

# Gewichtsreduktion mit saccharose- oder süßstoffhaltiger Reduktionskost?

J. Steiniger<sup>1</sup>, H.-J. Graubaum<sup>2</sup>, H.-D. Steglich<sup>1</sup>, Annemarie Schneider<sup>1</sup>, Christine Metzner<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Klinikum Berlin- Buch, Klinik für Physiotherapie und Naturheilverfahren, Berlin

<sup>2</sup> TC Biomed, Abt. Umweltmedizin u. klinische Forschung, Berlin

<sup>1</sup> Rheinische Friedrich- Wilhelms- Universität, Medizinische Poliklinik, Bonn

Die Bedeutung von Süßstoffen in Diäten zur Gewichtsreduktion wird in neuerer Zeit immer wieder in Frage gestellt. Die in den öffentlichen Medien geführte Diskussion hat zur Verunsicherung vieler Anwender beigetragen. So sollen Süßstoffe einen „cephalischen Insulinreflex“ auslösen, der zu Hungergefühl, und damit zu höherer Energieaufnahme führt. Außerdem wird behauptet, daß Saccharose in Reduktionsdiäten der Drosselung des Energieumsatzes entgegenwirkt. Die Substitution von Zucker durch Süßstoffe soll demgegenüber eine geringere Gewichtsabnahme bewirken.

## Einleitung

Das Übergewicht und die daraus resultierenden Erkrankungen sind eine Geißel unserer Zeit. Der Ernährungsbericht 1992 der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) bestätigt dies eindrucksvoll. 36,8% der Männer und 25,7 % der Frauen sind in den alten Bundesländern übergewichtig, die Angaben für die neuen Bundesländer liegen mit 41 % und 28 % noch darüber [8]. Altersabhängig differieren diese Zahlen erheblich. Reduktionskost führt bei den Betroffenen meist nur zu mäßigen Ergebnissen. Langzeiterfolge einer Gewichtsreduktion Adipöser liegen meist unter 5 %.

Es ist unbestritten, und von der DGE wird auch in den Beratungs-Standards darauf hingewiesen, daß nur eine lebenslange Umstellung des Eß- und Trinkverhaltens, körperliche Aktivität und eine langsame Gewichtsabnahme zum Erfolg führen. Hier liegt das Problem; denn der Adipöse möchte schnell abnehmen und berücksichtigt nicht, daß er das reduzierte Gewicht auch halten muß [26]. Eine schnelle Gewichtsabnahme löst das Problem nicht. Mehrere Versuche hintereinander führen zu einer Anpassung des Stoffwechsels, dem „Jo-Jo-Effekt“. Der Körper nutzt das Energieangebot besser aus, die Erfolgchancen für die Gewichtsabnahme sinken [ 1 ].

Eine sinnvolle Prävention der Adipositas und mit ihr verbundener Folgeerkrankungen kann nur eine energetisch ausgewogene, fettarme, kohlenhydratreiche Ernährung sein [18]. Da eine Gewichtszunahme zunächst nicht schmerzt und sich schleichend entwickelt, läßt sich Nachteiliges anfangs leicht verdrängen. Gewichtsabnahme ist immer eine Frage von Energiezufuhr und Energieausgabe.

Süßstoffe sind wichtige Bestandteile von Reduktionsdiäten. In letzter Zeit wird ihre Bedeutung jedoch kontrovers diskutiert [10, 11, 13, 20, 24, 30, 31]. Es wird angenommen, daß die Aufnahme von Süßstoffen zu einem cephalischen Insulinreflex führt, der eine reaktive Hypoglykämie und erhöhte Hunger- oder Appetitgefühle hervorruft [2 3, 21, 31 ], woraus letztendlich eine höhere Nahrungsenergieaufnahme resultiert [22, 30]. Der Aufnahme von Saccharose hingegen wird eine Unterdrückung von Hunger und Appetit zugeschrieben [32]. Weiterhin wird behauptet, daß saccharosehaltige Reduktionsdiäten einem Abfall des Ruhe- Nüchtern- Energieumsatzes (RNU) entgegenwirken [15, 16]. Diäten, die Süßstoffe statt Saccharose enthalten, sollen weniger effizient in bezug auf eine Gewichtsreduktion sein, weil sie eine Verringerung des Energieverbrauches und somit einen schnelleren Wiederanstieg des Gewichtes nach Körpergewichtsreduktion bewirken. In einer vorhergehenden Studie [7] konnten wir keinen Einfluß von Süßstoffen auf den Insulin- und Glucosespiegel im Blut unter Nüchternbedingungen finden. Somit stellten wir uns die Frage, ob Süßstoffe in irgendeiner physiologischen Form Hunger hervorrufen können. In der Studie wurde der Einfluß von Reduktionsdiäten, die entweder Saccharose oder Süßstoffe (Cyclamat/Saccharin) enthielten, auf den Energieumsatz untersucht. Außerdem verfolgten wir den Plasmainsulin- und Blutglucosespiegel sowie das Auftreten von Hunger nach Aufnahme verschiedener Testmahlzeiten.

