

- Chem. 54, 170 (1941). — 4. NIADAS, E. und L. ROBERT, *Experientia* 14, 399 (1958). — 5. TARJÁN, R., E. SÁNDI und A. DÉNES, *Acta phys. Hung.* 5, 313 (1954). — 6. ROE, J. H. und C. A. KUETHER, *J. Biol. Chem.* 147, 399 (1943). — 7. CIELESZKY, V., *Kísérletügyi Közlemények* 47, 70 (1947). — 8. PRIPUTINA, L., *Sz. Voproszi Pitaniija* 17/1, 73 (1958). — 9. BURN, J. J., *The metabolism of l-ascorbic acid. Symposium on vitamin metabolism.* (New York 1956). — 10. GUHA, B. C. und A. R. GOSH, *Nature* 134, 739 (1934). — 11. UNDERWOOD, E. J., *Trace Elements in Human and Animal Nutrition.* (New York 1956). — 12. SZÓKE, K. und T. ZEMPLÉNI, *Int. Z. Vitaminforsch.* (im Druck).

Anschrift der Verfasser:

Dr. T. ZEMPLÉNI u. Dr. K. SZÓKE, Institut f. Ernährungswissenschaft Budapest (Ungarn)

*Aus dem Institut für Ernährung in Potsdam-Rehbrücke der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin; Bereich: Verarbeitung der Lebensmittel
(Direktor: Prof. Dr. Dr. h. c. K. Täufel)*

Zur thiaminsparenden Wirkung „schwer resorbierbarer“ Kohlenhydrate*)

VON H. RUTTLOFF, W. BOCK und H. ACKERMANN

Mit 1 Abbildung und 2 Tabellen

(Eingegangen am 14. März 1962)

Nach MORGAN und YUDKIN (1) können thiaminfrei ernährte Ratten und Mäuse unter Aufrechterhaltung des Wachstums ernährt werden, wenn das Futter – unbeschadet eines beträchtlichen Gehaltes an Kohlenhydraten (z. B. bis zu 40% Glukose oder Saccharose) – einen Zusatz von 10 oder 20% Sorbit enthält. Die Autoren beobachteten bei solchen Sorbit-Tieren deutlich vergrößerte Caeca. Sie schlossen aus ihren Untersuchungsergebnissen auf eine Stimulierung der Entwicklung einer Vitamin B₁-synthetisierenden Bakterienflora mit nachfolgender Resorption des Wirkstoffes, wodurch die Tiere weitgehend unabhängig von der exogenen Thiaminzufuhr werden. MEHNERT und Mitarb. (2) konnten die Ergebnisse von MORGAN und YUDKIN nicht bestätigen. Andere Autoren stellten gleichfalls eine Vitamin B₁-Sparwirkung des Zuckeralkohols fest (3–9), wenn auch gelegentlich eine gewisse Schwankung des Effektes beobachtet wurde (8). Nach HOLLMANN (5) soll Sorbit auch im menschlichen Organismus die intestinale Thiaminsynthese fördern, die Befunde von PEPPLER u. a. (10) hingegen lassen eine solche endogene Thiaminzufuhr beim Menschen nicht erkennen. Verschiedentlich wird von einer vermutlichen Biosynthese auch anderer Vitamine der B-Gruppe nach Sorbitgabe berichtet (1, 5, 8, 9, 12).

Die Vergrößerung des Caecums nach Sorbitfütterung wird allgemein bestätigt (2, 3, 8), die Frage nach einer Umstimmung der Fäkalflora aber ist nicht geklärt (5, 8, 22). Für die Beteiligung der Darmbakterien am Vitamin B₁-Spareffekt spricht die völlige Verhinderung desselben durch Sulfonamidgaben (6).

*) Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. K. TÄUFEL zum 70. Geburtstag gewidmet.

Eine mögliche, erstmals von den Forschergruppen CHOW und Mitarb. (14) sowie GREENBERG und Mitarb. (15) beobachtete *resorptionssteigernde* Wirkung des Sorbits auf exogen zugeführtes Vitamin B₁₂ ist von der Fachwelt kritisch aufgenommen worden (16, 17, 18), ohne daß eine endgültige Klärung bisher erzielt worden ist.

Wie der Tierversuch bei genauerem Studium lehrt, wird der Vitamin-B₁-Spareffekt – trotz anfänglich gegenteiliger Ansichten (5, 19) – bei Verhinderung der Coprophagie (6, 13, 20–22) nicht manifest. Auch Antibiotika wirken nach MAMEESH und Mitarb. (24) – ähnlich Sorbit über die Darmflora – vitamin-sparend nur dann, wenn den Tieren Coprophagie möglich ist. Offenbar ist eine zweite Darmpassage des mit dem Vitamin angereicherten Kotes erforderlich, wenn das Tier lediglich auf bakteriell erzeugtes Thiamin angewiesen ist. Das in dieser Richtung nicht ganz einheitliche Verhalten der Tiere sollte nicht übersehen werden; dies könnte eine zusätzliche Erklärung für die Variabilität des Spareffektes sein. Die Untersuchungsergebnisse von GASSMANN und Mitarb. (23), nach denen die distalen Darmabschnitte der Ratte nur in beschränktem Umfang zur Resorption von Thiamin befähigt sind, sprechen ebenfalls für diese Befunde.

