hier dürfte es wohl nur in den seltensten Fällen gelingen, die in der Kulturflüssigkeit zur Entwicklung gelangten Bakterienmassen quantitativ abzufiltrieren. Wenn sich diese Methode auch in einigen Fällen vielleicht

¹⁾ 8. Mitteilung. Diese Zeitschrift, Bd. 88 (1913), S. 73.

bequem durchführen läßt, so können doch bestimmte Fehler, die das Resultat in ganz erheblicher Weise fälschen, nicht vermieden werden. Derartige Untersuchungen werden wohl immer mit künstlichen Nährböden vorgenommen; nun läßt sich aber bei der Herstellung solcher Nährlösungen niemals die Bildung erheblicher Niederschläge vermeiden; beim Abfiltrieren der Bakterienleiber werden auch die Niederschläge mit auf das Filter gelangen und ein viel zu hohes Gewicht bedingen. Man könnte nun daran denken, in der Weise zu verfahren, daß man in einem besonderen Versuch die Menge dieses Niederschlages bestimmt, sein Gewicht von dem Gesamtgewicht abzieht und so das wahre Gewicht der Bakterienmasse erhält. Aber auch dieses Verfahren ist nicht zulässig, da während der Entwicklung der Bakterien ein Teil oder unter Umständen auch der ganze Niederschlag gelöst wird; auch scheiden sich während der Entwicklung der Bakterien wieder wasserunlösliche Körper ab, welche das Resultat ebenfalls fälschen; man wird auf diese Weise niemals einwandfreie Resultate erzielen. Ferner könnte man daran denken, den gesamten Niederschlag abzufiltrieren und seinen Stickstoffgehalt zu bestimmen, um aus ihm die Zunahme der Bakterienmenge zu berechnen; aber auch diese Methode ist nicht zulässig, weil sich in Bakterienkulturen vielfach das in Wasser sehr schwer lösliche Ammoniummagnesiumphosphat abscheidet; bei der Stickstoffbestimmung würde sein Stickstoffgehalt ebenfalls mitbestimmt und dadurch eine größere Menge Bakterienleiber vorgetäuscht werden, als tatsächlich vorhanden ist. Man hat sich bei derartigen Untersuchungen mit Bakterien meistens auf Schätzungen der Wachstumserscheinungen beschränkt; aber man wird zugeben müssen, daß eine derartige Schätzung eine sehr unsichere Sache ist, denn der eine Beobachter wird als üppiges Wachstum ansehen, was dem anderen nur als gutes Wachstum erscheint. Auf diese Weise kann man jedenfalls nicht zu exakten vergleichbaren Zahlen kommen.

Wenn es auch gelingen sollte, eine Methode zu finden, um die Menge der Bakterienleiber in einer Kulturflüssigkeit völlig exakt zu bestimmen, so wird man in der Zunahme des

Gewichtes doch nur ein Maß für eine bestimmte Lebensfunktion der Bakterien, für die Wachstumsenergie, haben; über die anderen Funktionen sagt die Zunahme der Körpersubstanz von vornherein nichts aus. Es läßt sich nun sehr wohl vorstellen, daß, wenn das Körpergewicht der Bakterien in einer bestimmten Nährlösung in ganz beträchtlicher Weise zunimmt, eine andere Lebensfunktion, z. B. die Bildung irgend einer chemischen Substanz unter diesen Umständen nur von ganz untergeordneter Bedeutung ist. Umgekehrt kann bei einer veränderten Zusammensetzung der Nährlösung die Vermehrung der Körpersubstanz von untergeordneter Bedeutung sein, während die Bildung der betreffenden chemischen Substanz erheblich größer geworden ist. Die Bildung von Körpersubstanz braucht nicht mit der Bildung irgendwelcher chemischer Substanzen Hand in Hand zu gehen. So wissen wir, daß Hefe, wenn sie bei beschränktem Luftzutritt wächst, viel mehr Alkohol zu bilden vermag, als bei reichlichem Luftzutritt, während in letzterem Falle eine sehr reichliche Vermehrung eintritt und die Alkoholproduktion zurückgeht; Sauerstoffmangel veranlaßt eine reichliche Alkoholbildung, während Sauerstoffüberschuß eine reichliche Bildung von Körpersubstanz hervorruft. Die Bildung von Körpersubstanz geht also durchaus nicht unter allen Umständen mit der Bildung von Alkohol Hand in Hand und es ist deshalb die in der Zeiteinheit gebildete Menge Körpersubstanz kein Maß für die Menge des entstandenen Alkohols und umgekehrt. Es ist aus diesem Grunde unzulässig zu sagen, sauerstoffreiche Nährmedien sind ein guter Nährboden für Hefen und sauerstoffarme ein schlechterer, sondern man muß sagen, sauerstoffarme Medien sind für eine bestimmte Lebensfunktion der Hefe, die Alkoholproduktion, ein guter und sauerstoffreiche ein schlechterer Nährboden und umgekehrt, sauerstoffreiche Medien sind für eine andere Lebensfunktion, die Vermehrung, ein guter und sauerstoffarme ein schlechterer Nährboden. Noch ein weiteres Beispiel. *Bacillus prodigiosus* vergärt in der Nährlösung 1 3,52% Ameisensäure, während unter sonst gleichen Bedingungen in Nährlösung 2 7,92% Ameisensäure gebildet werden; in bezug auf Ameisensäurevergärung ist also Nähr-

lösung 1 die bessere und in bezug auf Ameisensäurebildung die Nährlösung 2.

Man muß bei vergleichenden Bestimmungen des Nährwertes verschiedener Substanzen die Angaben auf eine bestimmte Funktion des zu untersuchenden Organismus beziehen: diese Funktionen können in bestimmter Beziehung zu einander stehen, es ist aber nicht notwendig.

Wir haben nun, ausgehend von diesen Überlegungen, den Einfluß verschiedener Zuckerarten und Aminosäuren auf die Bildung und Vergärung der Ameisensäure durch *Bacillus prodigiosus* bei 27° untersucht.

Nimmt man einen künstlichen Nährboden, welcher aus den notwendigen anorganischen Kationen und Anionen K, Ca, Mg, Fe, SO₄, PO₄, Cl und einer organischen Kohlenstoffquelle, z. B. Glukose, und einer organischen Stickstoffquelle, z. B. Asparagin, in einer ganz bestimmten Konzentration zusammengesetzt ist, besät diesen mit einem bestimmten Bakterium und läßt bei einer bestimmten Temperatur stehen, so wird man eine bestimmte Geschwindigkeit der Ameisensäurebildung und Vergärung beobachten können. Ersetzt man nun eine Komponente durch eine andere, z. B. die Glukose durch Galaktose, so wird man, wenn sonst die Bedingungen gleich sind, eine Änderung der Vergärungsgeschwindigkeit beobachten; die Differenz dieser beiden Reaktionsgeschwindigkeiten ist ein exaktes Maß des Einflusses, welchen die Veränderung der einen Komponente auf die Vergärung der Ameisensäure ausübt.

Bei diesen Untersuchungen war aber noch auf einen Punkt besonders zu achten. In den vorhergehenden Arbeiten konnte gezeigt werden, daß der physiologische Zustand eines Bakteriums sich in verhältnismäßig ganz kurzer Zeit bedeutend ändern kann. Bei vergleichenden Untersuchungen über den Nährwert ist es aber notwendig, daß die sämtlichen Faktoren, welche einen Einfluß auf die Vergärungsgeschwindigkeit haben, also auch der physiologische Zustand der Bakterien, immer die gleichen bleiben. Um die beobachteten Schwankungen des physiologischen Zustandes nun auszuschalten, wurde jedesmal, wenn ein Versuch mit einem anderen Zucker oder einer anderen Aminosäure an-

gesetzt wurde, auch ein Versuch mit einer Nährlösung, deren Zusammensetzung jedesmal dieselbe blieb, ausgeführt und die erhaltenen Resultate verglichen; so konnte der Einfluß der Veränderung des physiologischen Zustandes eliminiert werden.

Die Vergleichsnährlösung war dieselbe, wie sie auch schon bei den früheren Versuchen benutzt wurde; sie enthielt in einem Liter

80 MM	12,0077 g	Asparagin $C_4H_8O_3N_2 + H_2O$
30 »	5,4072 »	Glukose $C_6H_{12}O_6$
10 »	1,3617 »	Kaliumphosphat KH_2PO_4
20 »	2,1220 »	Natriumcarbonat Na_2CO_3
1 »	0,2465 »	Magnesiumsulfat $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$
1 »	0,2191 »	Calciumchlorid $CaCl_2 \cdot 6 H_2O$
$\frac{1}{100}$ »	0,00278 »	Ferrosulfat $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$

In dieser Nährlösung wurde dann nacheinander die Glukose durch Fruktose, Rohrzucker, Galaktose, Lactose und Maltose und das Asparagin durch Glykokoll und Alanin ersetzt. Galaktose und Fruktose wurden in gleicher Menge wie die Glukose, also 30 MM abgewogen. Von den Disacchariden, Rohrzucker, Lactose und Maltose, wurden, um eine gleiche Zuckerkonzentration zu behalten, nicht ebenfalls 30 MM, sondern eine ihren beiden Komponenten entsprechende Menge, also ebenfalls 5,4027 g abgewogen. Ebenso wurde, um die Stickstoffmenge in der Nährlösung konstant zu erhalten, nicht 80 MM Glykokoll und Alanin verwendet, sondern die doppelten Mengen. Es kamen also für die einzelnen Versuche pro Liter Nährflüssigkeit zur Anwendung:

15 MM	5,4027 g	Rohrzucker + H_2O
15 »	5,4027 »	Lactose + H_2O
15 »	5,4027 »	Maltose + H_2O
160 »	12,0077 »	Glykokoll
160 »	14,2501 »	Alanin.