## Patienten und Methoden

20 stationäre Patientinnen im Alter von 28 bis 63 Jahren ohne klinisch relevante metabolische oder endokrine Störungen wurden in die klinische Blind- Studie in randomisierter Reihenfolge aufgenommen, 11 in die Saccharose- Gruppe (Diät I) und 9 in die Süßstoff- Gruppe (Diät II).\*

Die allgemeinen und klinischen Daten der Patienten sowie die Einschlusskriterien werden in Tabelle 1 angegeben. Der Ruhe-Nüchtern-Umsatz (RNU), bezogen auf die fettfreie Körpermasse als Indikator der Effizienz der Energieverwertung, war in beiden Gruppen gleich.

**Tab. 1: Allgemeine und klinische Daten ( $\bar{x} \pm s$ ) der Patienten bei Aufnahme in die Studie (3. Tag)**

	Diät I (Saccharose)	Diät II (Süßstoffe)	Einschlusskriterien
n	11	9	
Alter [a]	44 ± 9	48 ± 10	20 - 65
Größe [cm]	164 ± 5	165 ± 9	
Gewicht [kg]	77,4 ± 9,4	83,6 ± 10,1	
Körperfett [%]	36,5 ± 3,4	37,9 ± 4,0	
FFM [kg] <sup>1</sup>	48,9 ± 5,0	51,7 ± 4,9	
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	28,8 ± 2,7	30,7 ± 3,5	
BCM [kg] <sup>2</sup>	25,7 ± 2,3	28,1 ± 3,1	
RNU [kJ/d]	6749 ± 640	7200 ± 602	
RNU [% Soll] <sup>3</sup>	107 ± 6	111 ± 5	> 100
RNU/FFM [kJ/d x kg]	138 ± 11	139 ± 7	
Blutdruck [mm Hg]			
- systolisch	122 ± 14	132 ± 15	< 160
- diastolisch	80 ± 7	83 ± 9	< 100
Cholesterin [mmol/l]	5,75 ± 0,49	5,04 ± 1,29	< 6,7
Triglyceride [mmol/l]	1,48 ± 0,64	1,17 ± 0,50	< 2,0
Harnsäure [µmol/l]	272 ± 87	280 ± 42	< 360
Creatinin [µmol/l]	70 ± 13	70 ± 9	< 106
Blutzucker [mmol/l]			
- nüchtern	4,60 ± 0,60	4,79 ± 0,61	< 6,6
- 120 min nach 70 g Glucose	6,46 ± 1,84	6,36 ± 1,32	< 8,0

<sup>1)</sup> fettfreie Körpermasse; <sup>2)</sup> body cell mass; <sup>3)</sup> theoretischer RNU nach KLEiBER<sup>8</sup>

Die Studie wurde in einem Zeitraum von 24 Tagen durchgeführt, 3 Tage als Adaptationsphase mit gleicher normaler Kost und Nahrungsenergieaufnahme und 21 Tage unter einer Reduktionsdiät. Energieumsatz, Körperzusammensetzung, Glucose- und Insulinspiegel sowie Hungergefühl wurden an bestimmten Zeitpunkten erfaßt (Tab. 2). Körpergewicht und Blutdruck wurden täglich nach dem Aufstehen ermittelt.

In den ersten 3 Tagen der Studie (-3., -2., -1. Tag) wurde von beiden Gruppen eine Mischkost von etwa 8000 kJ/d zur Aufrechterhaltung des Körpergewichtes verzehrt (15 % Eiweiß, 32% Fett und 51 % Kohlenhydrate). Die vor Beginn der eigentlichen Testphase verabreichten Testmahlzeiten für die indirekte Kalorimetrie am -2. Tag und für die Insulin- und Glucoseprofile am -1. Tag bestanden zu 9 % aus Eiweiß, zu 21 % aus Fett und zu 70 % aus Kohlenhydraten mit einem Gesamtenergiegehalt von rund 500 kJ.

\* Anmerkung: Die ungleichmäßige Gruppenbesetzung ergab sich daraus, daß eine Patientin der Süßstoff- Gruppe die Studie am 1. Tag aus persönlichen Gründen abbrach. Die nachträglich aufgenommene Patientin wurde nach dem Randomschema der Saccharose- Gruppe zugeordnet.

Vom 1. bis 21. Tag wurden zwei normale Mischkostformen von etwa 5000 kJ/d (17% Eiweiß, 23% Fett und 60% Kohlenhydrate) gegeben, wie sie üblicherweise in unserer Klinik zur moderaten Gewichtsreduktion angewendet werden. Diät I (Saccharose) enthielt 75 g Saccharose pro Tag, während in Diät II (Cyclamat/Saccharin) die Saccharose isoenergetisch durch andere Kohlenhydrate und Süßstoff (75 mg Cyclamat/Saccharin, 10 : 1) ersetzt wurde. Die Diäten hatten den gleichen Energie-, Stickstoff- und Kohlenhydratgehalt und waren von gleicher Süße.