Voraussetzung für die Einwirkung des verfütterten Zusatzstoffes auf die Darmflora ist notwendigerweise eine gewisse „Schwerresorbierbarkeit“. Über die Resorption des Sorbits ist in der Literatur berichtet worden (8, 25–32); es sei aber erwähnt, daß die Interpretation der nicht einheitlichen Befunde noch nicht völlig abgeklärt ist. MEHNERT und Mitarb. (22) machen diese Schwerresorbierbarkeit des Sorbits geradezu für den nach ihrer Meinung nur scheinbaren Thiamin-Spareffekt verantwortlich; nach ihrer Ansicht verhindert die langsame Resorption des Zuckeralkohols eine plötzliche Überschwemmung des an Vitamin B₁ verarmten Tierorganismus, so daß dieser auch mit geringen Thiaminreserven auskommen kann; es sei bemerkt, daß bei den Untersuchungen von MEHNERT und Mitarb. (22) Coprophagie ausgeschlossen war. Um so mehr erhebt sich die Frage, ob weitere „schwer resorbierbare“ Kohlenhydrate den thiaminsparenden Effekt aufweisen bzw. ob diese Eigenschaft die einzige Bedingung hierfür darstellt. Sorbit steht hinsichtlich seiner „Schwerresorbierbarkeit“ durchaus nicht an erster Stelle, zahlreiche Kohlenhydrate dürften vielmehr den Zuckeralkohol übertreffen.

Nach der von FRIDERICIA und Mitarb. (33) im Jahre 1927 mitgeteilten „Refektion“ lassen sich Ratten bei Verabfolgung von roher Reisstärke thiamin-frei ernähren; über Ähnliches wird bei der Verabfolgung von Zellulose berichtet (34). BARNES und Mitarb. (35) verwendeten Dextrin als Kohlenhydratquelle zur thiaminfreien Aufzucht von Ratten. HEDLEY und YUDKIN (9) sowie MORGAN und YUDKIN (21) verabfolgten Ratten eine kohlenhydrat- und thiamin-freie Grunddiät, der sie verschiedene Mengen an Glukose, Fruktose, Sorbose, Arabit, Inosit oder Pentaerythrit zugesetzt haben. Nur die zusätzlich mit Sorbit, Sorbose, Arabit, Inosit oder Pentaerythrit gefütterten Tiere ließen sich am Leben erhalten. Nach eigenen Arbeiten besitzt auch Laktose einen Thiamin-Spareffekt (36). NATH und MEGHAL (13) beobachteten normales Wachstum, erhöhte Thiaminablagerung in verschiedenen Geweben sowie gesteigerte Thiaminausscheidung gegenüber den Kontrollen bei Verfütterung von Gummi arabicum¹⁾ zu einer kohlenhydratfreien Vitamin-B₁-Mangeldiät an Ratten.

¹⁾ In der Veröffentlichung (13) unzutreffend mit „pectin“ bezeichnet.

Zellulose-Zugabe steht hinsichtlich dieser Befunde zurück, wenngleich äußere Anzeichen eines Thiaminmangels innerhalb der Versuchsdauer von 6 Wochen dabei nicht in Erscheinung treten. In sämtlichen, zuletzt angeführten Fällen sind die Tiere nicht an Coprophagie gehindert worden. Es ist jedoch nochmals darauf hinzuweisen, daß die getesteten Substanzen fast immer die einzigen Kohlenhydratkomponenten des Futters darstellten.

In eigenen Versuchen wird eine Klärung der Frage angestrebt, ob zwischen „Schwerresorbierbarkeit“ und Thiamin-Spareffekt eine Beziehung besteht. Die einzusetzenden Stoffe werden hierbei nicht als jeweils einziges Kohlenhydrat, sondern stets in Gegenwart des „Vitamin-B₁-Verbrauchers“ Saccharose dargeboten, wobei die Konzentration dieses Zuckers die der Testsubstanz erheblich übertrifft. Coprophagie ist aus den oben angeführten Gründen notwendigerweise erlaubt. Es werden auch körperfremde Oligo- und Polysaccharide herangezogen, da bei diesen am ehesten ein nur langsamer Umsatz im Intestinaltrakt zu erwarten ist.

