

# **Der Umsatz verschiedener Zuckerarten im Stoffwechsel der nervösen Zentralorgane.**

Von

**Else Hirschberg.**

---

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Rostock.)

(Der Redaktion zugegangen am 12. Februar 1918.)

---

Nachdem in einer vorangegangenen Mitteilung<sup>1)</sup> das Bestehen eines Kohlenhydratstoffwechsels im Zentralnervensystem durch Feststellung eines von der Lebenstätigkeit abhängigen und mit deren Intensität veränderlichen Umsatzes von Traubenzucker nachgewiesen worden war, erschien es von großem Interesse, auch andere Zuckerarten zu untersuchen, um Aufschluß über ihr Verhalten gegenüber dem Stoffwechsel der nervösen Zentralorgane zu erlangen.

## **I. Methodik.**

Als Versuchsobjekt wurde wieder das isolierte Froschrückenmark verwandt, dessen Präparation entsprechend dem in den vorangegangenen Arbeiten beschriebenen Verfahren erfolgte. 1—2 isolierte Froschrückenmarke wurden für eine bestimmte Zeit in 6—8 ccm einer kontinuierlich von Sauerstoff durchströmten physiologischen Kochsalzlösung eingelegt, die ca. 0,5% des zu untersuchenden Zuckers enthielt, und der Zuckerverbrauch aus dem vor und nach dem Versuche bestimmten Zuckergehalt der Lösung ermittelt. Es wurden stets Doppelbestimmungen ausgeführt, zu denen je 2 ccm der Lösung verwendet wurden. Es kamen folgende Zuckerarten neu zur Verwendung: Fruchtzucker, Galaktose, Milchzucker, Malzzucker und Rohrzucker.

---

<sup>1)</sup> E. Hirschberg und H. Winterstein, Über den Zuckerstoffwechsel der nervösen Zentralorgane. Diese Zeitschr., Bd. 100, S. 185 (1917).

Die bisher nur für die Bestimmung des Traubenzuckers ausgearbeitete Bertrandsche Methode,<sup>1)</sup> die sich (bei Verwendung von  $\frac{n}{100}$ -KMnO<sub>4</sub>-Lösung zur Titration) in vorangehenden Arbeiten<sup>2)</sup> zur Feststellung kleiner Änderungen des Zuckergehaltes vortrefflich bewährt hatte, bedurfte mehrfacher Modifikationen, um auch für die Bestimmung der anderen Zuckerarten anwendbar zu werden. Das Prinzip der Bertrandschen Methode ist folgendes: Beim Kochen einer Zuckerlösung mit Fehlingscher Lösung wird Kupferoxydul gebildet; dieses wird in einer Lösung von Ferrisulfat in Schwefelsäure gelöst und das gebildete Ferrosalz mit einer auf Ammoniumoxalat eingestellten Kaliumpermanganatlösung titriert. Zur Erzielung übereinstimmender Resultate müssen alle Manipulationen stets in genau der gleichen Weise vorgenommen, vor allem das zur Reduktion erforderliche Kochen stets gleich lange (beim Traubenzucker 3 Minuten) durchgeführt werden.

Da nun das Reduktionsvermögen der einzelnen Zucker ein verschiedenes ist, mußte sowohl die erforderliche Kochzeit wie die zur Ausscheidung gelangte Cu-Menge in jedem Falle durch besondere Versuche ausprobiert werden. Diese Cu-Menge ist ferner der Menge des vorhandenen Zuckers nicht proportional, sondern steigt mit wachsender Konzentration des letzteren immer langsamer an, sodaß eine Berechnung des Zuckergehaltes nur auf Grund empirisch ermittelter Tabellen möglich ist. Es mußten daher für das kleine Bereich, innerhalb dessen die Änderungen der Zuckerkonzentration in meinen Versuchen sich bewegten, durch Verwendung von Lösungen von genau bekanntem Gehalt solche Tabellen aufgestellt werden, aus denen dann durch Interpolation die jeweiligen Versuchswerte berechnet werden konnten.

<sup>1)</sup> Vgl. Abderhaldens Handb. d. biochem. Arbeitsmethoden, Bd. 2, S. 181.

<sup>2)</sup> E. Hirschberg und H. Winterstein, Über den Zuckerstoffwechsel der nervösen Zentralorgane. Diese Zeitschr., Bd. 100, S. 185 (1917). — Else Hirschberg, Die quantitative Bestimmung von geringen Mengen Traubenzucker im Harn mittels der Bertrandschen Methode. Diese Zeitschr., Bd. 86, Heft 6, S. 484 (1913).

Für die einfachen Zucker, Fruktose und Galaktose, erwiesen sich die für den Traubenzucker angegebenen Tabellen unverändert brauchbar, nur mußte für den schwächer reduzierend wirkenden Fruchtzucker die Kochzeit von 3 auf 4 Minuten erhöht werden.