Tab. 2: Studiendesign

Tag der Studie	Uhrzeit	Untersuchung
- 3	07.00	Klinische Parameter
	07.30	Glucosetoleranz Status praesens
- 2	06.00 - 11.00	indirekte Kalorimetrie
- 1	07.30	Bioelektrische Impedanzanalyse
	10.00 - 12.30	Insulin- und Glucoseprofil Hungergefühl („ratings“) nach Frühstück
	16.00 - 17.30	Hungergefühl („ratings“) nach Vesper
1	06.00 - 11.00	Indirekte Kalorimetrie
14	06.00 - 11.00	indirekte Kalorimetrie
15	07.30	Bioelektrische Impedanzanalyse
	10.00 - 12.30	Insulin- und Glucoseprofil Hungergefühl („ratings“) nach Frühstück
	16.00 - 17.30	Hungergefühl („ratings“) nach Vesper
20	07.30	Bioelektrische Impedanzanalyse
	10.00 - 12.30	Klinische Parameter Insulin- und Glucoseprofil Hungergefühl („ratings“) nach Frühstück
	16.00 - 17.30	Hungergefühl („ratings“) nach Vesper
21	06.00 - 11.00	indirekte Kalorimetrie

5 Mahlzeiten am Tag wurden verabreicht und von den Patientinnen gut angenommen. Die Testmahlzeiten (am 1., 14., 15., 20. und 21. Tag) enthielten zum Frühstück 25 g Saccharose in Diät I (100% Disaccharide) im Vergleich zu 60 g gekochtem Naturreis mit 70 g gegarten Apfelstücken in Diät II (30 % Monosaccharide, 6 % Disaccharide, 64 % Polysaccharide). In beiden Diäten wurde 4,9 g Gelatine zur Bereitung einer Götterspeise verwendet. Zur Vesper enthielten die Testmahlzeiten in Diät I 15 g Saccharose und 50 g Himbeeren in 100 g teilentrahmten Joghurt, in Diät II wurden die 15 g Saccharose durch 19 g Knäckebrot und 5 g Halbfett-Margarine ersetzt und die Süßstoffkombination als Süßungsmittel verwendet. Der Gesamtenergiegehalt betrug jeweils 500 kJ.

Alle Gerichte und Testmahlzeiten wurden in der Diätküche unserer Klinik unter Aufsicht einer erfahrenen Diätassistentin zusammengestellt und zubereitet. Die Berechnung des Nährstoffgehaltes erfolgte mit Hilfe des Bundeslebensmittelschlüssels (Version II.1).

Der Ruhe- Nüchtern- Umsatz (RNU: 6.00 - 8.00 Uhr) und die postprandiale Thermogenese wurden nach den Testmahlzeiten (8.00 - 11.00 Uhr) mittels indirekter Kalorimetrie in einer Respirationkammer gemessen [27]. Der Energieumsatz wurde aus dem Sauerstoffverbrauch, der Kohlendioxidproduktion und der Stickstoffexkretion im Urin berechnet [28]. Die Stickstoffausscheidung im Urin wurde nach Kjeldahl bestimmt. Der RNU wurde auf 24 Stunden extrapoliert [29].

Die Körperzusammensetzung (fettfreie Körpermasse [FFM], Wasser, Gesamtkörperfett und Körperzellmasse [Body Cell Mass, BCMI) wurde zwischen 7.00 und 7.30 Uhr mittels bioelektrischer Impedanzanalyse bestimmt [9] (AKERN-RJL BIA 101/S, DATA INPUT, Frankfurt).

Zur Aufnahme des Glucose- und Insulinprofils wurde eine Verweilkanüle (Braunüle®) gelegt. Die Entnahme der Blutproben erfolgte unmittelbar vor sowie 2, 5, 10, 15, 30, 60 und 120 Minuten nach dem Verzehr der Testmahlzeiten. Im gleichen Zeitraum wurde mittels Fragebogen das Hungergefühl der Patientinnen erfaßt (0, 15, 30 und 60 Minuten nach Einnahme der Testmahlzeiten Frühstück und Vesper). Die Testmahlzeiten wurden innerhalb von 10 Minuten eingenommen.

Plasmainsulin wurde mittels Enzymimmunoassay (Boehringer Mannheim) gemessen, Blutglucose mit Hilfe der GOD- PAP- Methode (Merkotest®). Die klinisch-chemischen Parameter wurden nach den üblichen Standardmethoden der klinischen Chemie bestimmt.

## **Biometrische Auswertung**

Für die Prüfgrößen wurden Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung ( $\bar{x} \pm s$ ) berechnet. Die Unterschiede zwischen den beiden Diätregimen wurde mittels unabhängigem t-Test nach Student (zweiseitig) geprüft, die Effekte der Diäten (Differenzen zum Ausgangswert) innerhalb jeder Gruppe mittels t-Test im Paarvergleich (einseitig).