Jede der Nährlösungen enthielt außerdem noch pro Liter 100 MM Ameisensäure als Natriumsalz. Die Nährlösung kam in Mengen von 100 ccm in den von Hartwig Franzen¹⁾ angegebenen Kolben zur Anwendung; geimpft wurden sie nach

¹⁾ Centralblatt f. Bakteriologie u. Parasitenkunde, II, Bd. 30 (1911), S. 232.

der früher beschriebenen Methode; die Versuchstemperatur war in allen Fällen 27°. Nach einer bestimmten Zeit wurden die Kolben aus dem Thermostaten genommen und die Ameisensäure in der früher geschilderten Weise bestimmt. Die Mengen der gebildeten und vergorenen Ameisensäure wurden des besseren Vergleichs wegen wieder in Prozenten der ursprünglich vorhandenen Menge und auch in absoluten Werten, ausgedrückt in $\frac{1}{10}$ mg, angegeben. Auch wurden die Wachstumserscheinungen jedesmal genau beobachtet, um zu sehen, ob mit einer Veränderung des Gärungsvermögens auch eine Änderung der ersteren eintrat. Des besseren Vergleichs wegen wurden die erhaltenen Werte auch noch graphisch dargestellt; auf die Ordinate wurde die Menge der gebildeten und vergorenen Ameisensäure in Prozenten und auf die Abszisse die Zeit in Tagen aufgetragen.

Glukose. — Fruktose.

Tabelle 1. — Glukose.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	1	5,0155	0,4902	106,51	+ 0,0300	+ 6,51
2	3	4,5889	0,4488	97,44	— 0,0118	— 2,56
3	5	4,2276	0,4132	89,77	— 0,0470	— 10,23
4	7	3,9017	0,3813	82,86	— 0,0789	— 17,14
5	9	3,6085	0,3527	76,63	— 0,1075	— 23,37

Tabelle 2. — Glukose.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	2	5,0350	0,4921	106,92	+ 0,0319	+ 6,92
2	4	4,6027	0,4498	97,74	— 0,0104	— 2,26
3	6	4,2438	0,4147	90,12	— 0,0455	— 9,88
4	8	3,9155	0,3826	83,15	— 0,0776	— 16,85
5	10	3,6074	0,3526	76,61	— 0,1076	— 23,39

- I. Tag. Alle Kolben gleichmäßig getrübt mit leicht opaleszierenden Häutchen.
- II. Tag. Alle Kolben gleichmäßig etwas stärker getrübt.
- III. Tag. Alle Kolben gleichmäßig leicht rötlich gefärbt, sehr stark trüb.
- IV. Tag. Alle Kolben gleichmäßig noch stärker trüb, leichte schaumige Haut an der Oberfläche, erst nach dem Sterilisieren von Nr. 3 und 4 zu unterscheiden.
- V. Tag. Alle Kolben gleichmäßig bräunlichgelb gefärbt, mit leichtem Schaum an der Oberfläche.

Mittlere Tabelle.

Relative Werte:	Absolute Werte:
+ 6,72	+ 310
— 2,41	— 111
— 10,07	— 462
— 17,00	— 782
— 23,38	— 1076

Abweichungen der einzelnen Tabellen
von der mittleren Tabelle.

1	2	1	2
— 0,21	+ 0,2	— 10	+ 9
+ 0,15	— 0,15	+ 7	— 7
+ 0,16	— 0,19	+ 8	— 7
+ 0,14	— 0,15	+ 7	— 6
— 0,01	+ 0,01	— 1	+ 0

Menge der während der einzelnen Tage
vergorenen Ameisensäure,
berechnet aus den mittleren Tabellen.

+ 6,72	+ 310
— 9,13	— 421
— 7,66	— 351
— 6,93	— 320
— 6,38	— 294

Tabelle 3. — Fruktose.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	11	5,0315	0,4917	106,85	+0,0315	+ 6,85
2	13	4,6012	0,4496	97,71	-0,0106	- 2,29
3	15	4,1972	0,4102	89,13	- 0,0500	-10,87
4	17	3,9241	0,3835	83,33	-0,0767	-16,67
5	19	3,6962	0,3612	78,49	-0,0990	-21,51

Tabelle 4. — Fruktose.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	12	5,0149	0,4901	106,50	+0,0299	+ 6,50
2	14	4,5815	0,4477	97,29	- 0,0125	- 2,71
3	16	4,1834	0,4088	88,84	-0,0514	-11,16
4	18	3,9287	0,3849	83,64	-0,0753	-16,36
5	20	3,7045	0,3620	78,67	-0,0982	-21,33

- I. Tag. Alle Kolben gleichmäßig getrübt mit opaleszierendem Häutchen, von 1 und 2 nicht zu unterscheiden.
- II. Tag. Alle Kolben stärker getrübt, geringe Bildung eines gelbbraunen Farbstoffs.
- III. Tag. Das Aussehen der Kolben ohne Unterschied von 1 und 2 alle leicht rötlich bei starker Trübung.
- IV. Tag. Aussehen aller Kolben wie 1 und 2. Nach dem Sterilisieren durch etwas hellere Farbe unterschieden.
- V. Tag. Alle Kolben gleichmäßig gelblich braun gefärbt, ohne Schaum an der Oberfläche.

Mittlere Tabelle.

Relative Werte:

+ 6,68
 — 2,50
 — 11,01
 — 16,52
 — 21,42

Absolute Werte:

+ 307
 — 115
 — 507
 — 760
 — 986

Abweichungen der einzelnen Tabellen
 von der mittleren Tabelle.

2	4	3	4
+ 0,17	- 0,18	+ 8	- 8
- 0,21	+ 0,21	- 9	+ 10
- 0,14	+ 0,15	- 7	+ 7
+ 0,15	- 0,16	+ 7	- 7
+ 0,09	- 0,09	- 4	+ 4

 Menge der während der einzelnen Tage
 vergorenen Ameisensäure,
 berechnet aus den mittleren Tabellen.

+ 6,68	+ 307
- 9,18	- 422
- 8,51	- 392
- 5,18	- 253
- 4,90	- 226

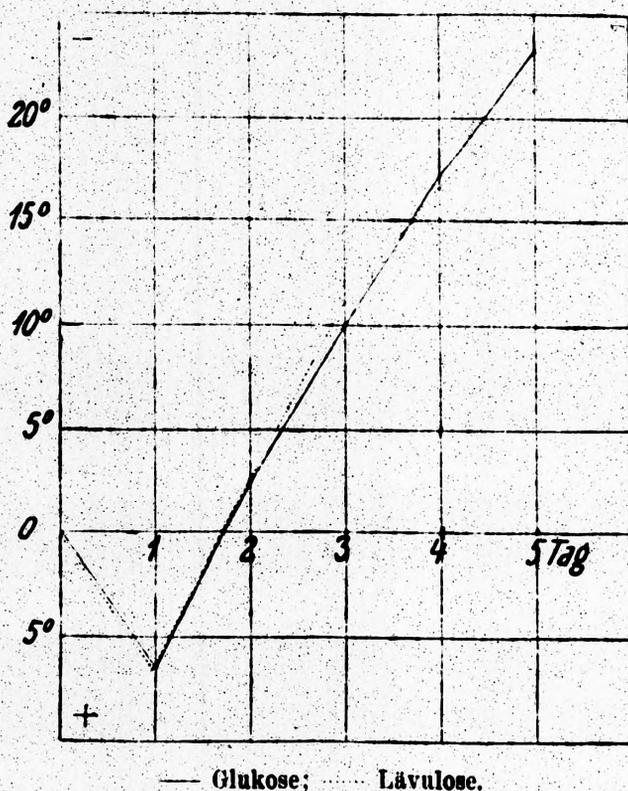
Zum besseren Vergleich der mit Glukose und den anderen Zuckerarten erhaltenen Zahlen sollen jedesmal die relativen und absoluten Werte nebeneinander geschrieben werden und zwar für die Menge der überhaupt vergorenen und der während der einzelnen Tage vergorenen Ameisensäure.

Überhaupt vergorene Ameisensäure.

Glukose	Fruktose	Glukose	Fruktose
+ 6,72	+ 6,68	+ 310	+ 307
- 2,41	- 2,50	- 111	- 115
- 10,07	- 11,01	- 462	- 507
- 17,00	- 16,52	- 782	- 760
- 23,38	- 21,42	- 1076	- 986

Während der einzelnen Tage vergorene Ameisensäure.

Glukose	Fruktose	Glukose	Fruktose
+ 6,72	+ 6,68	+ 310	+ 307
- 9,13	- 9,18	- 421	- 422
- 7,66	- 8,51	- 351	- 392
- 6,93	- 5,51	- 320	- 253
- 6,38	- 4,90	- 294	- 226



Wie aus den Zahlen hervorgeht, zeigen Glukose und Fruktose im allgemeinen einen übereinstimmenden Verlauf der Gärung, nur am fünften Tage ist eine größere Differenz vorhanden. Der eine Fall am dritten Tage, wo die Fruktose eine größere Vergärungszahl zeigt als die Glukose, annähernd 1%, beruht vielleicht auf einem Analysenfehler. Am fünften Tage beträgt die Differenz jedoch annähernd 2%; sie ist zu groß, um sich auf Analysenfehler zurückführen zu lassen. Jedenfalls besitzt also die Fruktose späterhin einen etwas schlechteren Nährwert. Dies macht sich auch darin bemerkbar, daß die Menge der während der einzelnen Tage vergorenen Ameisensäure bei Fruktose rascher abnimmt als bei Glukose. Die chemische Ähnlichkeit dieser beiden Zuckerarten, die ja sehr leicht ineinander übergehen können, macht sich also auch in ihrem Nährwert bemerkbar: es hat den Anschein, als wenn *Bacillus prodigiosus*, bevor es die Fruktose angreift, sie in Glukose verwandelt; die für diese Umwandlung aufzuwendenden Energiebeträge dürften der Grund für den etwas schlechteren Nährwert der Fruktose sein.

Glukose. — Rohrzucker.