Anhand von Fütterungsversuchen soll festgestellt werden, ob und in welchem Ausmaß die Tiere eine thiaminfreie Diät mit den zu testenden, schwer resorbierbaren Kohlenhydraten vertragen und ob ein kontinuierliches Wachstum gewährleistet ist. Die Abschnitte des Magen-Darm-Kanals der Tiere werden auf Anwesenheit der einzelnen Komponenten geprüft. Sämtliche Tiere sind durch Verfütterung mit Sorbit an die Tolerierung größerer Mengen schwer resorbierbarer Kohlenhydrate gewöhnt worden.

Arbeitsmethoden

1. Tierversuche

Fütterung. Einer größeren Anzahl von 4 Wochen alten Wistar-Ratten eigener Zucht mit einem Anfangsgewicht von 50 ± 5 g wird 4 Wochen lang ein Vitamin-B₁-Mangelfutter der nachfolgend angeführten Zusammensetzung mit einem zusätzlichen Anteil von 10% Sorbit dargeboten: 55% Saccharose, 15% Cocosfett, 20% vitaminfreies Casein, 5% Zellulosepulver, 5% Salzmischung nach McCOLLUM, 40 µg Vitamin B₂, 20 µg Vitamin B₆, 50 µg Pantothen säure, 10 µg Nikotinsäureamid; zusätzlich erhalten die Tiere wöchentlich einmal 10 I.E. Vitamin A, 4 I.E. Vitamin D₃, 20 µg Vitamin E und 4 mg Cholinhydrochlorid.

Die auf dieses Futter mit Gewichtsverlust reagierenden Tiere werden ausgeschieden; es handelt sich um ca. 15%. Man stellt sodann Gruppen von jeweils 10 Tieren (in einzelnen Fällen mehr) zusammen und verabfolgt ihnen das o. a. Mangelfutter mit folgenden zusätzlichen Kohlenhydratkomponenten: a) kein Zusatz (negative Kontrolle), b) tägliche Applikation von 10 µg Thiamin per Schlundsonde (positive Kontrolle), c) Sorbit (10%), d) Mannit (10%), e) Inosit (10%), f) Sorbose (10%), g) Sorbose (20%), h) Fruktose (10%), i) Dextrin (10%), j) Stärkesirup (20%), k) eine Mischung verschiedener Glukose-Reversionsprodukte (20%), l) Pektin (10%), m) Natriumalginat (10%), n) karamalisierte Saccharose (20%), o) durch Erhitzen gebräuntes Glukose-Glyzin-Gemisch. Die Gewichtskontrolle erfolgt 2mal wöchentlich. Der Versuch dauert 73 Tage.

Zur Untersuchung des Darminhaltes (vgl. nachfolgenden Abschnitt) werden zusätzlich pro Gruppe jeweils 3–4 Tiere in der beschriebenen Weise gefüttert.

Aufbereitung des Inhaltes einzelner Abschnitte des Magen-Darm-Traktes. Nach 25 Tagen werden aus jeder Gruppe 2–3 Tiere entnommen und nach der letzten Abendfütterung am nächsten Morgen getötet. Der Magen-Darm-Kanal aus einer Versuchsgruppe wird in 5 Abschnitte aufgeteilt (Magen, 3 Dünndarmabschnitte, Caecum, Colon), deren Inhalt (jeweils 1 g) mit 5 ml dest. Wasser kurz aufgekocht und anschließend 10 min lang bei 60–70 °C extrahiert wird. Nach dem Zentrifugieren der Suspension dekantiert man die überstehende Lösung zur weiteren Bestimmung ab.

2. Verfütterte Kohlenhydrate

Sorbit: Farbenfabriken Bayer/Leverkusen¹⁾.

Mannit, *Inosit*: E. Merck/Darmstadt¹⁾.

Sorbose, *Fruktose*: Aus Laborbeständen.

Dextrin: Hitzedextrin aus Laborbeständen.

Stärkesirup: Trockenstärkesirup „Driosan“, Stärkefabrik Kyritz¹⁾.

Glukose-Reversionsprodukte: Eine 70%ige Glukoselösung, die 0,3 n an Salzsäure ist, wird 1½ Std. im siedenden Wasserbad erhitzt. Nach dem Erkalten neutralisiert man mit Natronlauge. Das Chromatogramm zeigt neben der Ausgangssubstanz Glukose 9 Reversionsprodukte.

Pektin: Gereinigtes hochverestertes Apfeltrockenpektin „Grünbandpektin“, Obipektin AG/Bischofszell, Schweiz¹⁾.

Natriumalginat: Präparat „Algipon“, 778 L, Henkel & Co./Düsseldorf.