Beim Milchzucker, bei dem sich zur Erlangung gleichmäßiger Resultate eine Kochzeit von  $5\frac{1}{2}$  Minuten als zweckmäßig herausstellte, zeigten die Cu-Werte eine erhebliche Abweichung von jenen der Traubenzuckerbestimmung. Der Berechnung der Versuchsergebnisse wurde die folgende mit genau hergestellten Lösungen gewonnene Tabelle zugrunde gelegt:

#### Milchzuckertabelle.

Milchzucker in mg	Cu in mg
10,0	15,72
9,5	14,93
9,0	14,27
8,5	13,36
8,0	12,57

Beim Malzzucker wurden die übereinstimmendsten Resultate bei Anwendung einer Kochzeit von 4 Minuten gefunden. Die hierbei erhaltenen Cu-Werte waren noch viel geringer als beim Milchzucker, wie die folgende Tabelle zeigt, auf Grund deren die Versuchsergebnisse berechnet wurden.

#### Malzzuckertabelle.

Malzzucker in mg	Cu in mg
10,0	11,63
9,5	10,97
9,0	10,37
8,5	9,74
8,0	9,11

Etwas abweichend von den anderen gestaltete sich die Bestimmung des Rohrzuckers, der erst mit Säure gespalten werden mußte, da er sonst nicht reduziert. Es wurde folgendermaßen verfahren: Zu 2 ccm der zu untersuchenden Lösung wurden 4 ccm  $\frac{n}{10}$ -Schwefelsäure hinzugefügt; dann wurde

$\frac{3}{4}$  Minuten gekocht, hierauf mit  $\frac{n}{10}$ -Natronlauge neutralisiert und dann die Bertrandsche Methode in der gewöhnlichen Weise (mit 3 Minuten dauerndem Kochen) zu Ende geführt. Es wurden die folgenden Cu-Werte erhalten:

### Rohrzuckertabelle.

Rohrzucker in mg	Cu in mg
10,0	21,25
9,5	20,12
9,0	19,04.

## II. Versuchsergebnisse.

### 1. Milchzucker.

a) Ruhe. Es war ein deutlicher Verbrauch nachweisbar, der bezogen auf 1 g und 24<sup>h</sup> für pialose Rückenmarke am 1. Tage als Mittel von 6 Versuchen 3,4 mg (3,2—4,1) betrug. Wie auf Grund der Versuche über den Traubenzuckerumsatz zu erwarten war, fällt der Zuckerverbrauch mit der Versuchsdauer. In 2 Versuchen, in denen je 2 pialose Rückenmarke in den ersten 24<sup>h</sup> einen Zuckerverbrauch von 3,3 und 4,1 mg ergeben hatten, sank der Wert am 2. Tage auf 1,1 bzw. 1,3 mg. Ebenso wie beim Traubenzucker übt auch beim Milchzucker die Gefäßhaut infolge ihrer Undurchgängigkeit einen hemmenden Einfluß auf den Zuckerverbrauch aus, der in einem Versuche an 2 von der Pia umhüllten Präparaten nur 0,9 mg p. 1 g und 24<sup>h</sup> betrug.

b) Reizung: Mit der gleichen Methodik wie beim Traubenzucker wurde auch hier der Einfluß elektrischer Reizung auf den Zuckerstoffwechsel untersucht durch Vergleich des Umsatzes während einer 14—16<sup>h</sup> Ruheperiode mit einer darauffolgenden 8—9<sup>h</sup> Periode rhythmischer, tetanischer Reizung. Auch beim Milchzucker ergab sich eine sehr deutliche Steigerung, in einem Versuche von 3,4 auf 6,0, in einem 2. Versuche von 3,2 auf 6,3, in einem 3. von 3,3 auf 6,1 mg p. 1 g und 24<sup>h</sup>, also um fast 100%.

## 2. Malzzucker und Rohrzucker.

Die beiden anderen physiologisch wichtigen Doppelzucker können von den nervösen Zentralorganen nicht verwertet werden; weder in der Ruhe, noch bei elektrischer Reizung war, in je 3 mit Malzzucker und mit Rohrzucker angestellten Versuchen, ein Zuckerverbrauch nachweisbar. Das Verweilen der Präparate in der Maltoselösung rief eine eigenartige Gelbfärbung von wechselnder Stärke hervor, deren Ursache nicht festgestellt werden konnte.

## 3. Fruchtzucker.

Im Gegensatze zu den vorangehenden wird Fruktose durch das Froschrückenmark in beträchtlichem Maße umgesetzt, im Ruhestoffwechsel sogar eher noch etwas stärker als Traubenzucker. 5 Versuche ergaben als Mittel 5,3 mg (5,1—5,5 mg) p. 1 g und 24<sup>h</sup>. — Dagegen war die durch Reizung zu erzielende Vermehrung des Zuckerverbrauches im Verhältnis dazu auffallend gering; er stieg in 4 entsprechend den Milchezuckerversuchen angestellten Experimenten von 5,4 auf 6,0, von 5,1 auf 6,4 und bei stärkerer Reizung von 5,3 auf 6,8 und von 5,3 auf 7,4 mg p. 1 g und 24<sup>h</sup>, mithin Steigerungen um nur 11—41 %.