Tabelle 5. — Glukose.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH* %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	1	5,0607	0,4946	107,47	+0,0344	+ 7,47
2	3	4,4556	0,4354	94,62	-0,0248	- 5,38
3	5	3,9851	0,3895	84,63	-0,0707	-15,37
4	7	3,7378	0,3653	79,37	-0,0949	-20,63
5	9	3,6265	0,3544	77,01	-0,1062	-22,99

Tabelle 6. — Glukose.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	2	5,0654	4,4950	107,57	+0,0348	+ 7,57
2	4	4,4788	0,4377	95,11	-0,0225	- 4,89
3	6	3,9830	0,3893	84,58	-0,0709	-15,42
4	8	3,7498	0,3665	79,63	-0,0937	-20,37
5	10	3,6111	0,3529	76,68	-0,1073	-23,32

- I. Tag. Alle Kolben gleichmäßig getrübt, ohne Unterschied von 7 und 8.
- II. Tag. Bei allen Kolben gleichmäßige Flockenbildung, Aussehen wie 7 und 8.
- III. Tag. Bei allen Kolben sehr viel Schollen und Flocken, Farbe gelblich.
- IV. Tag. Die Oberfläche aller Kolben bedeckt dicke weiße Haut, Flüssigkeit schön gelb.
- V. Tag. Die Farbe ist dunkler geworden, die Haut dicker, Aussehen aller Kolben gleichmäßig.

Mittlere Tabelle.

Relative Werte:	Absolute Werte:
+ 7,52	+ 346
- 5,14	- 237
-15,40	- 708
-20,50	- 943
-23,16	-1068

Abweichungen der einzelnen Tabellen
von den mittleren Tabellen.

5	6	5	6
- 0,05	+ 0,05	- 2	+ 2
+ 0,24	- 0,25	+ 11	- 12
- 0,03	+ 0,02	- 1	+ 1
+ 0,13	- 0,13	+ 6	- 6
- 0,17	+ 0,16	- 6	+ 5

Menge der während der einzelnen Tage
vergorenen Ameisensäure,
berechnet aus den mittleren Tabellen.

+ 7,52	+ 346
- 12,66	- 583
- 10,26	- 471
- 5,10	- 235
- 2,66	- 125

Tabelle 7. — Rohrzucker.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	11	5,0448	0,4930	107,13	+ 0,0328	+ 7,13
2	13	4,5648	0,4461	96,94	- 0,0141	- 3,06
3	15	4,1952	0,4100	89,09	- 0,0502	- 10,91
4	17	3,9521	0,3862	83,92	- 0,0740	- 16,08
5	19	3,7164	0,3632	78,92	- 0,0970	- 21,08

Tabelle 8. — Rohrzucker.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	12	5,0562	0,4941	107,37	+ 0,0339	+ 7,37
2	14	4,5223	0,4420	96,03	- 0,0182	- 3,97
3	16	4,1908	0,4096	88,99	- 0,0506	- 11,01
4	18	3,9401	0,3851	83,67	- 0,0751	- 16,33
5	20	3,7098	0,3625	78,78	- 0,0977	- 21,22

Makroskopische Beobachtungen zu den Tabellen 7 und 8.

- I. Tag. Alle Kolben gleichmäßig getrübt, ohne Unterschied von 5 und 6.
- II. Tag. Beginn leichter Flockenbildung. Aussehen gleichmäßig, kein Unterschied von 5 und 6.
- III. Tag. Die Farbe ist rötlich geworden, viel Schollen und Flocken.
- IV. Tag. Alle Kolben gleichmäßig, Farbe rosa, dicke, weiße, teils zerrissene Haut.
- V. Tag. Alle Kolben gleichmäßig, Farbe gelb, die Haut noch stärker zerrissen.

Mittlere Tabelle.

Relative Werte:	Absolute Werte:
+ 7,25	+ 334
— 3,52	— 162
— 10,96	— 504
— 16,21	— 746
— 21,15	— 974

Abweichungen der einzelnen Werte von der mittleren Tabelle.

7	8	7	8
— 0,12	+ 0,12	— 6	+ 5
— 0,46	+ 0,45	— 21	+ 20
— 0,05	+ 0,05	— 2	+ 2
+ 0,12	— 0,13	+ 5	— 6
+ 0,07	— 0,07	+ 3	— 4

Menge der während der einzelnen Tage vergorenen Ameisensäure, berechnet aus den mittleren Tabellen.

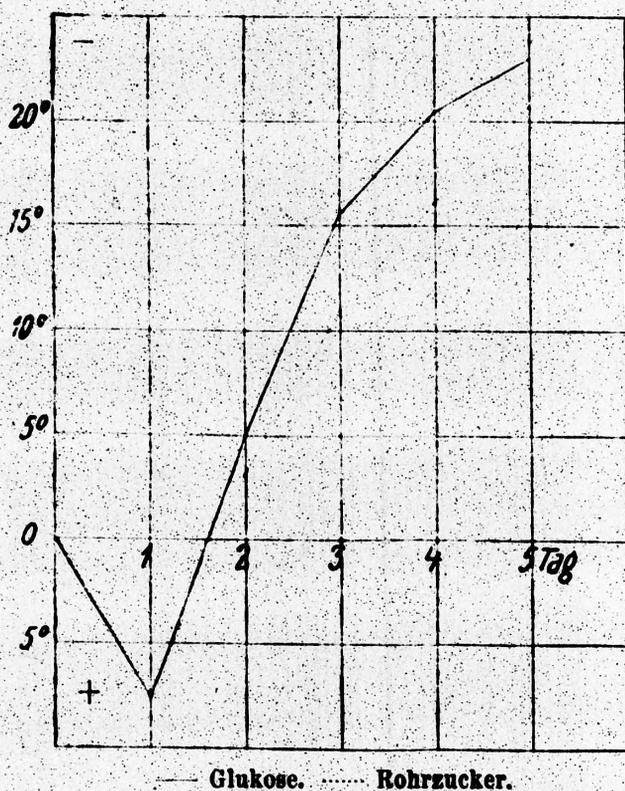
+ 7,25	+ 334
— 10,77	— 496
— 7,44	— 342
— 5,25	— 242
— 4,94	— 228

Überhaupt vergorene Ameisensäure.

Glukose	Rohrzucker	Glukose	Rohrzucker
+ 7,52	+ 7,25	+ 346	+ 334
— 5,14	— 3,72	— 237	— 162
— 15,40	— 10,96	— 708	— 504
— 20,50	— 16,21	— 943	— 746
— 23,16	— 21,15	— 1068	— 974

Während der einzelnen Tage vergorene Ameisensäure.

Glukose	Rohrzucker	Glukose	Rohrzucker
+ 7,52	+ 7,25	+ 346	+ 334
— 12,66	— 10,77	— 583	— 496
— 10,26	— 7,44	— 471	— 342
— 5,10	— 5,25	— 235	— 242
— 2,66	— 4,94	— 125	— 228



Die Kurve der Gärungswerte für Glukose und Rohrzucker verläuft im allgemeinen ganz ähnlich; jedoch bleiben die Werte für Rohrzucker immer hinter denen für Glukose zurück. Die Menge der innerhalb des ersten Tages gebildeten Ameisensäure ist bei beiden Zuckerarten gleich. Die Menge der innerhalb der einzelnen

Tage vergorenen Ameisensäure steigt bei Glukose rascher an und fällt auch wieder rascher ab als bei dem Rohrzucker. Der Rohrzucker besitzt einen etwas schlechteren Nährwert als

die Glukose und auch einen etwas schlechteren als die Fruktose. Das rührt wohl daher, daß der Rohrzucker erst in Glukose und Fruktose gespalten werden muß, bevor er von den Bakterien verwendet werden kann.

Glukose. — Galaktose.

Tabelle 9. — Glukose.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	1	4,9812	0,4868	105,78	+ 0,0266	+ 5,78
2	3	4,5197	0,4417	95,98	— 0,0185	— 4,02
3	5	4,1987	0,4103	89,16	— 0,0499	— 10,84
4	7	4,0239	0,3933	85,45	— 0,0669	— 14,55
5	9	3,9290	0,3849	83,42	— 0,0753	— 16,58

Tabelle 10. — Glukose.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	2	5,0013	0,4887	106,20	+ 0,0285	+ 6,20
2	4	4,5260	0,4423	96,11	— 0,0179	+ 3,89
3	6	4,1935	0,4098	89,05	— 0,0504	— 10,95
4	8	4,0130	0,3922	85,22	— 0,0680	— 14,78
5	10	3,9269	0,3838	83,39	— 0,0764	— 16,61

- I. Tag. Alle Kolben gleichmäßig stark trüb.
- II. Tag. Alle Kolben gleichmäßig, die Trübung hat noch zugenommen.
- III. Tag. Alle Kolben gleichmäßig bei sehr starker Trübung, die Flüssigkeit leicht rötlichgelb gefärbt.
- IV. Tag. Aussehen gleichmäßig, die Farbe ist stark gelb geworden.
- V. Tag. Bei gleichmäßigem Aussehen noch stärkere gelbe Farbe.

Mittlere Tabellen.

Relative Werte:

+ 5,99
 — 3,96
 — 10,90
 — 14,67
 — 16,60

Absolute Werte:

+ 276
 — 182
 — 502
 — 675
 — 759

Abweichungen der einzelnen Tabellen
von der mittleren Tabelle.

	9	10	9	10
	— 0,21	+ 0,21	— 10	+ 9
	+ 0,06	— 0,07	+ 3	— 3
	— 0,06	+ 0,05	— 3	+ 2
	— 0,12	+ 0,11	— 6	+ 5
	— 0,02	+ 0,01	— 6	+ 5

Menge der während der einzelnen Tage
vergorenen Ameisensäure,
berechnet aus den mittleren Tabellen.

+ 5,99	+ 276
— 9,95	— 458
— 6,94	— 320
— 3,77	— 173
— 1,93	— 84

Tabelle 11. — Galaktose.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	11	4,5780	0,4474	97,22	— 0,0128	— 2,78
2	13	4,4305	0,4330	94,08	— 0,0272	— 5,92
3	15	4,4495	0,4348	94,49	— 0,0254	— 5,51
4	17	4,4384	0,4338	94,25	— 0,0264	— 5,75
5	19	4,4378	0,4337	94,24	— 0,0265	— 5,76

Tabelle 12. — Galaktose.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	12	4,5820	0,4478	97,30	— 0,0124	— 2,70
2	14	4,4395	0,4339	94,28	— 0,0263	— 5,72
3	16	4,4358	0,4335	94,20	— 0,0267	— 5,80
4	18	4,4340	0,4340	94,30	— 0,0262	— 5,70
5	20	0,4224	0,4324	93,96	— 0,0278	— 6,04

- I. Tag. Alle Kolben gleichmäßig, nur sehr schwach angegangen.
- II. Tag. Alle Kolben gleichmäßig, sehr schwach getrübt.
- III. Tag. Alle Kolben gleichmäßig ziemlich stark getrübt, etwa wie 9 und 10 am ersten Tag.
- IV. Tag. Aussehen aller Kolben unverändert.
- V. Tag. Alle Kolben sehr wenig stärker getrübt.

