

(Aus der Kinderklinik der Medizinischen Akademie in Düsseldorf. — Direktor:
Geheimrat Prof. Dr. A. Schloßmann.)

Untersuchungen über die Kohlehydratverdauung des Säuglings.

VIII. Mitteilung.

Beiträge zur Verdauungsphysiologie der Malzextrakte.

Von

Hans Paffrath und Alfons Kaeß.

(Eingegangen am 13. November 1930.)

Die Malzextrakte nehmen unter den in der Säuglingsernährung gebräuchlichen Kohlehydraten eine Sonderstellung ein. Ihrer chemischen Zusammensetzung nach gehören sie, streng genommen, zu den Dextrin-Maltosegemischen, ihre verdauungsphysiologische Wirkung ist aber eine völlig andere. Sie haben, im Gegensatz zu diesen, eine ausgesprochen abführende Wirkung.

Diese besondere Eigenschaft der Malzextrakte wird im allgemeinen (Literatur, siehe I. Mitteilung¹) auf Begleitstoffe zurückgeführt, über deren Natur und Wirkung auf die Verdauungstätigkeit man noch im Unklaren ist. Wahrscheinlich handelt es sich um Kondensationsprodukte von Kohlehydraten — Caramelisierungsprodukte (*Bessau*²) — oder von Kohlehydraten und Eiweißabbaustoffen — „Melanoidine“ (*Freudenberg*³). Beide Möglichkeiten sind gegeben, da sowohl eine Kondensation von Kohlehydraten wie eine solche von Maltose mit in den Malzextrakten vorhandenen Eiweißabbauprodukten denkbar ist (*Pringsheim* und *Winter*⁴). Wir möchten aber darauf hinweisen, daß vielleicht noch andere Begleitstoffe, wie die Pentosane, für die abführende Wirkung von Bedeutung sein können.

In der vorliegenden Mitteilung haben wir versucht, die für die spezifische Wirkung der Malzextrakte maßgebenden Faktoren zu ermitteln. Zu diesem Zweck wurde zunächst die chemische Zusammensetzung nach neueren Methoden nachgeprüft, wobei wir bestrebt waren, sämtliche Komponenten der Malzextrakte zu ermitteln. Die analytische Erfassung der in den Malzextrakten enthaltenen Kondensationsprodukte ist bis heute in Ermangelung exakter chemischer Methoden nicht möglich.

Wir versuchten ferner, die spezifische Wirkung der Malzextrakte auf die Verdauung zu klären und festzustellen, worauf ihre abführende Wirkung zurückzuführen ist.

Die oben erwähnten Begleitstoffe können auf verschiedene Weise die Verdauung beeinflussen:

1. durch unmittelbare pharmakologische Erregung der Dünndarmmotorik;
2. durch spezifische Anregung der Drüsensekretion;
3. durch Beeinflussung der Resorptionsgeschwindigkeit;
4. durch Begünstigung der Dickdarmgärung.

*Aron*⁵ und *Heim*⁶ nehmen an, daß die „Extraktivstoffe“ bzw. „Reizstoffe“ des Malzextraktes eine peristaltikerregende Wirkung ausüben. Der eine von uns (*Paffrath*⁷) hat aber in neueren Untersuchungen gezeigt, daß weder die Malzextrakte noch dunkelbraun caramelisierter Rohrzucker in 10proz. Lösungen irgendeine chemisch-pharmakologische Wirkung auf die Dünndarmmotorik ausübt. Demnach muß diese Möglichkeit außer Betracht gelassen werden.

Eine Anregung der Sekretion durch Reizung der sensiblen Schleimhautnerven kann durch diese Begleitstoffe sehr wahrscheinlich hervorgerufen werden. Nach *Bickel* und *van Eweyk*⁸ werden beim Rösten von Kaffee histaminähnliche Stoffe gebildet, deren sekretionserregende Wirkung nachgewiesen wurde. *Bickel*⁹ beobachtete, daß sogar eine sekretorische Erregung auftritt, wenn pflanzliche Röstprodukte subcutan oder intravenös infundiert werden.