## **Ergebnisse**

Der Einfluß der beiden Reduktionsdiäten auf den Energieumsatz und die Körperzusammensetzung war praktisch identisch (Tab. 3). Nur am 14. Tag wurde ein signifikant größerer Abfall des Energieumsatzes in der Saccharose- Gruppe beobachtet ( $p < 0,05$ ). Es wurden, wie erwartet, keine signifikanten Unterschiede bei den Differenzen zwischen dem 21. und 1. Tag gefunden.

In 21 Tagen nahmen das Körpergewicht um etwa 5 % ( $4,1 \pm 0,7$  kg bzw.  $4,3 \pm 1,1$  kg), das Körperfett um etwa 8,5 % ( $2,4 \pm 1,0$  kg bzw.  $2,6 \pm 1,1$  kg) und die fettfreie Körpermasse um etwa 3,5 % ( $1,8 \pm 1,1$  bzw.  $1,7 \pm 0,8$  kg) im Vergleich zu den Ausgangswerten in der Saccharose- bzw. Cyclamat/Saccharin- Gruppe ab. Der Fettanteil der abgenommenen Körpermasse betrug ca. 60 %, der Anteil der fettfreien Körpermasse dementsprechend 40%.

In Abbildung 1 ist der Zeitverlauf des RNU und des postprandialen Umsatzes (PPU), bezogen auf die fettfreie Körpermasse am 1. und 21. Tag, in den beiden Gruppen dargestellt. Die Thermogenese setzt nach Aufnahme der saccharosehaltigen Testmahlzeit früher ein als nach der süßstoffhaltigen; diese hielt dafür etwas länger an. Kumulativ über 3 h ergibt sich in beiden Gruppen eine postprandiale Thermogenese von etwa 20 bis 24 % der aufgenommenen Energie. Dieser Wert wird von der Art der beiden Diäten praktisch nicht beeinflußt (Tab. 3).

Der RNU zeigte einen signifikanten Abfall um etwa 10 % ( $724 \pm 205$  kJ/d bzw.  $-720 \pm 226$  kJ/d in der saccharose- bzw. süßstoffhaltigen Diätgruppe,  $p < 0,001$  zum 1. Tag in beiden Gruppen). Bezieht man den RNU auf die fettfreie Körpermasse, so beträgt die Senkung des Energieumsatzes in beiden Gruppen etwa 7% ( $p < 0,001$ ), ohne Unterschiede zwischen den Gruppen (Saccharose:  $-10 \pm 6$  kJ/kg und d gegenüber Süßstoffe:  $-9 \pm 4$  kJ/kg und d). Cholesterin und Triglyceride im Serum nahmen in den beiden Gruppen um ca. 15 % bzw. 13 % ab, während die Harnsäure unverändert blieb. Alle klinischen Sicherheitsparameter bewegten sich während der gesamten Studie im Normalbereich ohne irgendwelche systematischen oder signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

Der Einfluß der Testmahlzeiten auf den Blutglucose- und Plasmainsulinspiegel ist in Abbildung 2 dargestellt. Am 20. Tag, am Ende der Studie, induzierte die saccharosehaltige Testmahlzeit (25 g) wie erwartet signifikant höhere postprandiale Insulin- und Glucosespiegel als die süßstoffhaltige. Im Vergleich zu den Nüchtern- Werten (0. min) waren die postprandialen Anstiege der Plasmainsulin- und Blutglucosespiegel in der Saccharose- Gruppe hoch signifikant (Glucose:  $p < 0,001$  zwischen 10. und 60. min; Insulin  $p < 0,001$  zwischen 5. und 120. min).

Demgegenüber war der leichte postprandiale Anstieg des Plasmainsulins in der Süßstoff-Gruppe zu keinem Zeitpunkt signifikant. Nur die Blutglucose zeigte zwischen der 10. und 60. Minute eine signifikante Erhöhung ( $p < 0,01$ ).

Es wurden keine Anzeichen einer reaktiven Hypoglykämie oder eines süßstoffinduzierten Insulinreflexes beobachtet. Auch das Hungergefühl war in beiden Gruppen praktisch identisch (Tab. 4).