Mittlere Tabellen.

Relative Werte:	Absolute Werte:
— 2,74	— 126
— 5,82	— 267
— 5,66	— 260
— 5,72	— 263
— 5,90	— 271

Abweichungen der einzelnen Tabellen
von der mittleren Tabelle.

11	12	11	12
+ 0,04	— 0,04	+ 2	— 2
+ 0,10	— 0,10	+ 5	— 4
— 0,15	+ 0,14	— 6	+ 7
+ 0,03	— 0,02	+ 1	— 1
— 0,14	+ 0,14	+ 6	— 7

Menge der während der einzelnen Tage vergorenen Ameisensäure, berechnet aus den mittleren Tabellen.

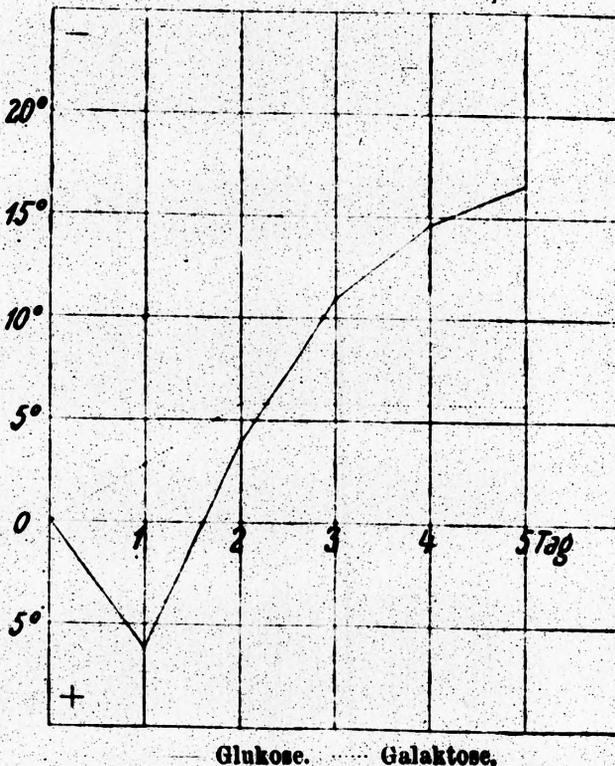
— 2,74	— 126
— 3,08	— 141
+ 0,16	+ 7
— 0,06	— 3
— 0,18	— 9

Überhaupt vergorene Ameisensäure.

Glukose	Galaktose	Glukose	Galaktose
+ 5,99	— 2,74	+ 276	— 126
— 3,96	— 5,82	— 182	— 267
— 10,90	— 5,66	— 502	— 260
— 14,67	— 5,72	— 675	— 263
— 16,60	— 5,90	759	— 271

Während der einzelnen Tage vergorene Ameisensäure.

Glukose	Galaktose	Glukose	Galaktose
+ 5,99	— 2,74	+ 276	— 126
— 9,95	— 3,08	— 458	— 141
— 6,94	+ 0,16	— 320	+ 7
— 3,77	— 0,06	— 173	— 3
— 1,93	— 0,18	— 84	— 9



Die mit Glukose und Galaktose erhaltenen Werte unterscheiden sich in ganz charakteristischer Weise. Die Kurven zeigen einen ganz abweichenden Verlauf. Bei Glukose wird am ersten Tage reichlich Ameisensäure gebildet; und dann setzt die Gärung mit recht beträchtlicher Intensität ein. Bei Galaktose dagegen wird sofort

Ameisensäure vergoren; die Vergärung steigt bis zum zweiten Tage, um dann fast ganz aufzuhören. Galaktose hat jedenfalls in bezug auf die Vergärung der Ameisensäure einen viel kleineren Nährwert als die Glukose; dies macht sich auch beim Vergleich der Wachstumserscheinungen bemerkbar.

Glukose. — Lactose.

Tabelle 13. — Glukose.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	1	5,0073	0,4894	106,33	+0,0292	+ 6,33
2	3	4,5521	0,4449	96,67	-0,0153	- 3,33
3	5	4,2037	0,4108	89,27	-0,0494	- 10,73
4	7	3,8720	0,3784	82,22	-0,0818	- 17,78
5	9	3,7037	0,3619	78,65	-0,0983	- 21,35

Tabelle 14. — Glukose.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	2	5,0208	0,4907	106,62	+0,0305	+ 6,62
2	4	4,5535	0,4450	96,70	-0,0152	- 3,30
3	6	4,2065	0,4111	89,33	-0,0491	- 10,67
4	8	3,8932	0,3805	82,67	-0,0797	- 17,33
5	10	3,7020	0,3618	78,61	-0,0984	- 21,39

- I. Tag. Alle Kolben gleichmäßig sehr stark trüb, mit leichter Gelbfärbung.
- II. Tag. Bei gleichmäßigem Aussehen aller Kolben stärkere Trübung ohne Farbe.
- III. Tag. In allen Kolben reichlich Flocken bei schwach roter Farbe.
- IV. Tag. Bei reichlicher Flockenbildung ist die Farbe in Gelb umgeschlagen.
- V. Tag. Alle Kolben sehr stark gelb mit viel Schaum.

Mittlere Tabelle.

Relative Werte:	Absolute Werte:
+ 6,48	+ 299
— 3,31	— 153
— 10,70	— 492
— 17,56	— 808
— 21,37	— 984

Abweichungen der einzelnen Tabellen
von der mittleren Tabelle.

13	14	13	14
— 0,15	+ 0,14	— 7	+ 6
+ 0,02	— 0,01	+ 0	— 1
+ 0,03	— 0,03	+ 2	— 1
+ 0,22	— 0,23	+ 10	— 11
— 0,02	+ 0,02	— 1	+ 0

Menge der während der einzelnen Tage
vergorenen Ameisensäure,
berechnet aus den mittleren Tabellen.

+ 6,48	+ 299
— 9,79	— 452
— 7,39	— 339
— 6,86	— 316
— 3,81	— 176

Tabelle 15. — Lactose.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	11	4,5865	0,4482	97,40	— 0,0120	— 2,60
2	13	4,4488	0,4348	94,47	— 0,0254	— 5,53
3	15	4,4415	0,4341	94,32	— 0,0261	— 5,68
4	17	4,4305	0,4330	94,06	— 0,0272	— 5,94
5	19	4,4334	0,4333	94,15	— 0,0269	— 5,85

Tabelle 16. — Lactose.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch	Noch	Vergoren	Vergoren
			vorhandene HCOOH g	vorhandene HCOOH %	HCOOH g	HCOOH %
1	12	4,5859	0,4481	97,38	—0,0121	—2,62
2	14	4,4269	0,4326	94,01	—0,0276	—5,99
3	16	4,4402	0,4339	94,29	—0,0263	—5,71
4	18	4,4373	0,4336	94,23	—0,0266	—5,77
5	20	4,4363	0,4335	94,21	—0,0267	—5,79

- I. Tag. Alle Kolben gleichmäßig schwach getrübt.
 II. Tag. Die Trübung hat überall merklich zugenommen.
 III. Tag. Die Kolben zeigen alle Beginn leichter Schuppenbildung und stärkere Trübung.
 IV. Tag. Alle Kolben gleichmäßig mit wenig mehr Schuppen.
 V. Tag. Aussehen der Kolben ziemlich unverändert.

Mittlere Tabelle.

Relative Werte:

— 2,61

— 5,76

— 5,70

— 5,85

— 5,82

Absolute Werte:

— 121

— 265

— 262

— 269

— 268

Abweichungen der einzelnen Tabellen
von der mittleren Tabelle.

15	16	15	16
— 0,01	+ 0,01	— 1	+ 0
— 0,23	+ 0,23	— 11	+ 11
— 0,02	+ 0,01	— 1	+ 1
+ 0,09	— 0,08	+ 3	— 3
+ 0,03	— 0,03	+ 1	— 1

Menge der während der einzelnen Tage vergorenen Ameisensäure, berechnet aus den mittleren Tabellen.

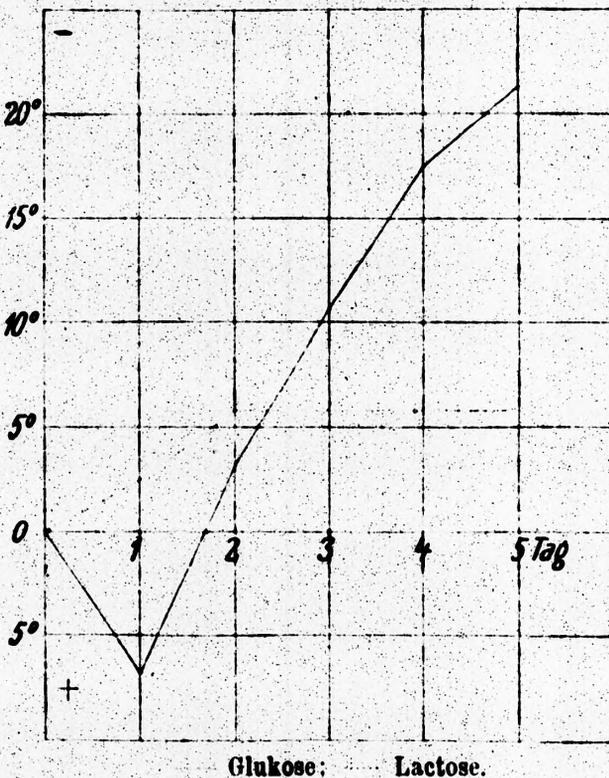
— 2,61	— 121
— 3,15	— 144
+ 0,06	+ 3
— 0,15	— 7
+ 0,03	+ 1

Überhaupt vergorene Ameisensäure.