Die Resorptionsgeschwindigkeit der Malzextrakte kann dadurch beeinflußt werden, daß die hochmolekularen Begleitstoffe schlecht oder gar nicht resorbiert werden (*Usuki*¹⁰, *Bessau*², *Freudenberg* und *Heller*¹¹, *Freudenberg*³ u. a.), ferner auch dadurch, daß die Resorption der sonst leicht resorbierbaren Kohlehydrate durch die Anwesenheit der Begleitstoffe gehemmt wird. Resorptionsversuche, die diese Fragen klären könnten, wurden bisher nicht durchgeführt. Man hat sich damit begnügt, aus der Reaktion, der Bakterienflora, dem Aussehen und den reduzierenden Substanzen des Stuhles Rückschlüsse auf die Resorptionsgeschwindigkeit zu ziehen, deren Beweiskraft in der 1. Mitteilung¹ bezweifelt wurde.

Eine Begünstigung der Dickdarmgärung darf immer dann erwartet werden, wenn nicht resorbierte, gärfähige Kohlehydrate in die unteren Darmabschnitte gelangen. Für diesen Vorgang ist es gleichgültig, ob die Kohlehydrate infolge Sekretionsreiz und dadurch bedingter indirekter Peristaltikbeschleunigung (vermehrter Füllungsdruck!) oder durch Resorptionshemmung das Bereich der Gärungserreger erreichen.

Um diese Fragen zu klären, verfolgten wir die Resorptionsgeschwindigkeit einiger gebräuchlicher Malzextrakte — Malzextrakt und Malzsuppenextrakt (Löflund) — in abgebundenen Dünndarmschlingen von Kaninchen und in der Thiry-Vella-Schlinge eines Hundes unter verschiedenen Bedingungen.

Die chemische Zusammensetzung der Malzextrakte.

Die Zusammensetzung der Malzextrakte der Firma Löflund wurde in verschiedenen Proben bestimmt. Die Mittelwerte sind aus Tab. 1 zu entnehmen. In dieser Tabelle sind die einzelnen Komponenten von frischem Malzextrakt, 3 Jahre gealtertem Malzextrakt und von Malzsuppenextrakt gegenübergestellt.

Die Trennung und Analyse der Zuckergemische erfolgte nach neueren Methoden von *W. Braun* und *B. Bleyer*¹², die uns auch zur Untersuchung des Nähr- und Kinderzuckers (1. Mitteilung¹) gedient hatten. Da es durch diese Methode möglich ist, Glykose neben Maltose getrennt zu bestimmen, wurden in den 3 Extrakten regelmäßig etwa 10—12% Glykose festgestellt. Die chemische Zusammensetzung der Malzextrakte schwankt je nach der Herkunft des Malzes. Sonst stimmt die Zusammensetzung der einzelnen Kohlehydratkomponenten ziemlich mit den früher bekannten Werten überein.

Auf die Anwesenheit von Pentosanen in den Malzextrakten wurde bisher, soweit wir die Literatur verfolgen können, nicht geachtet. Die Bestimmung* erfolgte nach der in der Brauereitechnik geübten Methode über das Furfurol und Phloroglucid. Es wurden regelmäßig deutlich nachweisbare Mengen von Pentosanen (1,72—1,74%) gefunden, auf deren Bedeutung wir noch weiter unten zurückkommen.

Tabelle 1.

	Malzextrakt frisch % Mittel	Malzextrakt alt % Mittel	Malzsuppenextrakt % Mittel
Pentosane.	(1,72)	(1,72)	(1,74)
Dextrine**	13,48	12,56	15,56
Maltose	42,52	39,62	38,12
Glykose.	10,45	10,81	11,79
Kohlehydrate	66,45	62,99	65,47
Eiweiß	5,29	6,43	5,57
Wasser	ca. 20—22	ca. 20—22	ca. 20—22
Asche	1,20	1,20	1,20
Färbekraft Lintner. .	0	57,8	27,6
$\frac{n}{10}$ Jod.	0	1,6	0,6
p_H (10 prozentige Lösung bei 21° Celsius)	5,6	4,8	7,03

* Die Bestimmung der Pentosane wurde von Herrn Dr. *Franz Kaeß* (München) ausgeführt. Wir sprechen ihm an dieser Stelle unseren Dank aus.

** Die Dextrine wurden aus dem Reduktionswert nach der Hydrolyse nach Abzug der Glykose und Maltose errechnet. In dem Reduktionswert sind auch die Pentosane inbegriffen, deren Reduktionsfaktor nicht bekannt ist.

Der gealterte Malzextrakt, der 3 Jahre gelagert hatte, unterschied sich von dem frischen durch seine tief gebräunte Farbe, während dieser nur einen schwach hellbraunen Farbton hatte. Der frische Malzsuppenextrakt nahm, was seine Färbung betrifft, etwa eine Mittelstellung zwischen beiden ein. Die Färbekraft des Malzextraktes wurde nach den in der Brauereitechnik üblichen colorimetrischen Titration mit n_{10}^{10} Jod (Tab. I) und nach *Lintner* bestimmt.