**Tab. 3.: Einfluß der Reduktionsdiäten auf die Körperzusammensetzung und den Energieumsatz ( $\bar{x} \pm s$ ). Diät 1: Saccharose [n = 11], Diät II: Cyclamat/Saccharin [n = 9]**

Parameter	Diät	Anfang	Differenz	Differenz
		1. Tag	nach 2 Wochen 14. Tag	nach 3 Wochen 21. Tag
Körpergewicht [kg]	I	77,4 ± 9,4	-2,9 ± 0,7 <sup>+++</sup>	-4,1 ± 0,7 <sup>+++</sup>
	II	83,8 ± 9,9	-3,4 ± 0,7 <sup>+++</sup>	-4,3 ± 1,1 <sup>+++</sup>
BMI [kg/M <sup>2</sup> ]	I	28,8 ± 2,7	-1,1 ± 0,3 <sup>+++</sup>	-1,6 ± 0,3 <sup>+++</sup>
	II	30,8 ± 3,5	-1,2 ± 0,3 <sup>+++</sup>	-1,6 ± 0,3 <sup>+++</sup>
KörperLe [kg]	I	28,4 ± 5,2	-1,7 ± 1,0 <sup>+++</sup>	-2,4 ± 1,0 <sup>+++</sup>
	II	32,0 ± 6,3	-1,9 ± 1,2 <sup>++</sup>	-2,6 ± 1,1 <sup>+++</sup>
FFM [kg]	I	48,9 ± 4,9	-1,2 ± 1,3 <sup>++</sup>	-1,8 ± 1,1 <sup>++</sup>
	II	51,8 ± 4,8	-1,5 ± 0,7 <sup>+++</sup>	-1,7 ± 0,8 <sup>+++</sup>
RNU [kJ/d]	I	6739 ± 561	-573 ± 234 <sup>+++</sup>	-724 ± 205 <sup>+++</sup>
	II	7309 ± 674	-414 ± 100 <sup>+++</sup>	-720 ± 226 <sup>+++</sup>
RNU/FFM <sup>1</sup>	I	138 ± 11	-9 ± 6 <sup>+++</sup>	-10 ± 6 <sup>+++</sup>
[kJ/d x kg]	II	140 ± 8	-4 ± 3 <sup>+++x</sup>	-9 ± 4 <sup>+++</sup>
RNU/BCM <sup>2</sup>	I	264 ± 20	-13 ± 12 <sup>+</sup>	-19 ± 14 <sup>++</sup>
	II	260 ± 17	-8 ± 7 <sup>+</sup>	-15 ± 12 <sup>++</sup>
ppTh <sup>3</sup>	I	24,1 ± 10,0	3,3 ± 18,9	4,5 ± 18,1
[% Energieaufnahme]	II	20,6 ± 8,0	4,1 ± 15,0	4,6 ± 8,7

<sup>1)</sup> fettfreie Masse; <sup>2)</sup> body cell mass; <sup>3)</sup> postprandiale Thermogenese

<sup>x</sup>p < 0,05 Diät I zu Diät II; <sup>+</sup>p < 0,05; <sup>++</sup>p < 0,01; <sup>+++</sup>p < 0,001 zum 1. Tag der gleichen Diät

## Diskussion

Wegen der Bedeutung der Süßstoffe und ihrer Anwendung in der Diätetik (Diabetes mellitus, Adipositas u.a.) ist es unbedingt notwendig, ihre wirklichen physiologischen und biochemischen Wirkungen wissenschaftlich aufzuklären. Klinisch kontrollierte Studien an stationären Patienten, verbunden mit einem externen Monitoring wie in der vorliegenden Arbeit, sind Vorbedingungen zur Gewinnung wissenschaftlich exakter und relevanter Ergebnisse. Außerdem ist es notwendig, die Zusammenstellung der Nahrung und deren Verzehr überwachen zu lassen. DREWNOWSKI hat auf der Basis eigener Untersuchungen [5.6] 1995 in einem kritischen Beitrag auf die Mängel anderer Studien hingewiesen und kontrollierte Studien gefordert [7]. Untersuchungen an Kindern und Studenten sagen wenig aus, da zumeist ältere Erwachsene die Anwender von Reduktionsdiäten sind. Einzelmahlzeiten, extrem zusammengesetzte Kostformen, hypokalorische Mahlzeiten oder Getränke sind in ihren metabolischen Reaktionen mit einer langzeit eingesetzten Reduktionskost nicht vergleichbar. Die körperliche Aktivität muß bei Langzeituntersuchungen unbedingt berücksichtigt werden.

Tab. 4.: Anzahl der Patienten mit leichtem und normalen Hungergefühl 30 und/oder 60 Minuten nach Einnahmen der Testmahlzeiten (Frühstück und Vesper). Diät I: Saccharose (n = 11), Diät II: Cyclamat/Saccharin (n = 9)

	Gruppe I (n = 11)	Gruppe II (n = 9)
<b>Frühstück</b>		
- zu Beginn	4	2
- nach 2 Wochen	5	1
- nach 3 Wochen	3	2
<b>Vesper</b>		
- zu Beginn	4	4
- nach 2 Wochen	6	4
- nach 3 Wochen	4	4

Negative Beispiele sind auch eiweißreiche Reduktionsdiäten, die angeblich eine höhere spezifisch dynamische Wirkung haben und so zur schnelleren Gewichtsreduktion führen sollen. Andere empfehlen fettreiche Reduktionskost, weil durch Ketonkörperausscheidung über Atemluft und Urin Energie verlorenght. Der Verlust liegt allerdings in einer Größenordnung, die für eine Gewichtsabnahme unbedeutend ist [17]. Es liegen sogar Untersuchungen vor, deren Ergebnisse zeigen, daß Reduktionskostformen effektiver sind, wenn der Kohlenhydratanteil Saccharose enthält. Begründet wird dies mit einer Verminderung des Ruhestoffwechsels, verbesserter N-Bilanz und einer Verhinderung des Abbaus fettfreier Körpermasse [13, 15, 16].