Glukose	Lactose	Glukose	Lactose
+ 6,48	— 2,61	+ 299	— 121
— 3,31	— 5,76	— 153	— 265
— 10,70	— 5,70	— 492	— 262
— 17,56	— 5,85	— 808	— 262
— 21,37	— 5,82	— 984	— 268

Während der einzelnen Tage vergorene Ameisensäure.

Glukose	Lactose	Glukose	Lactose
+ 6,48	— 2,61	+ 299	— 121
— 9,79	— 3,15	— 452	— 144
— 7,39	+ 0,06	— 339	+ 3
— 6,86	— 0,15	— 316	— 7
— 3,81	+ 0,03	— 176	+ 1



Bei den Versuchen mit Lactose bietet sich genau dasselbe Bild wie bei den Versuchen mit Galaktose. Bei Glukose findet am ersten Tage reichliche Ameisensäurebildung statt, und dann setzt die Vergärung mit recht großer Intensität ein, um allmählich bis zum fünften Tage abzufallen; aber auch an diesem Tage ist die Gärungsintensität

noch recht beträchtlich. Bei Lactose setzt die Vergärung sofort ein und ihre Intensität steigt auch noch etwas am zweiten Tage; dann hört sie aber ganz auf. *Bacillus prodigiosus* vermag also die Lactose nicht zu spalten und ihre Glukosekomponente zu verwerten. Lactose hat also in bezug auf die Vergärung der Ameisensäure einen viel kleineren Nährwert als die Glukose; dies läßt sich auch aus den verschiedenen Bildern der Wachstumserscheinungen schließen.

Glukose. — Kein Zucker.

Tabelle 17. — Glukose.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	1	5,0658	0,4951	107,58	+0,0349	+ 7,58
2	3	4,4698	0,4368	94,92	—0,0234	— 5,08
3	5	4,0157	0,3924	85,27	—0,0678	— 14,73
4	7	3,7709	0,3685	80,08	—0,0917	— 19,92
5	9	3,6817	0,3598	78,18	—0,1004	— 21,82

Tabelle 18. — Glukose.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	2	5,0938	0,4978	108,17	+0,0376	+ 8,17
2	4	4,4794	0,4378	95,12	—0,0224	— 4,88
3	6	4,0106	0,3919	85,19	—0,0683	— 14,81
4	8	3,7758	0,3690	80,18	—0,0912	— 19,82
5	10	3,6851	0,3601	78,26	—0,0101	— 21,74

- I. Tag. Stark bis zur Undurchsichtigkeit getrübt, Beginn der Flockenbildung.
- II. Tag. Alle Kolben sehr stark trüb, schwach rötlich gefärbt.
- III. Tag. Alle Kolben gleichmäßig, starke Flockenbildung, Farbe unverändert.
- IV. Tag. Farbe mehr gelbrot, die Flocken zu Boden gesunken.
- V. Tag. Unverändert.

Mittlere Tabelle.

Relative Werte:	Absolute Werte:
+ 7,88	+ 362
— 4,98	— 229
— 14,77	— 680
— 19,87	— 914
— 21,78	— 1002

Abweichungen der einzelnen Tabelle
von der mittleren Tabelle.

17	18	17	18
— 0,3	+ 0,29	— 13	+ 14
+ 0,1	— 0,10	+ 5	— 5
— 0,04	+ 0,04	— 2	+ 3
+ 0,05	— 0,05	+ 3	— 2
+ 0,04	— 0,04	+ 2	— 1

Menge der während der einzelnen Tage
vergorenen Ameisensäure,
berechnet aus der mittleren Tabelle.

Relative Werte:	Absolute Werte:
+ 7,88	+ 362
— 12,86	— 591
— 9,79	— 451
— 5,10	— 234
— 1,91	— 88

Tabelle 19. — Ohne Zucker.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	11	4,5532	0,4450	96,68	— 0,0152	— 3,32
2	13	4,4428	0,4342	94,35	— 0,0260	— 5,65
3	15	4,3992	0,4299	93,42	— 0,0303	— 6,58
4	17	4,3560	0,4257	92,50	— 0,0345	— 7,50
5	19	4,3069	0,4209	91,46	— 0,0393	— 8,54

Tabelle 20. — Ohne Zucker.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	12	4,5743	0,4470	97,14	—0,0132	— 2,86
2	14	4,4640	0,4363	94,79	—0,0239	— 5,21
3	16	4,3976	0,4298	93,39	—0,0304	— 6,61
4	18	4,3380	0,4239	92,12	—0,0363	— 7,88
5	20	4,2923	0,4196	91,15	—0,0406	— 8,85

- I. Tag. Deutliche, jedoch schwache Trübung.
 II. Tag. Leichte Zunahme der Trübung.
 III. Tag. Beinahe undurchsichtig.
 IV. Tag. Die Flüssigkeit ist jetzt undurchsichtig.
 V. Tag. Ohne merkliche Änderung.

Mittlere Tabelle.

Relative Werte:	Absolute Werte:
— 3,09	— 142
— 5,43	— 250
— 6,60	— 304
— 7,69	— 354
— 8,70	— 400

Abweichungen der einzelnen Tabellen
von der mittleren Tabelle.

19	20	19	20
+ 0,23	+ 0,23	+ 10	— 10
+ 0,22	— 0,22	+ 10	— 11
— 0,02	+ 0,01	— 1	+ 0
— 0,19	+ 0,19	+ 9	+ 9
— 0,16	+ 0,15	+ 7	+ 6

Menge der während der einzelnen Tage vergorenen Ameisensäure, berechnet aus den mittleren Tabellen.

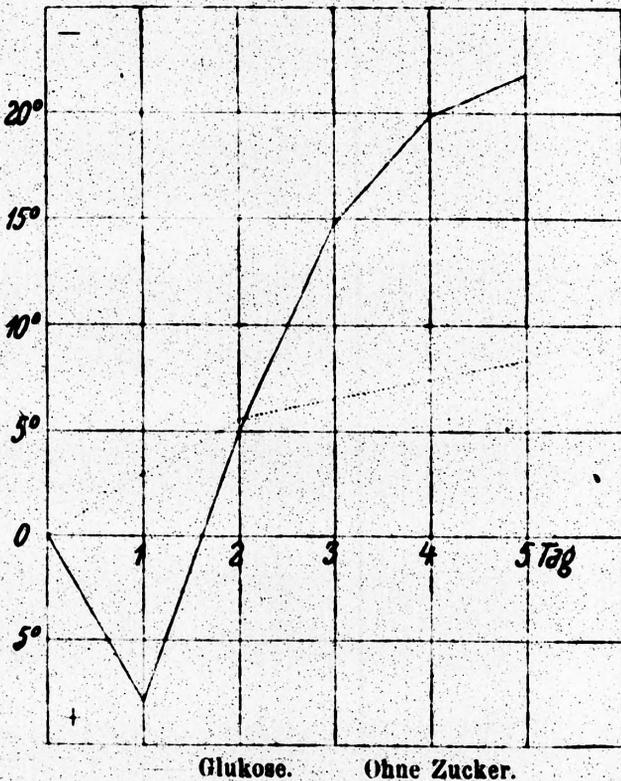
— 3,09	— 142
— 2,34	— 108
— 1,17	— 54
— 1,09	— 50
— 1,01	— 46

Überhaupt vergorene Ameisensäure.

Glukose	Kein Zucker	Glukose	Kein Zucker
+ 7,88	— 3,09	+ 362	— 142
— 4,98	— 5,43	— 229	— 250
— 14,77	— 6,60	— 680	— 304
— 19,87	— 7,69	— 914	— 354
— 21,78	— 8,70	— 1002	— 400

Während der einzelnen Tage vergorene Ameisensäure.

Glukose	Kein Zucker	Glukose	Kein Zucker
+ 7,88	— 3,09	+ 362	— 142
— 12,86	— 2,34	— 591	— 108
— 9,79	— 1,17	— 451	— 54
— 5,10	— 1,09	— 234	— 50
— 1,91	— 1,01	— 88	— 46



Die Werte zeigen ein ganz ähnliches Bild wie bei den Versuchen mit Galaktose und mit Lactose. Zum besseren Vergleich seien noch einmal die relativen Werte der überhaupt vergorenen Ameisensäure nebeneinander gestellt.

Galaktose	Lactose	Kein Zucker
— 2,74	— 2,61	— 3,09
— 5,82	— 5,76	— 5,43
— 5,66	— 5,70	— 6,60
— 5,72	— 5,85	— 7,69
— 5,90	— 5,82	— 8,70

Die Tabellen für Galaktose und für Lactose zeigen, wie schon weiter oben gesagt, eine fast vollständige Übereinstimmung, die Tabelle für die Werte ohne Zucker weicht etwas davon ab. Während bei den Versuchen mit Galaktose und Lactose nur innerhalb der beiden ersten Tage Ameisensäure vergoren wird, geht die Vergärung bei den Versuchen ohne Zucker am dritten, vierten und fünften Tage mit gleicher Intensität weiter. Während der ersten beiden Tage wird in allen drei Versuchen die gleiche Menge Ameisensäure vergoren. Trotz der vorhandenen Abweichungen ist der Verlauf der Gärung bei den Versuchen mit Galaktose und Lactose und ohne Zucker ein ganz ähnlicher. Es läßt sich also schließen, daß die Galaktose und die Lactose von *Bacillus prodigiosus* überhaupt nicht als Kohlenstoffnahrung verwendet werden können: ihre Anwesenheit bedingt sogar eine geringfügige Schädigung des Gärungsvermögens. Als Kohlenstoffnahrung dient den Bakterien in allen drei Fällen das Asparagin.

Glukose. — Maltose.