Die Bestimmung des Wassergehaltes erfolgte nach einer volumetrischen Methode.

Die Bestimmung der Färbekraft hatte für die Resorptionsversuche ein besonderes Interesse, weil man annehmen muß — unter der Voraussetzung, daß die Färbekraft mit der Anwesenheit von kolloidalen Kondensationsprodukten parallel geht —, daß sich die Resorptionsgeschwindigkeit von frischem und gealtertem Malzextrakt unterscheidet.

Der gealterte Extrakt war deutlich saurer als der frische (p_H elektrometrisch bestimmt), während der frische Malzsuppenextrakt entsprechend seinem Alkalizusatz fast neutral reagierte.

Die in der Tabelle als „Eiweiß“ aufgeführten Zahlen sind durch die übliche Umrechnung des nach *Kjeldahl* ermittelten Gesamtstickstoffwertes errechnet. Da es sich aber hauptsächlich um Eiweißabbauprodukte handelt, bedeuten diese Zahlen nur Annäherungswerte.

Resorptionsversuche.

Zur Methodik: Die Versuche wurden an abgebundenen, durchbluteten Dünndarmschlingen von narkotisierten Kaninchen und an der Thiry-Vella-Schlinge eines Hundes durchgeführt. Dieses Versuchstier, ein weiblicher, deutscher Schäferhund (etwa 1 Jahr alt und etwa 12 kg schwer), war während der Zeit, in der die Versuche angestellt wurden, bei guter Gesundheit. Die Länge der Versuchsschlinge — mit Hilfe eines Gummischlauches in vivo gemessen — betrug 35 cm. Bezüglich methodischer Einzelheiten verweisen wir auf die 5. Mitteilung. (Z. Kinderheilk. 49, 622 [1930].)

1. Beziehungen zwischen der Resorptionsgeschwindigkeit von Malzextrakten und diesen ähnlich zusammengesetzten Kohlehydratgemischen.

Als Vergleichszucker diente ein Dextrin-Maltosegemisch, (Soxhlets Nährzucker), dessen chemische Zusammensetzung bekannt war. Durch Zusatz von Maltose und Glykose wurde fast die gleiche Zusammensetzung der einzelnen Kohlehydratkomponenten der analysierten Malzextraktlösungen erzielt. Die Kontrolle unterschied sich von der Versuchslösung nur dadurch, daß in ihr die unbekannten Begleitstoffe, die Pentosane und die Eiweißabbauprodukte fehlten. Der Gesamtreduktionswert (nach der Säurehydrolyse), der in den Tabellen als eingefüllte oder nachgewiesene Menge angeführt ist, stimmte bei beiden Lösungen annähernd überein. Wenn nicht besonders in den Tabellen vermerkt, wurde die Acidität beider Lösungen colorimetrisch auf den gleichen p_H durch Zusatz von Natronlauge oder Salzsäure eingestellt.

In kurz dauernden Resorptionsversuchen wurden beide Kohlehydratgemische, sowohl Versuchs- als Vergleichslösung, annähernd gleich schnell

resorbiert. Diese Befunde wurden sowohl beim Kaninchen (Tab. 2 und 5) wie beim Hund (Tab. 3, 4, 6 u. 7) erhoben. Auch der gealterte Malzextrakt (Tab. 5—7) zeigte gegenüber dem frischen in dieser Beziehung keine Unterschiede.

Die verschiedene Wasserstoffionenkonzentration der eingefüllten Vergleichslösung war dabei ohne Belang (Tab. 5 u. 6). Nur in der Versuchsserie 6 (Tab. 7) blieb die Resorptionsgeschwindigkeit des gealterten Malzextraktes etwas hinter der des Vergleichszuckers zurück. In dieser Serie war die Wasserstoffionenkonzentration der eingefüllten Lösungen gleich (p_H 6,2).

Tabelle 2. *Kaninchen* ♂, 1055 g, 3. X. 1929.
Malzextrakt frisch (M. f.). Dextrin-Maltosegemisch (D).