Karamelierte Saccharose („Karamelzucker“): Saccharose wird in einer Porzellanschale auf einer Kochplatte zum Schmelzen gebracht und weitere 5 min erhitzt. Nach dem Erkalten wird die Masse zerkleinert und zermahlen (E_{1cm} der 2%ig wäßrigen Lösung bei 420 nm: 0,691). Das chromatographische Bild zeigt neben Saccharose, Glukose und Fruktose zahlreiche Oligosaccharide mit geringerem R_f -Wert.

Glukose-Glyzin-Gemisch: Glukose und Glyzin werden im molaren Verhältnis gemischt und mit 20% Wasser angefeuchtet. Man erhitzt 20 min im siedenden Wasserbad und kühlt sodann ab. Auf dem Chromatogramm lassen sich neben Glukose und Glyzin ein weiterer Fleck (R_f -Wert kleiner als der des Glyzins; er reagiert positiv sowohl mit Zuckersprühereagenz wie auch mit Ninhydrin) sowie eine braune, am Startpunkt verbleibende Substanz nachweisen.

3. Qualitativer Nachweis der getesteten Kohlenhydrate

a) Chromatographische Technik

Von jeder Versuchsgruppe werden aus den Extrakten der Darminhalte 2 Papierchromatogramme (Schleicher & Schüll 2043a) angefertigt.

Der Nachweis des Pektins erfordert folgende Vorbehandlung: Die geklärten Extrakte werden mit je 0,1 g Pektinol K (Pektinasepräparat der Fa. Röhm & Haas G.m.b.H./Darmstadt¹⁾) versetzt und bei $pH = 4-4,5$ über Nacht bei 25 °C aufbewahrt. Die entstehende Galakturonsäure wird papierchromatographisch nachgewiesen.

Sorbit, *Mannit*. Verteilungsmittel: Äthylmethylketon/Eisessig/Wasser (mit Borsäure gesättigt) im Verhältnis 9 : 1 : 1. Entwicklung: Natriumperjodat + Kaliumpermanganat in der Arbeitsweise nach WOLFROM und Mitarb. (37).

Galakturonsäure. Verteilungsmittel: Pyridin/Essigester/Eisessig/Wasser im Verhältnis 5 : 5 : 1 : 3. Entwicklung: Erhitzen mit Anilin/Phthalsäure-Reagenz bei 105 °C.

Alle sonstigen Komponenten. Verteilungsmittel: Butanol/Äthanol/Wasser im Verhältnis 4 : 1 : 5. Entwicklung: Erhitzen mit Diphenylamin/Anilin/Phosphorsäure-Reagenz bei 105 °C.

Dextrin und *Inosit* wurden nicht chromatographisch erfaßt.

b) Nachweis von Natriumalginat

Die Untersuchungslösung wird mit 5–10 Tropfen ZWICKERS Reagenz (38) versetzt. Hierbei wird das gelöste Natriumalginat als schwer lösliches, bläuliches Kupferalginat gefällt. Zur Vervollständigung der Fällung und zur Sichtbarmachung derselben gibt man soviel einer 0,1%ig wäßrigen Rutheniumrotlösung hinzu, daß gerade der gesamte Farbstoff vom

¹⁾ Wir danken auch an dieser Stelle für die freundliche Überlassung der Präparate.

Niederschlag gebunden wird. Bei positivem Ausfall der Probe zeigt sich eine intensiv rot gefärbte, fadenförmig strukturierte Fällung. Der Nachweis ist unter den gegebenen Versuchsbedingungen spezifisch. Die Extrakte des Darminhaltes von Kontrolltieren ergeben bei Zusatz von ZWICKERS Reagenz nur geringfügige Fällungen, die jedoch Rutheniumrot nicht zu adsorbieren vermögen.

Ergebnisse

Die in Tab. 1 niedergelegten Befunde dienen der qualitativen Beurteilung über die Verweildauer der einzelnen Komponenten bei der Darmpassage. Der innerhalb der Dünndarmabschnitte teilweise beobachtete scheinbare Konzentrationsanstieg nach distalen Darmabschnitten hin ergibt sich aus den stark schwankenden Wasseranteilen der Darminhalte.

Tabelle 1. Chromatographischer Nachweis der verfütterten Kohlenhydrate in den einzelnen Abschnitten des Magen-Darm-Traktes der Ratte

| Verabfolgte Substanz | Magen | Dünndarmabschnitt | | | Caecum | Colon |
|----------------------------|-------|-------------------|-----|-----|-----------------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | | |
| Sorbit | + | — | (+) | + | — ¹⁾ | — |
| Mannit | + | — | (+) | + | — ¹⁾ | — |
| Sorbose | + | + | + | + | (+) | — |
| Fructose | + | + | — | — | — | — |
| Stärkesirup | + | (+) | (+) | — | — | — |
| Glukose-Reversionsprodukte | + | (+) | + | (+) | — | — |
| Pektin | + | + | + | + | (+) | — |
| Natriumalginat | + | + | + | + | + | + |
| Karamelisierte Saccharose | + | (+) | + | + | + | (+) |
| Glukose/Glyzin-Gemisch | + | — | (+) | (+) | (+) | + |

Erläuterungen: + positiv,

(+) noch nachweisbar,

— negativ,

¹⁾ Bei Verfütterung von 20% ist der Befund positiv.