Tabelle 21. — Glukose.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	1	4,9800	0,4868	105,77	+ 0,0266	+ 5,77
2	3	4,4708	0,4369	94,94	— 0,0233	— 5,06
3	5	4,1208	0,4027	87,51	— 0,0575	— 12,49
4	7	3,9927	0,3902	84,79	— 0,0700	— 15,21
5	9	3,9943	0,3903	84,82	— 0,0699	— 15,18

Tabelle 22. — Glukose.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	2	4,7910	0,4682	101,72	+ 0,0080	+ 1,72
2	4	4,5066	0,4404	95,70	- 0,0198	- 4,30
3	6	4,0742	0,3982	86,52	- 0,0620	- 13,48
4	8	3,9756	0,3885	84,42	- 0,0717	- 15,58
5	10	3,9766	0,3886	84,45	- 0,0716	- 15,55

- I. Tag. Alle Kolben gleichmäßig ziemlich stark trüb, stärker als Nr. 23 und 24.
- II. Tag. Die Kolben zeigen kleinen Unterschied von 23 und 24.
- III. Tag. Die Flüssigkeit schwach gelb, sehr viel Flocken an der Oberfläche.
- IV. Tag. Bei allen Kolben die Flüssigkeit schwach rotgelb, sonst keine Veränderung.
- V. Tag. Die Flüssigkeit ist etwas röter geworden, sonst unverändert.

Mittlere Tabelle.

Relative Werte:	Absolute Werte:
+ 5,77	+ 266
- 4,68	- 216
- 12,99	- 598
- 15,40	- 709
- 15,37	- 708

Abweichungen der einzelnen Tabellen
von der mittleren Tabelle.

21	22	21	22
+ 0	- 4,05	+ 0	- 186
+ 0,38	- 0,38	+ 17	- 18
- 0,50	+ 0,51	- 23	+ 22
+ 0,19	+ 0,18	- 9	+ 8
+ 0,19	+ 0,18	- 9	+ 8

Menge der während der einzelnen Tage
vergorenen Ameisensäure,
berechnet aus den mittleren Tabellen.

+ 5,77	+ 266
- 10,45	- 482
- 8,31	- 382
- 2,41	- 111
+ 0,03	+ .1

Tabelle 23. — Maltose.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	11	4,8173	0,4708	102,30	+0,0106	+2,30
2	13	4,9763	0,4863	105,68	+0,0261	+5,68
3	15	5,1034	0,4987	108,37	+0,0385	+8,37
4	17	4,8100	0,4701	102,14	+0,0099	+2,14
5	19	4,5855	0,4481	97,38	-0,0121	-2,62

Tabelle 24. — Maltose.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	12	4,8531	0,4743	103,06	+0,0141	+3,06
2	14	4,9367	0,4825	104,84	+0,0223	+4,84
3	16	5,0737	0,4958	107,74	+0,0356	+7,74
4	18	4,7950	0,4686	101,82	+0,0084	+1,82
5	20	4,5504	0,4447	96,63	-0,0155	-3,37

- I. Tag. Alle gleichmäßig deutlich getrübt, doch schwächer als 21 und 22.
- II. Tag. Bei viel Flockenbildung ist die Entwicklung geringer als in 21 und 22.
- III. Tag. Ziemlich starke Entwicklung, schwächer gelb als 21 und 22.
- IV. Tag. Die Flüssigkeit gelb, sonst ohne Unterschied.
- V. Tag. Die Flüssigkeit ist nun gelbbrot gefärbt.

Mittlere Tabelle.

Relative Werte:	Absolute Werte:
+ 2,68	+ 124
+ 5,27	+ 242
+ 8,06	+ 370
+ 1,98	+ 91
- 3,00	- 138

Abweichungen der einzelnen Werte
von der mittleren Tabelle.

23	24	23	24
- 0,38	+ 0,38	- 18	+ 17
+ 0,41	- 0,43	+ 19	- 19
+ 0,31	- 0,32	+ 15	- 14
+ 0,16	- 0,16	+ 8	- 7
- 0,38	+ 0,37	- 17	+ 17

Menge der während der einzelnen Tage
vergorenen Ameisensäure,
berechnet aus den mittleren Tabellen.

Relative Werte:	Absolute Werte:
+ 2,68	+ 124
+ 2,59	+ 118
+ 2,79	+ 128
- 6,08	- 279
- 4,98	- 229

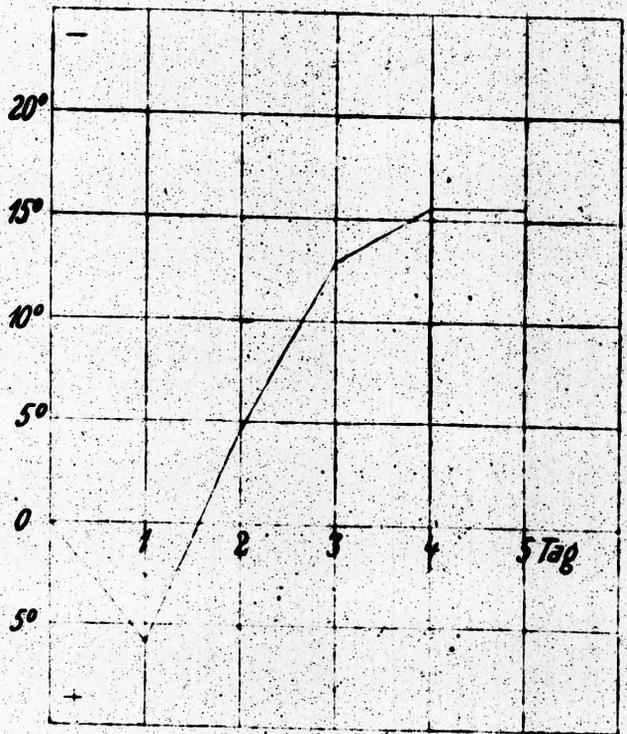
Überhaupt vergorene Ameisensäure.

Glukose	Maltose	Glukose	Maltose
+ 5,77	+ 2,68	+ 266	+ 124
- 4,68	+ 5,27	- 216	+ 242
- 12,99	+ 8,06	- 598	+ 370
- 15,40	+ 1,98	- 709	+ 91
- 15,37	- 3,00	- 708	- 138

Während der einzelnen Tage vergorene Ameisensäure.

Glukose	Maltose	Glukose	Maltose
+ 5,77	+ 2,68	+ 266	+ 124
— 10,45	+ 2,59	— 482	+ 118
— 8,31	+ 2,79	— 382	+ 128
— 2,41	— 6,08	— 111	— 279
+ 0,03	— 4,98	+ 1	— 229

Die bei den Versuchen mit Maltose erhaltenen Werte zeigen von denen mit Glukose eine ganz charakteristische Abweichung. Während bei den Versuchen mit Glukose nur innerhalb des ersten Tages Ameisensäure gebildet wird, geschieht dies bei den Versuchen mit Maltose innerhalb der ersten drei Tage. Die Menge der beiden Versuchen



— Glukose. Maltose.

mit Maltose gebildeten Ameisensäure ist größer als die bei den Versuchen mit Glukose. Nach dem dritten Tage setzt bei den Versuchen mit Maltose eine kräftige Vergärung ein, die auch innerhalb des fünften Tages noch eine recht große Intensität besitzt, während sie bei den Versuchen mit Glukose nach dieser Zeit schon recht klein geworden ist. *Bacillus prodigiosus* vermag die Maltose auszunutzen, jedoch dauert es bedeutend länger als bei Glukose, bis die Vergärungstätigkeit einsetzt, dann wird sie recht intensiv, erreicht aber nicht die Beträge wie bei Glukose. Dieser schlechtere Nährwert wird

wohl seinen Grund darin haben, daß die Maltose erst in Glukose gespalten werden muß. Der Nährwert der Maltose ist ebenfalls schlechter als der des Rohrzuckers; es bereitet den Bakterien also jedenfalls größere Schwierigkeiten, die Maltose zu spalten als den Rohrzucker. Während die Wachstumserscheinungen bei den Versuchen mit Glukose und mit Maltose kaum einen Unterschied erkennen lassen, zeigt der Verlauf der Vergärung der Ameisensäure ganz charakteristische Unterschiede. Man darf also nicht aus dem Verlauf der Wachstumserscheinungen auf den Verlauf der Vergärung der Ameisensäure schließen.

Aus den Versuchen mit den verschiedenen Zuckerarten geht hervor, daß Glukose am besten ausgenutzt wird; dann folgt Fruktose, welche nur einen ganz wenig geringeren Nährwert besitzt, vielleicht auch denselben. Der Nährwert des Rohrzuckers ist merklich geringer als der der Glukose und Fruktose; aber der Verlauf seiner Gärungskurve ist denen der Glukose und Fruktose sehr ähnlich. Einen bedeutend schlechteren Nährwert als die eben erwähnten Zuckerarten besitzt die Maltose, jedoch vermag auch sie noch recht gut ausgenutzt zu werden, während Galaktose und Lactose nicht angegriffen werden.

Asparagin. — Glykokoll.

Tabelle 25. — Asparagin.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	1	5,1455	0,5029	109,27	+0,0427	+ 9,27
2	3	4,6625	0,4557	99,01	-0,0045	- 0,99
3	5	4,3710	0,4272	92,82	-0,0330	- 7,18
4	7	4,1901	0,4095	88,98	-0,0507	-11,02
5	9	4,0200	0,3929	85,37	-0,0673	-14,63

Tabelle 26. — Asparagin.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	2	5,1225	0,5006	108,78	+0,0404	+ 8,78
2	4	4,6485	0,4543	98,71	-0,0059	- 1,79
3	6	4,3670	0,4268	92,73	-0,0334	- 7,27
4	8	4,1815	0,4086	88,80	-0,0516	-11,20
5	10	verunglückt				

- I. Tag. Alle Kolben gleichmäßig stark trüb.
- II. Tag. Alle Kolben gleichmäßig sehr stark trüb, leicht rosa gefärbt.
- III. Tag. Alle Kolben gleichmäßig deutlich rosa, an der Oberfläche leichter Schaum.
- IV. Tag. Alle Kolben gleichmäßig durch die sehr vielen weißen Flocken weniger rot gefärbt.
- V. Tag. Alle Kolben unverändert.

Mittlere Tabelle.