Serie 1	Dauer in Min.	Eingefüllt				Nachge- wiesen g	Resorbiert		Flüssig- keit ccm
		Zucker	ccm	%	g		g	%	
Versuch 1 . .	60	M. f.	30	7,2	2,16	1,27	0,89	41,2	0
„ 2 . .	60	D	30	7,2	2,16	1,24	0,92	42,6	— 10
„ 3 . .	60	M. f.	30	7,2	2,16	1,26	0,90	41,6	— 5
„ 4 . .	60	D	30	7,2	2,16	1,22	0,94	43,5	0
„ 5 . .	60	M. f.	30	7,2	2,16	1,37	0,79	36,6	0
„ 6 . .	60	D	30	7,2	2,16	1,45	0,71	32,9	+ 5

Teil des Darms	Länge cm	Gewicht g	Restzucker		
			Ausgedr. Flüssigkeit	g Zucker	% Zucker
Ileum . . .	95	18	Spuren		

Tabelle 3. *Hund*, 7. X. 1929.
Malzextrakt frisch (M. f.). Dextrin-Maltosegemisch (D).

Serie 2	Dauer in Min.	Eingefüllt				Nachge- wiesen g	Resorbiert		Flüssig- keit ccm
		Zucker	ccm	%	g		g	%	
Versuch 1 . .	30	M. f.	30	10,62	3,19	1,38	1,81	56,8	— 10
„ 2 . .	30	D	30	10,80	3,24	1,52	1,72	53,1	— 10
„ 3 . .	30	M. f.	30	10,62	3,19	1,94	1,25	39,2	— 10
„ 4 . .	30	D	30	10,80	3,24	1,70	1,54	47,5	+ 10

Tabelle 4. *Hund*, 9. X. 1929.
Malzextrakt frisch (M. f.). Dextrin-Maltosegemisch (D).

Serie 3	Dauer in Min.	Eingefüllt				Nachge- wiesen g	Resorbiert		Flüssig- keit ccm
		Zucker	ccm	%	g		g	%	
Versuch 1 . .	30	D	30	10,80	3,24	1,46	1,78	55,0	— 10
„ 2 . .	30	M. f.	30	10,62	3,19	1,62	1,57	49,3	— 10
„ 3 . .	30	D	30	10,80	3,24	1,45	1,79	55,2	+ 10
„ 4 . .	30	M. f.	30	10,62	3,19	1,52	1,67	52,4	+ 5
Kontrollversuch	0	D	30	10,80	3,24	3,24	0	0	—

Tabelle 5. *Kaninchen* ♀, 2270 g, 14. X. 1929.
Malzextrakt alt (M. a.) p_H 5,2. Dextrin-Maltosegemisch (D) p_H 6,2.

Serie 4	Dauer in Min.	Eingefüllt				Nachge- wiesen g	Resorbiert		Flüssig- keit ccm
		Zucker	ccm	%	g		g	%	
Versuch 1 . .	60	D	30	15,76	4,72	3,84	0,88	18,7	+35
„ 2 . .	60	M. a.	30	13,72	4,12	3,40	0,72	17,5	+35
„ 3 . .	60	D	30	15,76	4,72	3,90	0,82	17,4	+20

Teil des Darms	Länge ccm	Gewicht g	Restzucker		
			Ausgedr. Flüssigkeit	g Zucker	% Zucker
Ileum . . .	125	16	0	0	0

Tabelle 6. *Hund*, 16. X. 1929.
Malzextrakt alt (M. a.) p_H 5,2. Dextrin-Maltosegemisch p_H 6,2.

Serie 5	Dauer in Min.	Eingefüllt				Nachge- wiesen g	Resorbiert		Flüssig- keit ccm
		Zucker	ccm	%	g		g	%	
Versuch 1 . .	30	D	30	15,76	4,72	2,98	1,74	36,9	± 0
„ 2 . .	30	M. a.	30	13,72	4,12	2,76	1,36	33,0	+10
„ 3 . .	30	M. a.	30	13,72	4,12	2,72	1,40	34,0	± 0
„ 4 . .	30	D	30	15,76	4,72	3,12	1,60	33,9	± 0

Tabelle 7. *Hund*, 18. X. 1929.
Malzextrakt alt (M. a.) p_H 6,2. Dextrin-Maltosegemisch p_H 6,2.