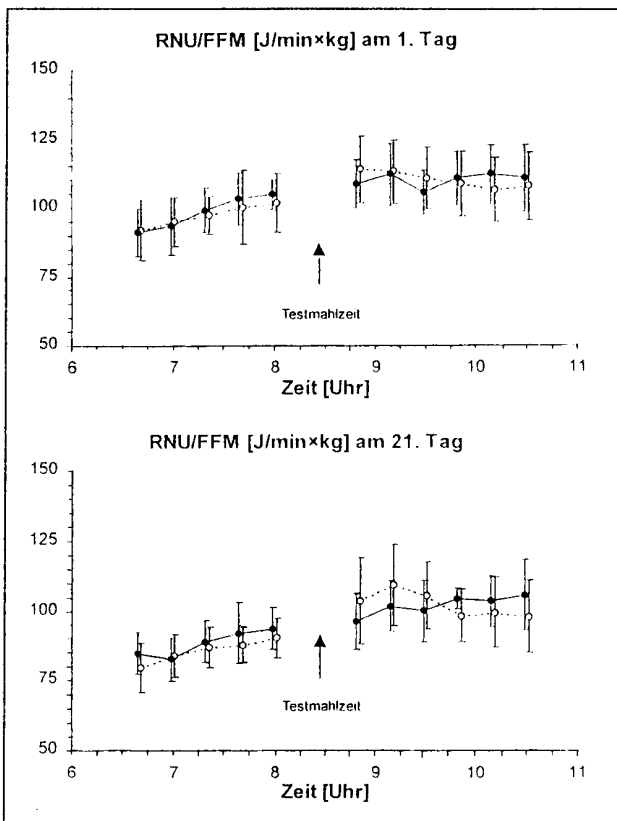


Abb. 1: Ruhe-Nüchtern-Umsatz und postprandialer Umsatz je kg fettfreier Körpermasse nach den Testmahlzeiten vor und am 21. Tag nach Reduktionsdiäten, die entweder Saccharose (Diät I) --○-- oder Cyclamat/Saccharin (Diät II) —●— enthielten ( $\bar{x} \pm s$ )

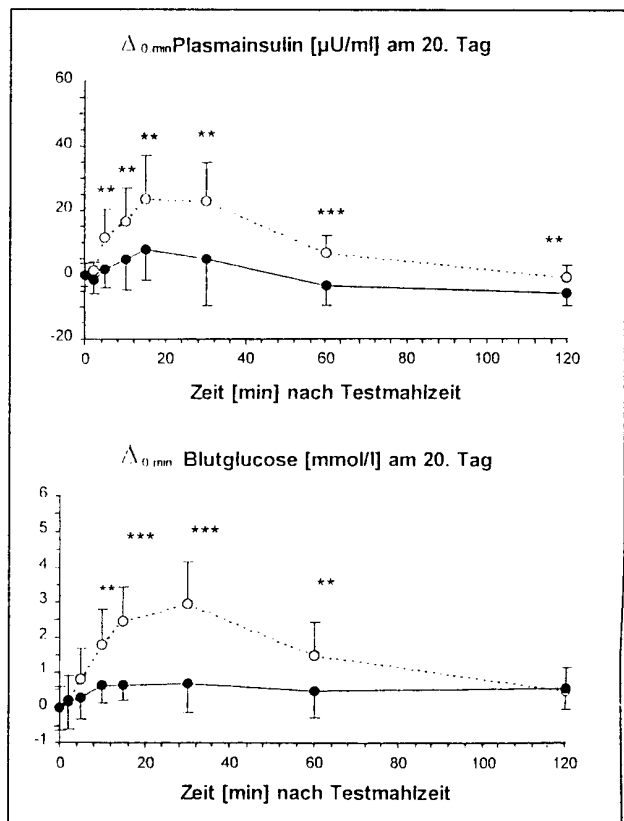


Abb. 2: Veränderungen im Plasmainsulin- und Blutglucosespiegel nach den Testmahlzeiten am 20. Tag. ( $\bar{x} \pm s$ ); Saccharose (Diät I) --○-- [n = 11]; Cyclamat/Saccharin (Diät II) —●— [n = 9] \* p < 0,05; \*\* p < 0,01; \*\*\* p < 0,001 Diät I zu Diät II