## 4. Galaktose.

Weitaus die größten Ruhewerte des Zuckerumsatzes wurden bei der Galaktose beobachtet, vielleicht im Zusammenhang mit der Tatsache, daß dieser Zucker als Bestandteil der Cerebroside in die Zusammensetzung der zentralen Nervensubstanz eintritt. Vier Versuche ergaben nämlich: 6,7, 6,7, 6,5 und 6,6 mg p. 1 g und 24<sup>h</sup>, im Mittel 6,6 mg. — Auch hier war die durch elektrische Reizung erzielbare Steigerung relativ gering; denn die an gleichen Präparaten in 7—8<sup>h</sup> Reizperiode gewonnenen Werte betragen, umgerechnet auf 1 g und 24<sup>h</sup>: in den beiden ersten Versuchen 9,1 und 8,8 mg, in den beiden letzten, mit stärkerer Reizung 10,8 und 11,1 mg, mithin Erhöhungen um höchstens 71 %. — Die bei starker

Reizung erhaltenen Werte kommen in ihrer absoluten Größe ungefähr den unter den gleichen Bedingungen beim Traubenzucker beobachteten nahe, wie die folgenden Versuche zeigen.

### 5. Traubenzucker.

Zur Erzielung genau vergleichbarer Werte wurden die in der früheren Arbeit (a. a. O.) mitgeteilten Versuche durch zwei neue ergänzt, bei denen die gleiche Versuchsanordnung und Reizstärke zur Verwendung gelangte, wie bei den übrigen Zuckerarten. Es ergaben sich für den durch 15<sup>1/2</sup>—16<sup>h</sup> untersuchten Ruhestoffwechsel beide Male ein Zuckerverbrauch von 4,7 mg p. 1 g und 24<sup>h</sup>, für die darauffolgende 8 stündige Reizungsperiode 12,5 bzw. 12,6 mg, d. i. eine Steigerung um 166 bzw. 168%, also weitaus die stärkste in allen Versuchen erzielte Erhöhung des Zuckerverbrauches.

### III. Zusammenfassung.

Von den 6 untersuchten Zuckerarten: Traubenzucker, Fruchtzucker, Galaktose, Milchzucker, Malzzucker und Rohrzucker können die bei den letzten im Stoffwechsel des isolierten Froschrückenmarkes nicht verwertet werden. Über die Größe des in einer 0,5%igen Lösung innerhalb der ersten 24<sup>h</sup> zu beobachtenden Umsatzes der übrigen Zucker in der Ruhe und bei der Reizung gibt die folgende Tabelle Aufschluß:

Tabelle.

Zuckerart	Ruhestoffwechsel		Reizstoffwechsel				Erregungs- umsatz (= Reiz- stoffwechsel — Ruhe- stoffwechsel) in mg, p. 1 g u. 24h
	Zahl der Vers.	Größe des Zucker- verbrauches in mg, p. 1 g u. 24h	schwächere Reizung		stärkere Rei- zung		
			Zahl der Vers.	Größe des Zucker- verbrauches in mg, p. 1 g u. 24h	Zahl der Vers.	Größe des Zucker- verbrauches in mg, p. 1 g u. 24h	
Traubenzucker . .	9	4,7—5,5	1	11,0	2	12,5; 12,6	7,8; 7,9
Fruchtzucker . . .	5	5,1—5,5	2	6,0; 6,4	2	6,8; 7,4	1,5; 2,1
Galaktose . . . .	4	6,5—6,7	2	8,8; 9,1	2	10,8; 11,1	4,3; 4,5
Milchzucker . . .	6	3,2—4,1	1	6,3	2	6,0; 6,1	2,6; 2,8

Berechnet auf Grund der Versuche, in denen Ruhe- und Reizstoffwechsel (bei starker Reizung) an den gleichen Präparaten untersucht wurde.

Diese Zusammenstellung zeigt, daß Traubenzucker und Fruchtzucker im Ruhestoffwechsel der nervösen Zentralorgane ungefähr in gleichem Umfange verwertbar sind, Milchsucker bedeutend weniger, Galaktose dagegen in erheblich größerem Ausmaße, wohl im Zusammenhange mit seiner Bedeutung für den Aufbau von Bestandteilen des Zentralnervensystems. Durchaus abweichend hiervon ist die Verwendbarkeit der verschiedenen Zucker im Reizstoffwechsel. Während hier die absoluten Werte für Fruktose und Milchsucker einerseits und die fast doppelt so hohen für Traubenzucker und Galaktose anderseits einander nahestehen, ist die Größe des durch die Differenz zwischen Reiz- und Ruhestoffwechsel ausgedrückten Erregungsumsatzes am geringsten beim Fruchtzucker, dann folgen Milchsucker und Galaktose, und dann in großem Abstände der Traubenzucker, der weitaus die beste Eignung als «Kraftquelle» zu besitzen scheint.

Zum Schlusse möchte ich Herrn Professor Dr. H. Winterstein auch an dieser Stelle für gütige Überlassung des Untersuchungsmaterials und seine lebenswürdige Unterstützung herzlich danken.

---