Serie 6	Dauer in Min.	Eingefüllt				Nachge- wiesen g	Resorbiert		Flüssig- keit ccm	p _H	
		Zucker	ccm	%	g		g	%		vor	nach
Versuch 1 .	30	D	30	15,76	4,72	3,08	1,64	34,8	+20	6,2	7,0
„ 2 .	30	M. a.	30	13,72	4,12	3,08	1,04	24,6	+20	6,2	7,0
„ 3 .	30	D	30	15,76	4,72	3,37	1,35	28,6	+25	6,2	7,0
„ 4 .	30	M. a.	30	13,72	4,12	3,08	1,04	24,6	+20	6,2	7,0
„ 5 .	120	M. a.	30	13,72	4,12	0,61*	3,51	83,0	-15	6,2	7,2

Beim letzten Versuch in Serie 6 (Tab. 7) wurde der gealterte Malzextrakt 2 Stunden lang in der Schlinge belassen und dann erst ausgespült. Es waren nur 84% resorbiert worden. Die ausgespülte Lösung war noch tiefbraun gefärbt, sie wurde colorimetrisch nach Reinigung von groben Suspensionen mit einer entsprechend verdünnten Malzextraktlösung verglichen. Trotzdem nach 2 Stunden der größte Teil der Kohlehydrate resorbiert war, fanden sich noch etwa 93% der Farbstoffe in der ausgespülten Flüssigkeit wieder. Ein gleiches Verhalten wurde auch in Serie 8 (Tab. 9) beobachtet.

Hieraus darf geschlossen werden, daß die gefärbten Begleitstoffe des Malzextraktes im Dünndarm praktisch nicht resorbiert werden.

* Der Farbton wurde mit der eingestellten Lösung colorimetrisch verglichen: 28/30 = 93% des braunen Farbtones noch vorhanden.

In *langdauernden* Resorptionsversuchen (120 Minuten) wurden jedoch regelmäßig Unterschiede in der Resorptionsgeschwindigkeit beobachtet (Tab. 8—10). Nach 2 Stunden waren 10—20% des Malzextraktes nicht resorbiert, während der Vergleichszucker bis auf wenige Prozente verschwunden war. Ein Unterschied in der Resorptionsgeschwindigkeit von frischem und gealtertem Malzextrakt besteht aber auch bei längerer Resorptionsdauer nicht.

Tabelle 8. *Hund, 21. X. 1929.*
Malzextrakt frisch (M. f.). Dextrin-Maltosegemisch.

Serie 7	Dauer in Min.	Eingefüllt				Nach- gewiesen g	Resorbiert		Flüssig- keit ccm	p _H	
		Zucker	ccm	%	g		g	%		vor	nach
Versuch 1 . .	120	D	30	7,55	2,26	0,18	2,12	93,9	—10	6,0	7,0
„ 2 . .	120	M. f.	30	7,13	2,14	0,42	1,72	80,5	—10	6,0	7,0
„ 3 . .	120	D	30	7,55	2,26	0,25	2,01	89,0	—10	6,0	7,0

Tabelle 9. *Hund, 23. X. 1929.* Malzextrakt alt (M. a.). Malzextrakt frisch (M. f.).
Dextrin-Maltosegemisch (D). p_H 6,0.

Serie 8	Dauer in Min.	Eingefüllt				Nach- gewiesen g	Resorbiert		Flüssig- keit ccm
		Zucker	ccm	%	g		g	%	
Versuch 1	120	D	30	7,55	2,26	0,18	2,12	93,9	— 10
„ 2	120	M. a.	30	7,13	2,14	0,25*	1,89	88,4	± 0
„ 3	120	M. f.	30	7,13	2,14	0,23	1,91	89,3	— 5
„ 4	120	D	30	7,55	2,26	0,21	2,05	90,8	— 5

Tabelle 10. *Hund, 30. X. 1929.*
Malzextrakt alt (M. a.). Dextrin-Maltosegemisch.

Serie 9	Dauer in Min.	Eingefüllt				Nach- gewiesen g	Resorbiert		Flüssig- keit ccm
		Zucker	ccm	%	g		g	%	
Versuch 1	120	D	30	7,55	2,26	0,08	2,18	96,4	— 20
„ 2	120	M. a.	30	7,13	2,14	0,22	1,85	86,4	— 10
„ 3	120	D	30	7,55	2,26	0,09	2,17	96,0	— 20

Aus diesen Befunden kann geschlossen werden, daß sowohl der *frische* wie der *gealterte* Malzextrakt zuerst sehr schnell resorbiert wird, daß aber nach dem Verschwinden der leicht resorbierbaren Kohlehydrate solche zurückbleiben, die offenbar schwerer zur Resorption gelangen.

2. Die Resorption von Malzextrakten im Vergleich zu der von Milhzucker.

In Tab. 11 ist ein Versuchsbeispiel angeführt, in dem die Resorptionsgeschwindigkeit einer Lösung aus gealtertem Malzextrakt mit der einer Milhzuckerlösung verglichen wurde. Der *Malzextrakt* wurde in der gleichen Zeit (45 Minuten) etwa *dreimal schneller* als der *Milhzucker*

* Brauner Farbton unverändert.

resorbiert. Die gleichen Unterschiede wurden auch in einem Kaninchenversuch festgestellt.