Relative Werte:	Absolute Werte:
+ 9,02	+ 416
- 1,14	- 52
- 7,23	- 332
- 11,11	- 511
- 14,63	- 673

Abweichungen der einzelnen Tabellen
von der mittleren Tabelle.

25	26	25	26
+ 0,25	- 0,24	+ 11	- 12
- 0,15	+ 0,15	- 7	+ 7
- 0,05	+ 0,04	- 2	+ 2
- 0,09	- 0,09	- 4	+ 5
+ 0	-	+ 0	-

Menge der während der einzelnen Tage
vergorenen Ameisensäure,
berechnet aus den mittleren Tabellen.

+ 9,02	+ 416
— 10,16	— 468
— 6,09	— 280
— 3,88	— 169
— 3,52	— 162

Tabelle 27. — Glykokoll.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	11	4,7532	0,4645	100,93	+ 0,0043	+ 0,93
2	13	4,7583	0,4650	101,02	+ 0,0048	+ 1,02
3	15	5,0382	0,4924	106,99	+ 0,0322	+ 6,99
4	17	4,9382	0,4826	104,87	+ 0,0224	+ 4,87
5	19	4,6906	0,4584	99,84	— 0,0018	— 0,16

Tabelle 28. — Glykokoll.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	12	4,7175	0,4610	100,18	+ 0,0008	+ 0,18
2	14	4,7231	0,4616	100,30	+ 0,0014	+ 0,30
3	16	5,0672	0,4952	107,60	+ 0,0350	+ 7,60
4	18	4,9534	0,4841	105,29	+ 0,0239	+ 5,29
5	20	4,6850	0,4578	99,49	— 0,0024	— 0,51

- I. Tag. Alle Kolben gleichmäßig, nur sehr schwach getrübt.
 II. Tag. Alle Kolben gleichmäßig wenig stärker trüb.
 III. Tag. Alle Kolben gleichmäßig immer noch sehr schwach, aber doch stärker getrübt.
 IV. Tag. Alle Kolben gleichmäßig bei leichter Gelbfärbung etwas stärker trüb.
 V. Tag. Alle Kolben zeigen den Beginn leichter Flockenbildung, ohne jedoch bis zur Undurchsichtigkeit getrübt zu sein.

Mittlere Tabelle.

Relative Werte:	Absolute Werte:
+ 0,56	+ 26
+ 0,66	+ 31
+ 7,30	+ 336
+ 5,30	+ 231
- 0,34	- 21

Abweichungen der einzelnen Tabellen
von den mittleren Tabellen.

27	28	27	28
+ 0,37	- 0,38	+ 17	- 18
+ 0,36	- 0,36	+ 17	- 17
- 0,31	+ 0,30	- 14	+ 14
- 0,22	+ 0,20	- 7	+ 8
- 0,18	+ 0,17	- 3	+ 3

Menge der während der einzelnen Tage vergorenen
Ameisensäure, berechnet aus den mittleren Tabellen.

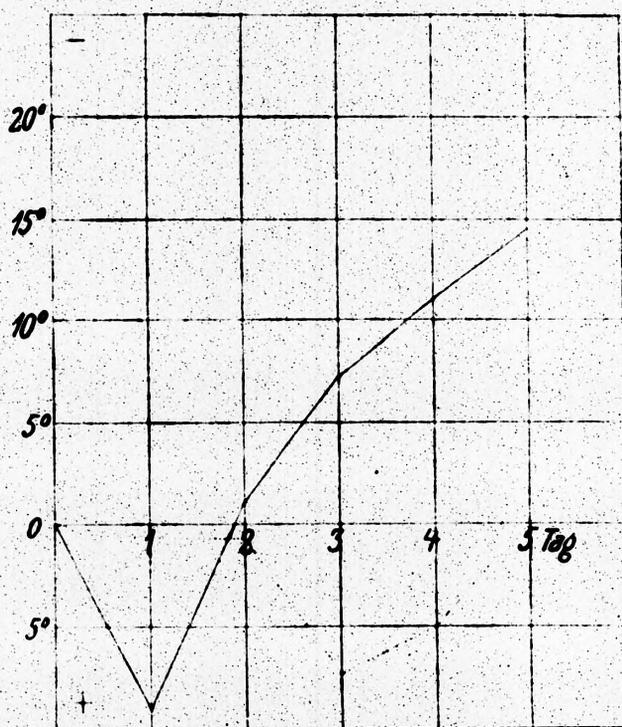
+ 0,56	+ 26
+ 0,1	+ 5
+ 6,64	+ 305
- 2,21	- 105
- 5,43	- 252

Überhaupt vergorene Ameisensäure.

Asparagin	Glykokoll	Asparagin	Glykokoll
+ 9,02	+ 0,56	+ 416	+ 26
- 1,14	+ 0,66	- 52	+ 31
- 7,23	+ 7,30	- 332	+ 336
- 11,11	+ 5,30	- 511	+ 231
- 14,63	- 0,34	- 673	- 21

Während der einzelnen Tage vergorene Ameisensäure.

Asparagin	Glykokoll	Asparagin	Glykokoll
+ 9,02	+ 0,56	+ 416	+ 26
- 10,16	+ 0,10	- 468	+ 5
- 6,09	+ 6,64	- 280	+ 305
- 3,88	- 2,21	- 179	- 105
- 3,52	- 5,43	- 162	- 252



— Asparagin; Glykokoll.

Die mit Asparagin und Glykokoll erhaltenen Zahlen zeigen ganz charakteristische Unterschiede. Bei den Versuchen mit Asparagin werden innerhalb des ersten Tages erhebliche Mengen Ameisensäure gebildet, dann tritt eine intensive Vergärung ein, welche allmählich abflaut. Bei den Versuchen mit Glykokoll tritt ebenfalls zu-

nächst Ameisensäure ein; diese ist innerhalb des ersten und zweiten Tages nur recht geringfügig, um dann innerhalb des dritten Tages plötzlich anzusteigen und einen recht großen Betrag zu erreichen. Dann setzt Ameisensäurevergärung ein, die am fünften Tage noch bedeutend intensiver wird. Die Intensität der Ameisensäurevergärung erreicht aber innerhalb der Beobachtungszeit nicht die Beträge, welche mit Asparagin erhalten wurden. Jedenfalls ist in bezug auf die Ameisensäurevergärung Asparagin eine bedeutend bessere Stickstoffquelle als Glykokoll.

Asparagin. — Alanin.

Tabelle 29. — Asparagin.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	1	4,9775	0,4865	105,70	+0,0263	+ 5,70
2	3	4,6318	0,4527	98,36	-0,0075	- 1,64
3	5	4,2634	0,4166	90,53	-0,0436	- 9,47
4	7	3,8570	0,3769	81,91	-0,0833	- 18,09
5	9	3,6715	0,3588	77,97	-0,1014	- 22,03

Tabelle 30. — Asparagin.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	2	4,9771	0,4864	105,70	+0,0262	+ 5,70
2	4	4,6260	0,4521	98,24	—0,0081	— 1,76
3	6	4,2884	0,4521	91,06	—0,0411	— 8,94
4	8	3,8600	0,3772	81,97	—0,0830	— 18,03
5	10	3,6700	0,3597	77,93	—0,1015	— 22,07

- I. Tag. Alle Kolben gleichmäßig stark trüb.
 II. Tag. Bei allen Kolben noch stärkere Trübung.
 III. Tag. Die Farbe überall gelbrot bei noch stärkerer flockiger Trübung.
 IV. Tag. Schaumige Flocken beflecken die rötliche Flüssigkeit.
 V. Tag. Die Flocken haben sich zu Boden gesetzt, Farbe mehr gelb.

Mittlere Tabelle.

Relative Werte:

+ 5,70
 — 1,70
 — 9,20
 — 18,06
 — 22,05

Absolute Werte:

+ 262
 — 78
 — 423
 — 832
 — 1014

 Abweichungen der einzelnen Tabellen
 von der mittleren Tabelle.

29	30	29	30
+ 0,00	+ 0,00	+ 0	+ 0
— 0,06	+ 0,06	— 3	+ 3
+ 0,27	— 0,26	+ 13	— 12
— 0,03	+ 0,03	+ 1	— 2
— 0,02	+ 0,02	+ 0	+ 1

Menge der während der einzelnen Tage
vergorenen Ameisensäure,
berechnet aus den mittleren Tabellen.

+ 5,70	+ 262
— 7,40	— 340
— 7,50	— 345
— 8,86	— 409
— 3,99	— 182

Tabelle 31. — Alanin.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	11	4,5603	0,4457	96,84	—0,0145	—3,16
2	13	4,5836	0,4479	97,33	—0,0123	—2,67
3	15	4,6225	0,4517	98,16	—0,0085	—1,84
4	17	4,6503	0,4545	98,75	—0,0057	—1,25
5	18	4,3564	0,4257	92,51	—0,0345	—7,49

Tabelle 32. — Alanin.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	12	4,5584	0,4455	96,80	—0,0147	—3,20
2	14	4,5785	0,4497	97,71	—0,0105	—2,29
3	16	4,6196	0,4515	98,10	—0,0087	—1,90
4	18	4,6499	0,4544	98,74	—0,0058	—1,26
5	20	4,3509	0,4252	92,39	—0,0350	—7,61

- I. Tag. Alle Kolben gleichmäßig sehr schwach angegangen.
 II. Tag. Aussehen unverändert.
 III. Tag. Alle Kolben etwas trüber.
 IV. Tag. Stärkere Trübung aller Kolben, jedoch geringer als 29 und 30 am I. Tag.
 V. Tag. Starke Flockenbildung ohne Trübung, bis zur Undurchsichtigkeit.

Mittlere Tabelle.

Relative Werte:	Absolute Werte:
— 3,18	— 146
— 2,48	— 114
— 1,87	— 86
— 1,25	— 58
— 7,55	— 347

Abweichungen der einzelnen Tabellen von der mittleren Tabelle.

31	32	21	32
— 0,02	+ 0,02	— 1	+ 1
+ 0,19	— 0,19	+ 9	— 9
+ 0,03	— 0,03	— 1	+ 1
± 0,00	— 0,01	— 1	± 0
— 0,06	+ 0,06	— 2	+ 3

Menge der während der einzelnen Tage vergorenen Ameisensäure, berechnet aus den mittleren Tabellen.