Nach Tab. 1 nehmen die zugefütterten Komponenten – ausgenommen Natriumalginat – beim Passieren des Intestinaltraktes in ihrer Konzentration ab. Dies gilt auch für die Zusatzstoffe mit „unphysiologischen Bindungen“, wie sie in den Reversionsprodukten, in den Karamelsubstanzen sowie in den MAILLARD-Produkten vorliegen. Inwieweit und mit welcher Geschwindigkeit die untersuchten Stoffe von körpereigenen Enzymen im Verlaufe der Darmpassage aufgespalten werden, ist anhand der Befunde nicht zu entscheiden. Natriumalginat läßt sich in sämtlichen Darmabschnitten in hoher Konzentration nachweisen; bekanntlich wird die körperfremde Alginsäure wesentlich langsamer als das strukturverwandte Pektin durch körpereigene Enzyme bzw. durch die Darmflora abgebaut.

Zur Frage der „Schwerresorbierbarkeit“ ist festzuhalten, daß Natriumalginat, Sorbose und MAILLARD-Substanzen – zumindest unter den eingesetzten Konzentrationsverhältnissen – am längsten im Darmlumen nachweisbar sind.

Zusätzlich sei erwähnt, daß – nach hier nicht mitgeteilten Versuchen – bei Nichtgewöhnung der Tiere an die zu untersuchenden Komponenten der Umsatz dieser Kohlenhydrate weniger gut erfolgt.

Die Befunde zur thiaminsparenden Wirkung sind in Abb. 1 und Tab. 2 niedergelegt. Beide Darstellungen ergänzen sich, wobei folgende Vereinbarung gilt. Die Kurven nach Abb. 1 erfassen die Mittelwerte der Gewichts-differenzen

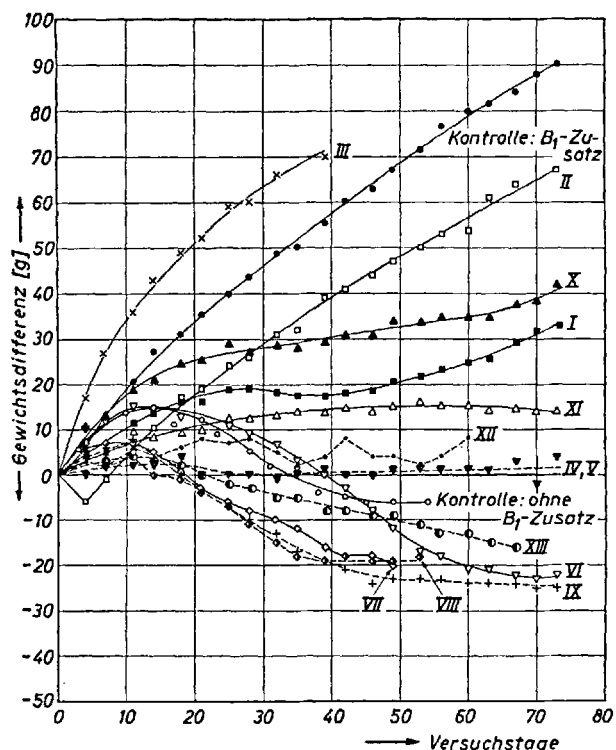


Abb. 1. Mittlere Gewichtsänderung der Versuchstiere bei der Fütterung mit einer Vitamin-B₁-freien Kost unter Zusatz „schwer resorbierbarer“ Kohlenhydrate. Erläuterungen: I Sorbit (10%); II Mannit (10%); III Inosit (10%); IV Sorbose (10%); V Sorbose (20%); VI Fructose (10%); VII Dextrin (10%); VIII Stärkesirup (20%); IX Glukose-Reversionsprodukte (20%); X Pektin (10%); XI Natriumalginat (10%); XII Karamelisierte Saccharose (20%); XIII Glukose/Glyzin-Gemisch (20%).

sämtlicher Tiere einer Gruppe mit fortschreitender Versuchsdauer. Hierbei sind die während dieser Zeit gestorbenen Tiere vom Todestag ab mit dem letzten gemessenen Lebendgewicht bis zum Versuchsende berücksichtigt.