In den letzten Jahren entstanden Unsicherheiten über den Einsatz von Süßstoffen in Reduktionsdiäten. Die in den öffentlichen Medien geführte Diskussion verunsicherte viele, die Süßstoffe einsetzen. Süßstoffe werden mit Ausnahme des Aspartams nicht verstoffwechselt. Aspartam liefert geringe Mengen Methanol, die energetisch und toxicologisch zu vernachlässigen sind, und die Aminosäuren Asparaginsäure und Phenylalanin, die in den normalen Stoffwechsel eingehen [4]. Es wurde jedoch angenommen, daß Personen, die abnehmen oder ihr Gewicht konstant halten wollen, mit der Aufnahme von kalorienfreiem Süßstoff verstärkt Appetit bekommen und sich dadurch ungewollt hyper-energetisch ernähren.

Solche Vorstellungen gehen im wesentlichen auf Untersuchungen von BLUNDELL und ROGERS in der zweiten Hälfte der 80er Jahre zurück [2, 22]. Sie verabreichten zunächst energiearm gesüßte Flüssigkeiten und in einer weiterführenden Studie saccharingesüßten Joghurt im Vergleich mit normalem. Saccharingesüßter Joghurt soll das Hungergefühl gesteigert haben. Für diese völlig unerwartete Wirkung fehlte die biochemische Erklärung. In die Literatur ging das Ergebnis als "cephalischer Insulinreflex" ein. Einen kausalen Zusammenhang wollte man darin sehen, daß Süßstoffe über Geschmacksrezeptoren nerval das Inselzellsystem des Pankreas stimulieren, dieses Insulin ausschüttet und so ein Hungergefühl auslöst. 1990 interpretierte dieselbe Arbeitsgruppe die Ergebnisse schon etwas anders [21, 23]. Ein solcher Zusammenhang wäre aber biochemisch zu beweisen. Das erscheint aus ernährungsphysiologischer Sicht problematisch, da es vergleichsweise geringe Mengen Kohlenhydrate sind, die eine derartige Reaktion auslösen sollen, und man weiß, welche Schwierigkeiten in den vergangenen Jahrzehnten z. B. die Auswertung des oralen Glukose-Toleranztestes bereitete. Der Anteil zuckerhaltiger Lebensmittel an der Gesamt-Energiezufuhr beträgt etwa 7 % und ist aus energetischer Sicht eher gering [25]. Eine heterogene, komplex zusammengesetzte Mahlzeit ist in ihrer metabolischen Reaktion viel schwieriger zu beurteilen.

In der Folgezeit gab es zahlreiche ähnlich gelagerte Untersuchungen an Tieren und am Menschen [ 11, 12]. Die Ergebnisse dieser Folgeuntersuchungen sind widersprüchlich. Sehr bald stellte sich heraus, daß eine Reihe anderer Komponenten der Nahrung ähnlich stimulierende Wirkungen hat. Die Zufuhr von Aminosäuren, insbesondere Leucin oder Arginin, eine Vagusreizung durch Sekretin, eine Glucagonerhöhung oder Geschmacksstoffe können ebenfalls eine Insulinsekretion auslösen.

In einer umfangreichen Übersicht hat FÖRSTER 1993 [10] die wichtigsten Studien, die zu dieser Thematik an Tieren und am Menschen durchgeführt worden sind, zusammengefaßt und kritisch bewertet. Er führt die differierenden Aussagen auf Fehler in der Versuchsplanung und Ergebnisinterpretation zurück. Im gleichen Jahr hat GROSSKLAUS [12, 13] den Stellenwert der Kohlenhydrate einschließlich der Zuckerzusatzstoffe in Kostformen zur Gewichtskontrolle kritisch diskutiert. Er verweist auf ein weiteres Problem: Reduktionsdiäten sind mit Hungergefühlen gekoppelt, die zum Abbruch eines solchen Diätregimes führen können [19].

Die von uns eingesetzten Diäten, die in einer Diätküche zubereitet wurden und in unserer Klinik allgemein zur moderaten Gewichtsreduktion angewandt werden, wurden von den Patienten gut angenommen.

Die Kombination von Cyclamat und Saccharin (10 : 1) haben wir wegen ihrer breiten Anwendung in Europa zur Untersuchung ausgewählt. Außerdem konnten wir in unserer früheren Studie [14] unter Nüchternbedingungen keine Unterschiede in den akuten Effekten der verschiedenen Süßstoffe (Cyclamat, Saccharin, Acesulfam und Aspartam) auf den Insulin- und Glucosespiegel im Blut feststellen.