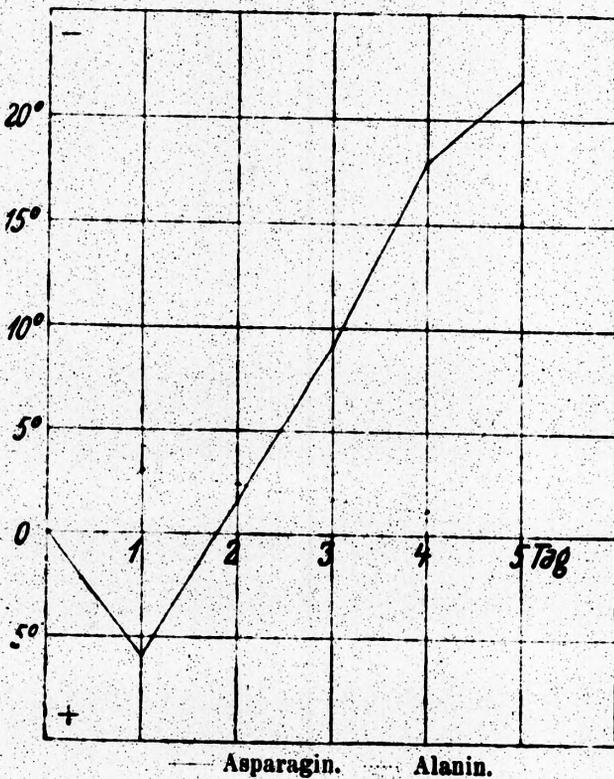
— 3,18	— 146
+ 0,70	+ 32
+ 0,61	+ 28
+ 0,62	+ 28
— 6,30	— 289

Überhaupt vergorene Ameisensäure.

Asparagin	Alanin	Asparagin	Alanin
+ 5,70	— 3,18	+ 262	— 146
— 1,70	— 2,48	— 78	— 114
— 9,20	— 1,87	— 423	— 86
— 18,06	— 1,25	— 832	— 58
— 22,05	— 7,55	— 1014	— 347

Während der einzelnen Tage vergorene Ameisensäure.

Asparagin	Alanin	Asparagin	Alanin
+ 5,70	— 3,18	+ 262	— 146
— 7,40	+ 0,70	— 340	+ 32
— 7,50	+ 0,61	— 345	+ 28
— 8,86	+ 0,62	— 409	+ 28
— 3,99	— 6,30	— 182	— 289



Auch die mit Asparagin und Alanin erhaltenen Werte zeigen ganz charakteristische Abweichungen.

Während mit Asparagin innerhalb des ersten Tages recht erhebliche Mengen Ameisensäure gebildet werden, tritt bei den Versuchen mit Alanin sofort Vergärung ein. An den folgenden Tagen wird mit Asparagin in-

intensiv Ameisensäure vergoren; bei den Versuchen mit Alanin dagegen tritt innerhalb des zweiten, dritten und vierten Tages eine schwache gleichmäßige Ameisensäurebildung ein; innerhalb dieser Tage überwiegt also, da ja wahrscheinlich die erhaltenen Werte Mittelwerte zwischen vergorener und gebildeter Ameisensäure sind, die Ameisensäurebildung. Innerhalb des fünften Tages wird dagegen intensiv Ameisensäure vergoren; der Wert erreicht aber nicht die mit Asparagin erhaltenen. Alanin ist also ebenfalls in bezug auf die Ameisensäuregärung eine schlechtere Stickstoffquelle als Asparagin.

Vergleicht man die drei untersuchten Aminosäuren, so ergibt sich, daß für unseren Fall das Asparagin die bei weitem bessere Stickstoffquelle ist, dann folgt Alanin und schließlich Glykokoll. Worin dieser verschiedene Nährwert seine Ursache hat, läßt sich ohne weiteres nicht sagen. Es ist wohl wahrscheinlich, daß die drei Aminosäuren, bevor ihr Stickstoff zum Aufbau der Körpersubstanz dienen kann, in gleicher Weise weiter verändert werden; dies läßt sich aus dem von Ehrlich untersuchten Verhalten der Hefen gegenüber Aminosäuren schließen, bei der ja auch sämtliche untersuchten Aminosäuren

in vollkommen gleicher Weise abgebaut werden. Es ist nun möglich, daß die eine Aminosäure schwieriger als die andere abgebaut wird, und daher der Unterschied in dem Nährwert rührt, oder es können die beim Abbau der Aminosäuren entstehenden Körper in verschiedener Weise schädigend auf die Entwicklung der Bakterien einwirken. Daß ein verschiedener Nährwert der Aminosäuren als Kohlenstoffquelle in Betracht kommt, dürfte unwahrscheinlich sein, wie aus dem Vergleich der Versuche mit Glukose und ohne Zucker hervorgeht. Wenn, wie bei den Versuchen mit den verschiedenen Aminosäuren, reichliche Zuckermengen zugegen sind, so werden diese wohl fast ausschließlich als Kohlenstoffquelle dienen.

Durch diese Versuche, welche als vorläufige zu betrachten sind, ist gezeigt worden, daß es mit Hilfe der quantitativen chemischen Analyse gelingt, auch feinere Unterschiede in dem Nährwert verschiedener Substanzen nachzuweisen und zahlenmäßig auszudrücken.

Größeren Wert für Vergleichszwecke werden die so gewonnenen Zahlen noch erhalten, wenn es gelingt, den physiologischen Zustand der Bakterien während der Versuchsdauer konstant zu erhalten; dahin zielende Versuche sollen ange stellt werden. — Die erhaltenen Zahlen gelten für einen Bereich von fünf Tagen; es müssen aber Versuche von längerer Dauer angestellt werden, da sich dann das Bild, wie aus einer Betrachtung einzelner Kurven hervorgeht, vollständig ändern kann. Es ist z. B. sehr gut möglich, daß bei den Versuchen mit Asparagin und Alanin sich die Alaninkurve der Asparaginkurve immer mehr nähert und sie schließlich sogar schneidet. Wenn dieses vielleicht nach 10 Tagen eintritt, so besitzt das Alanin, wenn die 10 Tage insgesamt betrachtet werden, einen ebenso großen Nährwert wie das Asparagin und er kann nach 11 Tagen sogar größer sein. Nach 5 Tagen betrachtet ist jedoch der Nährwert des Asparagins bedeutend besser als der des Alanins. Ähnliche Verhältnisse können bei den Zuckerarten, sofern sie überhaupt als Kohlenstoffquelle in Betracht kommen, vorliegen. Die Zeit spielt also auch bei der Beurteilung des Nährwertes einer Substanz eine bedeutende Rolle.

Zum Schlusse möge noch ein Versuch Erwähnung finden, bei welchem durch einen erst später bemerkten Wägefehler etwas größere Mengen Natriumcarbonat und Kaliumphosphat in die Nährlösung hineingelangten; alle anderen Substanzen, Glukose, Asparagin usw., waren in der gewöhnlichen Menge vorhanden.

Tabelle 33.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	1	5,5383	0,5412	117,60	+0,0810	+ 17,60
2	3	5,3685	0,5246	114,00	+0,0644	+ 14,00
3	5	5,0155	0,4902	106,75	+0,0300	+ 6,75
4	7	5,2090	0,5091	110,61	+0,0489	+ 10,61
5	9	5,1273	0,5011	108,88	+0,0409	+ 8,88

Tabelle 34.

Zeit in Tagen	Kolben Nr.	Kalomel g	Noch vorhandene HCOOH g	Noch vorhandene HCOOH %	Vergoren HCOOH g	Vergoren HCOOH %
1	2	5,5491	0,5423	117,84	+0,0821	+ 17,84
2	4	5,3965	0,5274	114,60	+0,0672	+ 14,60
3	6	5,2165	0,5098	110,77	+0,0496	+ 10,77
4	8	5,1803	0,5063	110,01	+0,0461	+ 10,01
5	10	5,1390	0,5022	109,13	+0,0420	+ 9,13

Mittlere Tabelle.

Relative Werte:

+ 17,72
 + 14,30
 + 10,77
 + 10,31
 + 9,01

Absolute Werte:

+ 816
 + 658
 + 496
 + 475
 + 415

Menge der während der einzelnen Tage
vergorenen Ameisensäure.

Relative Werte:	Absolute Werte:
+17,72	+ 816
— 3,42	+ 158
— 3,53	— 162
— 0,48	— 21
— 1,30	— 60

Zum Vergleich dieser Werte mit den Werten einer normal zusammengesetzten Nährlösung seien die mit einer solchen (Tabelle 1 und 2) erhaltenen noch einmal aufgeführt

Mittlere Tabelle.

Relative Werte:	Absolute Werte:
+ 6,72	+ 310
— 2,41	— 111
— 10,07	— 462
— 17,00	— 782
— 23,38	— 1076

Menge der während der einzelnen Tage
vergorenen Ameisensäure.

Relative Werte:	Absolute Werte:
+ 6,72	+ 310
— 9,13	— 421
— 7,66	— 351
— 6,93	— 320
— 6,38	— 294

Sowohl bei der normal zusammengesetzten Nährlösung als auch bei der falschen bildet sich innerhalb des ersten Tages Ameisensäure: die Menge der gebildeten Ameisensäure ist aber in der falschen Nährlösung beinahe dreimal so groß als in der normalen. In beiden Nährlösungen setzt die Vergärung am zweiten Tage ein; sie erreicht aber in der falschen Nährlösung lange nicht die Werte, wie sie mit der normalen

erhalten werden. Die Beobachtung der Wachstumserscheinungen ließ keinen Unterschied zwischen den beiden Nährlösungen erkennen. Der Versuch zeigt also, daß schon geringfügige Änderungen in der Konzentration einzelner Komponenten der Nährlösung beträchtliche Änderungen in dem Ameisensäurevergärungsvermögen veranlassen, während eine Änderung der Wachstumserscheinungen nicht zu beobachten ist. Auf eine ganz konstante Zusammensetzung der Nährlösung muß also bei vergleichenden Versuchen der größte Wert gelegt werden.