Tabelle 11. *Hund*, 25. X. 1929. Milchzucker (M. Z.). Malzextrakt alt (M. a.).

Serie 11	Dauer in Min.	Eingefüllt				Nach- gewiesen g	Resorbiert		Flüssig- keit ccm
		Zucker	ccm	%	g		g	%	
Versuch 1	45	M. a.	30	7,13	2,14	1,20	0,94	44,0	± 0
„ 2	45	M. Z.	30	6,62	1,99	1,68	0,31	15,6	+ 30
„ 3	45	M. a.	30	7,13	2,14	1,13	1,01	47,2	± 0

Diese Unterschiede kommen auch in der Flüssigkeitsresorption zum Ausdruck, die beim Malzextrakt deutlich günstiger als beim Milchzuckerversuch war (vgl. Tab. 11).

3. Die Resorptionsgeschwindigkeit von caramelisiertem Rohrzucker.

Der caramalisierte Rohrzucker wurde hergestellt, indem krystallisierter Rohrzucker unter Umrühren in einer Porzellanschale vorsichtig erhitzt wurde. Nach dem Schmelzen wurde nur noch schwach erhitzt, um eine Verkohlung zu vermeiden, bis die Masse tiefbraun gefärbt war. Nach dem Caramelisierungsvorgang hatte der Gesamtreduktionswert (nach der Säurehydrolyse) um 10% des ursprünglichen Reduktionswertes abgenommen. Hieraus geht hervor, daß nur ein kleiner Teil des Zuckers caramalisiert war.

Trotzdem traten *erhebliche Resorptionsunterschiede* im Vergleich zu reinem Rohrzucker auf (Tab. 12 u. 13). In der gleichen Zeit war nur etwa die Hälfte des Caramelzuckers resorbiert. Auffallende Unterschiede wies auch die Flüssigkeitsresorption auf, die nur bei reinem Rohrzucker nachzuweisen war. Sogar nach 90 Minuten (Tab. 12) war von der eingefüllten Flüssigkeit bei den Caramelzuckerversuchen nichts resorbiert, obwohl in dieser Zeit etwa 50% des Zuckers verschwunden waren. Man kann aus diesem Verhalten schließen, daß *die caramalisierten Kondensationsprodukte einen Sekretionsreiz ausüben*.

Tabelle 12. *Hund*, 4. XI. 1929.
Caramelisierter Rohrzucker (C. R.). Rohrzucker (R. Z.). p_H 6,8.

Serie 12	Dauer in Min.	Eingefüllt				Nach- gewiesen g	Resorbiert		Flüssig- keit ccm	p_H^{**}
		Zucker	ccm	%	g		g	%		
Versuch 1	90	C. R.	30	9,0*	2,70	1,26	1,44	53,3	+ 30	7,0
„ 2	90	R. Z.	30	9,8	2,94	0,08	2,86	97,3	— 15	7,0
„ 3	90	C. R.	30	9,0	2,70	1,40	1,30	48,2	+ 30	7,0
„ 4	90	R. Z.	30	9,8	2,94	0,27	2,67	90,8	— 10	7,0

* Reduktionswert, Gewichtsprozent = 10 %.

** p_H der ausgespülten Lösungen nach dem Versuch (Tab. 12—15).

Tabelle 13. *Hund, 6. XI. 1929. Caramellzucker (C. Z.). Rohrzucker (R. Z.). p_H 6,8.*

Serie 13	Dauer in Min.	Eingefüllt				Nach- gewiesen g	Resorbiert		Flüssig- keit ccm	p_H
		Zucker	ccm	%	g		g	%		
Versuch 1	60	C. Z.	30	9,0	2,70	1,47	1,23	45,5	+ 30	7,1
„ 2	60	R. Z.	30	9,8	2,94	0,56	2,38	81,0	— 5	7,0
„ 3	60	C. Z.	30	9,0	2,70	1,17	1,53	56,6	+ 30	7,1
„ 4	60	R. Z.	30	9,8	2,94	0,57	2,37	80,5	— 5	7,0

Um die Frage zu entscheiden, ob die braungefärbten Caramelisationsprodukte diese oben beobachtete Resorptionsverzögerung bewirken, wurde ein Teil des tiefbraun gefärbten Zuckers durch Fällung mit Eisenhydroxyd weitgehend entfärbt, so daß ein nur schwach gelb gefärbtes Filtrat entstand. Dieser entfärbte Caramellzucker hatte an seiner Reduktionsfähigkeit im Vergleich zu dem entsprechend verdünnten Farbcaramel nichts eingebüßt, ein Beweis dafür, daß die ausgefallenen Farbstoffe nach der Säurehydrolyse keine reduzierenden Substanzen bilden konnten.