Nach Abb. 1 läßt sich eine thiaminsparende Wirkung bei der Verabfolgung von Inosit, Mannit, Pektin und Sorbit erkennen. Der größte Wachstumseffekt tritt bei Inosit ein; an zweiter Stelle steht Mannit; es folgen mit Abstand Pektin und Sorbit. Allen anderen getesteten Substanzen kann ein merklicher Spareffekt nicht zugeordnet werden. Die schlechtesten Ergebnisse erzielt man mit Fructose, Dextrin, Stärkesirup, Reversionsprodukten und dem erhitzten Gemisch aus Glukose und Glyzin. Natriumalginat, karamalisierte Saccharose und Sorbose nehmen eine Mittelstellung ein.

Tab. 2 unterstreicht die vorstehend erörterten Befunde. Sowohl hinsichtlich prozentualer Gewichtszunahme wie auch Mortalität erweisen sich Mannit und Inosit als am günstigsten. Gewichtszunahmen um über 100% bei einzelnen Tieren bewirken neben Mannit lediglich Pektin, Sorbit, Inosit und Natriumalginat; die übrigen Kohlenhydrate fallen in ihrer „Sparwirkung“ von den Kontrollen weit ab.

Tabelle 2. Differenzierung der Versuchstiere nach Gewichtsänderung und Mortalität bei Fütterung mit einer Vitamin-B₁-freien Kost unter Zusatz „schwer resorbierbarer“ Kohlenhydrate (Versuchsdauer: 73 Tage)

| Verabfolgte Substanzen | Anzahl der Tiere | Anzahl der wachsenden Tiere | | | | | Anzahl der Tiere mit Gewichtsabnahme | Anzahl der gestorbenen Tiere | |
|-----------------------------|------------------|-----------------------------|-------|-------|--------|---------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------|
| | | Gewichtszunahme in % | | | | | | bis zum 55. Tag | nach dem 56. Tag |
| | | 0-25 | 25-50 | 50-75 | 75-100 | 100 bis > 100 | | | |
| Kontrolle: | | | | | | | | | |
| B ₁ -Zusatz | 10 | 0 | 2 | 0 | 1 | 7 | 0 | 0 | 0 |
| Kontrolle: | | | | | | | | | |
| ohne B ₁ -Zusatz | 10 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 | 10 | 0 |
| Sorbit (10%) | 20 | 5 | 2 | 2 | 5 | 2 | 4 | 4 | 3 |
| Mannit (10%) | 15 | 0 | 1 | 1 | 5 | 8 | 0 | 0 | 0 |
| Inosit (10%) ¹⁾ | 10 | 0 | 1 | 5 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Sorbose (10%) | 10 | 6 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 2 | 1 |
| Sorbose (20%) | 10 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 5 | 2 | 0 |
| Fruktose (10%) | 10 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 3 | 6 |
| Dextrin (10%) | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 0 |
| Stärkesirup (20%) | 10 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 9 | 1 |
| Glukose-Reversions- | | | | | | | | | |
| produkte (20%) | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 9 | 0 |
| Pektin (10%) | 10 | 1 | 2 | 0 | 0 | 4 | 3 | 1 | 2 |
| Natriumalginat | | | | | | | | | |
| (10%) | 10 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 4 | 2 | 0 |
| Karamelisierte | | | | | | | | | |
| Saccharose (20%) | 10 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 6 | 4 | 0 |
| Erhitztes Glukose/ | | | | | | | | | |
| Glyzin-Gemisch | | | | | | | | | |
| (20%) | 10 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 6 | 3 |

¹⁾ Versuchsdauer: 38 Tage.

Auswertung

Die Ergebnisse lassen vermuten, daß Schwerresorbierbarkeit *allein* kein Kriterium für die thiaminsparende Wirkung von seiten der zugesetzten Kohlenhydrate ist. Offensichtlich verwertet die Darmflora bestimmte Substanzen bevorzugt. Dies zeigt sich besonders bei der Gegenüberstellung der Zuckeralkohole mit der Sorbose, den Reversions-Oligosacchariden, der karamelisierten Saccharose, den MAILLARD-Produkten und dem Natriumalginat. Hiernach scheint eine gewisse Schwerresorbierbarkeit zwar eine notwendige, aber keine hinreichende Voraussetzung für den beobachteten positiven Effekt zu sein.

Interessant ist die relativ geringe Konzentration der wirksamen Stoffe, bezogen auf den hohen Saccharoseanteil des Futters. Es ist wenig wahrscheinlich, daß der Spareffekt, wie MEHNERT und Mitarb. vermuten, lediglich auf einer Verminderung des Saccharoseanteils beruht, hervorgerufen durch die gleichzeitige Verfütterung einer schwer resorbierbaren Kohlenhydratkomponente. Die Resorptionsgeschwindigkeit von Sorbit und Mannit ist – unter gewissen Versuchsbedingungen – von derjenigen der Fruktose kaum verschieden. Sorbit wird im Körper vorzugsweise über Fruktose abgebaut, wozu bekanntlich Thiamin benötigt wird. Schließlich sei bemerkt, daß der relativ geringfügige Zusatz von Inosit, Mannit, Sorbit oder Pektin zum Futter die Saccharosekonzentration nicht entscheidend vermindert.