Die Resorptionsgeschwindigkeit dieses entfärbten Caramellzuckers war die gleiche wie die des tiefbraun gefärbten Caramels (Tab. 14 u. 15). Auch die Flüssigkeitsresorption war die gleiche. Hieraus geht hervor, daß die braunen Farbstoffe für die Resorptionsverschlechterung bedeutungslos sind, ferner daß sie nicht den beobachteten Sekretionsreiz ausüben. Die Stoffe des Caramellzuckers, die für einen Sekretionsreiz und für die Resorptionshemmung verantwortlich zu machen sind, müssen demnach nicht-kolloidale (d. h. nicht durch Eisenhydroxyd ausfällbare), ungefärbte Kondensationsprodukte sein, deren chemische Konstitution nicht bekannt ist.

 Tabelle 14. *Hund, 14. XI. 1929.
Farbcaramellzucker (F. Z.). Entfärbter Caramellzucker (E. Z.). p_H 6,8.*

Serie 14	Dauer in Min.	Eingefüllt				Nach- gewiesen g	Resorbiert		Flüssig- keit ccm	p_H
		Zucker	ccm	%	g		g	%		
Versuch 1	60	F. Z.	30	9,0	2,70	1,29	1,41	52,2	+ 30	7,0
„ 2	60	E. Z.	30	9,0	2,70	1,10	1,60	59,3	+ 30	7,0
„ 3	60	F. Z.	30	9,0	2,70	1,30	1,40	51,9	+ 30	7,0
„ 4	60	E. Z.	30	9,0	2,70	1,37	1,33	49,3	+ 30	7,0

 Tabelle 15. *Hund, 18. XI. 1929.
Farbcaramellzucker (F. Z.). Entfärbter Caramellzucker (E. Z.). p_H 6,8.*

Serie 15	Dauer in Min.	Eingefüllt				Nach- gewiesen g	Resorbiert		Flüssig- keit ccm	p_H
		Zucker	ccm	%	g		g	%		
Versuch 1	90	F. Z.	30	9,0	2,70	1,05	1,65	61,1	+ 20	7,0
„ 2	90	E. Z.	30	9,0	2,70	1,13	1,57	58,2	+ 10	7,0
„ 3	90	F. Z.	30	9,0	2,70	1,22	1,48	54,9	+ 15	7,0
„ 4	90	E. Z.	30	9,0	2,70	1,16	1,54	57,0	+ 15	7,0

Schlußfolgerungen.

Die Resorptionsversuche gewähren einen Einblick in die Resorptionsbedingungen der Malzextrakte. Sie werden außerordentlich schnell resorbiert — ebenso schnell wie ein Dextrin-Maltosegemisch —, bis ein Rest von schwer resorbierbaren Kohlehydraten zurückbleibt. Von diesen werden die braungefärbten kolloidalen Kondensationsprodukte praktisch überhaupt nicht resorbiert. Es müssen aber auch noch andere nicht gefärbte Kondensationsprodukte schlecht resorbierbar sein.

In Analogie zu dem Caramelisierungsvorgang konnte gezeigt werden, daß auch beim caramelisierten Rohrzucker diese nicht gefärbten und nicht kolloidalen Produkte für die Resorptionshemmung und einen eventuellen Sekretionsreiz von größerer Bedeutung als die kolloidalen Farbstoffe sind.

Über die chemische Konstitution dieser Begleitstoffe der Malzextrakte läßt sich nichts aussagen. Sehr wahrscheinlich handelt es sich um ähnliche Kondensationsprodukte, wie sie bei der Caramelisierung des Rohrzuckers entstehen. Vielleicht gehören auch die „Melanoidine“ zu ihnen.

Zu den schwer resorbierbaren Kohlehydraten der Malzextrakte sind außer diesen Kondensationsprodukten die *Pentosane* zu rechnen, die von uns regelmäßig nachgewiesen wurden. Nach *Scheunert*¹³ fehlen bei den Säugern Fermente im Darmkanal zur Aufspaltung der Pentosane. Diese Fermente scheinen auch nach langdauernder Verfütterung von Pentosanen nur ungenügend oder überhaupt nicht aufzutreten (*von Tschermak*¹⁴, *Roche*¹⁵).

Die Resorptionsgeschwindigkeit der Malzextrakte ist nach unseren Untersuchungen eine andere als die des Milchzuckers. Während dieser an sich viel langsamer resorbiert wird als jene, bleibt bei den Malzextrakten nach anfänglicher schneller Resorption ein kleiner Rest schwer spaltbarer Begleitstoffe zurück, die dann in den Dickdarm gelangen, wo sie zum Teil der Gärung anheimfallen. Durch diesen den Malzextrakten eigenen Resorptionsvorgang wird zwar die Dickdarmgärung begünstigt, die Dünndarmgärung aber vermieden, d. h. es geschieht das, was *Bessau*² die Anregung der „physiologischen Gärung“ bezeichnet. Es ist daher kein Zufall, daß die Malzextrakte als die Kohlehydratzusätze der Wahl bei Milchnährschaden und chronischer Verstopfung angesprochen werden.

Die abführende Wirkung des Milchzuckers hängt aber ganz von der jeweiligen resorptiven Leistung des Dünndarms ab. Wird sie infolge Überdosierung überschritten, so kann die beabsichtigte Anregung der „physiologischen Dickdarmgärung“ in eine „pathologische Dünndarmgärung“ umschlagen. Diese Gefahr besteht bei den Malzextrakten bei weitem nicht in diesem Maße, weil deren anfängliche Resorptionsgeschwindigkeit die des Milchzuckers erheblich übertrifft.

Zusammenfassung.

1. Bei der Resorption von Malzextrakten (Löflund) verschwinden leichtresorbierbare Kohlehydrate außerordentlich schnell, während ein kleiner Rest nur langsam oder überhaupt nicht resorbiert wird.
2. Frischer und gealterter Malzextrakt sind gleich gut resorbierbar.
3. Zu den nichtresorbierbaren Substanzen der Malzextrakte gehören die Pentosane, die in Mengen von 1,72% chemisch nachgewiesen wurden; ferner die kolloidalen Farbstoffe.
4. In Analogie zu dem Verhalten von caramelisiertem Rohrzucker gehören zu den schwer resorbierbaren Stoffen der Malzextrakte auch nichtgefärbte und nichtkolloidale Kondensationsprodukte von unbekannter chemischer Konstitution, die vielleicht auch als Sekretionserreger in Frage kommen.
5. Die Malzextrakte werden wesentlich schneller als Milchzucker resorbiert. Sie sind daher zur Anregung der „physiologischen Gärung“ besonders geeignet.

Literaturverzeichnis.

- ¹ Paffrath, H., u. A. Kaeß, Z. Kinderheilk. **48**, 67 (1929). — ² Bessau, G., Jb. Kinderheilk. **92**, 14 (1920). — ³ Freudenberg, E., Physiologie und Pathologie der Verdauung im Säuglingsalter. 1. Auflage. Berlin: Julius Springer 1929. — ⁴ Pringsheim, H., u. M. Winter, Biochem. Z. **177**, 406 (1926). — ⁵ Aron, H., Mschr. Kinderheilk. **13**, 359 (1915) — Jb. Kinderheilk. **92**, 82 (1920). — ⁶ Heim, Mschr. Kinderheilk. **13**, 495 (1915). — ⁷ Paffrath, H., Permeabilitätsstudien an der Darm-schleimhaut. Beiheft 28 zum Jb. Kinderheilk. Berlin: Verlag Karger 1931. — ⁸ Bickel, A., u. C. van Eweyk, Z. exper. Med. **54**, 76 (1926). — ⁹ Bickel, A., Arch. Verdgskrkh. **46**, 1 (1929). — ¹⁰ Usuki, Jb. Kinderheilk. **72**, 18 (1910). — ¹¹ Freudenberg, E., u. O. Heller, Jb. Kinderheilk. **96**, 49 (1921). — ¹² Braun, W., u. B. Bleyer, Z. anal. Chem. **76**, 1 (1929). — ¹³ Scheunert, A., Verdauung der Wirbeltiere. Handbuch der Biochemie von Oppenheimer. 2. Auflage. **5**, 56 u. 171 (1924). — ¹⁴ von Tschermak, Biochem. Z. **45**, 452 (1912). — ¹⁵ Roche, A., Vortrag, gehalten auf dem 8. internat. Physiologenkongreß in Boston 1929. Abstracts of communications **1929**, 227.

Düsseldorf, Moorenstr. 5.