Ein Vergleich mit Untersuchungsergebnissen anderer Autoren über die Frage „schwer resorbierbarer Kohlenhydrate“ ist nur dann möglich, wenn dabei neben den herangezogenen Kohlenhydraten ein großer Überschuß an Glukose, Saccharose oder an einer ähnlichen, Vitamin B₁ benötigenden Substanz verabfolgt worden ist; dies trifft z. B. nicht zu bei den Arbeiten von FRIDERICIA und Mitarb., von NATH und MEGHAL sowie BARNES und Mitarb.

MORGAN und Mitarb. verfütterten bei ihren wiederholten Nachuntersuchungen zum Sorbit-Effekt zahlreiche andere Saccharide, Polysaccharide und Zuckeralkohole, jedoch – nicht wie im Falle des Sorbits – stets als einziges Kohlenhydrat. Dies erklärt wahrscheinlich auch den negativen Befund bei Verabfolgung von Mannit. Die geringe Ausnutzbarkeit desselben durch den tierischen Organismus ist bekannt. Ein Spareffekt durch Sorbose konnte von uns nicht beobachtet werden; bei Inosit stimmen die Befunde überein; in beiden Fällen gilt allerdings das oben Gesagte.

Der Thiamin-Spareffekt wird, wie bereits erwähnt, nur bei gleichzeitiger Coprophagie beobachtet. Zweifellos ist bei nur einmaliger Intestinalpassage des Darminhaltes eine beschränkte Bereitstellung an endogenem Vitamin B₁ gegeben, sie ist jedoch für die Aufrechterhaltung des normalen Wachstums der Tiere sicher nicht ausreichend. Hinzu kommt, daß das mikrobiell erzeugte Vitamin von der Bakterienzelle nicht vollständig zur Resorption freigegeben wird (39). Die hierfür notwendige Verdauungsarbeit dürfte vom Dünndarm nur beschränkt, vom Caecum und Colon kaum geleistet werden können. Diese Überlegungen stehen im Einklang mit eigenen Untersuchungen (40), nach denen mit differenzierten Mengen an Vitamin B₁ unterwertig versorgte Ratten eine solche Abstufung eindeutig im Gewichtszuwachs erkennen lassen.

Für gewissenhafte Durchführung der Experimente danken wir unseren Mitarbeiterinnen R. FRIESE, CH. SEIDEL, I. KUBELER und R. GÄRTNER auch an dieser Stelle.

Zusammenfassung

1. Anhand eines Wachstumstestes an Wistar-Ratten wird experimentell die Frage erörtert, ob zwischen „Schwerresorbierbarkeit“ und „Thiamin-Spareffekt“ eines Kohlenhydrates ein kausaler Zusammenhang besteht. Hierzu wird den Tieren eine saccharosehaltige Vitamin-B₁-Mangeldiät – unter Zusatz ausgewählter Kohlenhydrat-Komponenten (Sorbit, Mannit, Inosit, Sorbose, Fruktose, Dextrin, Stärkesirup, Glukose-Reversionsprodukte, Pektin, Natriumalginat, karamalisierte Saccharose, erhitztes Glukose/Glyzin-Gemisch) – verabfolgt; Coprophagie wird nicht verhindert.
2. Eine Vitamin-B₁-sparende Wirkung ist lediglich bei Zugabe von Inosit, Mannit, Sorbit und Pektin zum Mangelfutter sicher erkennbar.

3. Die Befunde weisen aus, daß neben „Schwerresorbierbarkeit“ offenbar noch ein substanzspezifischer Faktor für das Auftreten des Thiamin-Spareffektes verantwortlich zu machen ist. Die Ergebnisse werden diskutiert.

Schrifttum

1. MORGAN, T. B. und J. YUDKIN, *Nature* **180**, 543 (London 1957); **184**, 909 (1959). — 2. MEHNERT, B., H. MEHNERT und K. STUHLFAUTH, *Klin. Wschr.* **36**, 1029 (1958). — 3. JONES, J. D. und C. A. BAUMANN, *J. Nutrit.* **66**, 383 (1958). — 4. HOLLMANN, S., W. SCHIECK, U. HERLYN und E. THOFERN, *Naturwiss.* **46**, 604 (1959). — 5. HOLLMANN, S., *Klin. Wschr.* **38**, 1176 (1960). — 6. CREMER, H. D. und D. HÖTZEL, *Int. Z. Vitaminforschg.* **29**, 376 (1959). — 7. WHARTON, F. D., I. C. FRITZ und L. J. CLASSEN, *J. Nutrit.* **69**, 74 (1959). — 8. HAENEL, H., H. RUTTLOFF und H. ACKERMANN, *Biochem. Z.* **331**, 209 (1959). — 9. HEDLEY, V. M. und J. YUDKIN, *Proc. Nutrit. Soc.* **18**, XXIV (1959). — 10. PEFFLER, E., B. MÜLLER und H. D. CREMER, *J. Nutrit.* **71**, 91 (1960). — 11. WATSON, J. D. und J. YUDKIN, *Nature* **184**, 911 (London 1959). — 12. OKUDA, K., J. N. HSU und B. F. CHOW, *J. Nutrit.* **72**, 99 (1960). — 13. NATH, M. C. und S. K. MEGHAL, *Biochem. J.* **81**, 220 (1961). — 14. CHOW, B. F., P. MEIER und S. M. FREE, *Amer. J. Clin. Nutrit.* **6**, 30 (1958). — 15. GREENBERG, S. M., J. F. HERNDON, E. G. RICE, E. T. PARMELEE, J. J. GULESICH und E. J. VAN LOON, *Nature* **180**, 1401 (London 1957). — 16. ELLENBOGEN, L., V. HERBERT und W. L. WILLIAMS, *Proc. Soc. Exper. Biol. Med.* **99**, 257 (1958). — 17. HEINRICH, H. C., *Klin. Wschr.* **37**, 525 (1959). — 18. HEINRICH, H. C., R. SKIBBE und M. STAAK, *Z. Naturforschg.* **14b**, 42 (1959). — 19. MORGAN, T. B. und J. YUDKIN, *Chem. Ind.* **37**/1959. — 20. MORGAN, T. B. und J. YUDKIN, *Proc. Nutrit. Soc.* **18**, XXVI (1959). — 21. MORGAN, T. B. und J. YUDKIN, *J. Physiol.* **150**, 17 P (1960). — 22. MEHNERT, B., H. MEHNERT, K. STUHLFAUTH und F. DITTMAR, *Z. ges. exper. Med.* **133**, 375 (1960). — 23. GASSMANN, B., D. LEXOW und D. EHRT, *Biochem. Z.* **332**, 449 (1960). — 24. MAMEESH, M. S., R. E. WEBB, H. W. NORTON und B. C. JOHNSON, *J. Nutrit.* **69**, 81 (1959). — 25. OLMSTEDT, W. H., *Diabetes* **2**, 132 (1953). — 26. RUTTLOFF, H., R. FRIESE, H. HAENEL und H. ACKERMANN, *Ernährungsforschg.* **5**, 26 (1960). — 27. MEHNERT, H., K. STUHLFAUTH, B. MEHNERT, R. LAUSCH und W. SEITZ, *Klin. Wschr.* **37**, 1138 (1959). — 28. MEHNERT, H. und H. FÖRSTER, *Klin. Wschr.* **39**, 596 (1961). — 29. RUTTLOFF, H. und H.-A. KETZ, *Nahrung* **5**, 599 (1961). — 30. ADCOCK, L. H. und C. H. GRAY, *Biochem. J.* **65**, 4 P, 554 (1957). — 31. WICK, A. N., M. C. ALMEN und L. JOSEPH, *J. Amer. Pharm. Assoc.* **40**, 542 (1951). — 32. HEINRICH, H. C. und M. STAAK, *Bibl. Nutritio et Dieta* **3**, 139 (1962). — 33. FRIDERICIA, L. S., P. FREUDENTHAL, S. GUDJONSSON, G. JOHANSEN und N. SCHOUBYE, *J. Hyg.* **27**, 70 (London 1927). — 34. NAGASE, H. und A. FUJITA, *J. Vitaminol.* **2**, 107 (Japan 1956). — 35. BARNES, R. H., E. KWONG, K. DELANY und G. FIALA, *J. Nutrit.* **71**, 149 (1960). — 36. HAENEL, H., H. ACKERMANN und H. RUTTLOFF, *Naturwiss.* **46**, 325 (1959). — 37. WOLFROM, M. L. und J. B. MILLER, *Analyt. Chem.* **28**, 1037 (1956). — 38. DIEMAIR, W. und H. H. WEICHEL, *Dtsch. Lebensm.-Rdsch.* **54**, 151 (1958). — 39. Vgl. STEPE, W., J. KÜHNAU und H. SCHRÖDER, *Die Vitamine und ihre klinische Anwendung I*, S. 119 (Stuttgart 1952). — 40. ACKERMANN, H. und J. PROLL, (noch nicht veröffentlichte Versuche).

Anschrift der Verfasser:

Dr. H. RUTTLOFF, Dr. W. BOCK u. Dr. H. ACKERMANN, Institut für Ernährung,
Bereich: Verarbeitung der Lebensmittel, Potsdam-Rehbrücke