Ziel der vorliegenden Studie war es abzuklären, ob Süßstoffe im Rahmen einer Reduktionsdiät im Vergleich zu Saccharose die Körpergewichtsabnahme stören. Deshalb haben wir zwei gleich süße Diäten getestet, die entweder 75 g Saccharose/Tag oder Süßstoff (Cyclamat/Saccharin, 10 : 1) enthielten. Der Energiegehalt, der Stickstoffgehalt und der Gehalt an Gesamtkohlenhydraten waren in beiden Diäten gleich. Damit haben wir vermieden, eine energiereiche Substanz (75 g Saccharose = 1200 kJ) mit einem energiefreien Süßstoff direkt zu vergleichen. Außerdem haben wir eine normal zusammengesetzte Mischkost gewählt, die von Patienten auch zu Hause verzehrt werden kann und keine in der Nährstoffzusammensetzung unausgewogene Diät [15, 16].

Beide Reduktionsdiäten zeigten den gleichen Einfluß auf den Energieumsatz und die Körperzusammensetzung, ohne irgendeinen speziellen Effekt, der nur allein auf die Gabe von Süßstoff zurückzuführen wäre. Die Abnahme des Körpergewichts und Körperfetts war zwischen den Gruppen vergleichbar und stimmte gut mit den aus dem Energiedefizit über 21 Tagen kalkulierten Werten überein. Der gemäßigte Gewichtsverlust von etwa 5 % des Ausgangsgewichtes wurde von den Patientinnen gut vertragen. Der RNU wurde in der Zeit zwischen 6.30 und 8.00 Uhr gemessen und auf 24 Stunden

extrapoliert. Das erscheint uns zulässig, da der Zeitverlauf des Energieumsatzes (circadianer Rhythmus) zeigt, daß ein über diesen Zeitraum gemessener Umsatz am besten mit dem 24-h-Tagesniveau (rhythm adjusted level) übereinstimmt [29]. Der tagesrhythmisch bedingte Anstieg des Energieumsatzes im Zeitraum von 8.00 bis 10.00 Uhr könnte den gemessenen postprandialen Umsatz beeinflussen; denn die in diesem Zeitraum erfaßte postprandiale Thermogenese von 20-24 % der aufgenommenen Energie erscheint etwas zu hoch, verglichen mit unseren früheren Ergebnissen im Zeitraum von 10.00 bis 14.00 Uhr [27].

Das Absinken des RNU um etwa 10 % ist das Ergebnis der Reduktionskost auf der einen und eines verringerten Körpergewichts auf der anderen Seite. Eliminiert man den Einfluß der Gewichtsabnahme durch Bezug des RNU auf die fettfreie Körpermasse oder die Körperzellmasse, so beträgt die Reduktion des Energieumsatzes etwa 6-7 % und ist im wesentlichen auf die Reduktionsdiät zurückzuführen. Es wurde keine weitere Verringerung des Energieumsatzes als Folge der Süßstoffanwendung gefunden.

Die gemessenen postprandialen Glucose- und Insulinprofile nach 3 Wochen Reduktionsdiät spiegelten, wie erwartet, die Zusammensetzung der Testmahlzeiten wider. Nur die Testmahlzeit, die 25 g Saccharose enthielt, führte, zu einem signifikanten Anstieg von Plasmainsulin und Blutglucose im Vergleich zum Basalwert (0. min). Die süßstoff- und anderweitig kohlenhydrathaltige Testmahlzeit induzierte dagegen einen zwar geringeren, aber signifikanten postprandialen Anstieg der Blutglucose, während der Plasmainsulinspiegel unbeeinflusst blieb.

Einen Einfluß des Süßstoffs auf die Glucose- oder Insulinspiegel in Form einer Hypoglykämie oder eines postulierten cephalischen Insulinreflexes [2, 3] konnten wir erneut nicht finden.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen deutlich, daß Süßstoffe (Cyclamat und Saccharin) bei isokalorischen und gleichsüßen Reduktionsdiäten per se keinen Einfluß auf den Energieumsatz, die Gewichtsabnahme und den Fettabbau haben. Somit läßt sich schlußfolgern, daß die Anwendung von Süßstoffen als Bestandteil von Reduktionsdiäten und gewichtsstabilisierender Mischkost nicht weiter in Frage gestellt werden kann. Süßstoffe vermindern die Energiedichte von Reduktionsdiäten, und anstelle von Saccharose können andere Energieträger eingesetzt werden. Fazit unserer beiden Studien [14, vorliegende]: Der Einsatz von Süßstoffen als Süßungsmittel in Getränken und Speisen löst weder biochemisch, noch physiologisch unerwartete Reaktionen aus.

**Danksagung:**

Unser spezieller Dank gilt unserer leitenden Diätassistentin, Frau Helga Liebsch, für ihre exzellente Zusammenstellung der Diäten, deren Zubereitung sowie der Kontrolle des Verzehrs.

**Literatur**

<p>1. <i>Blackburn, G. L., Wilson, G. T., Kanders, B. S., Stein, L. J., Adler P. T., Brownell, K. D.:</i> Weight cycling: the experience of human dieters. <i>Am. J. Clin. Nutr.</i> 49 (1989) 1105-1109</p> <p>2. <i>Blundell, J. E., Hill, A. J.:</i> Paradoxical effects of intensive sweetener (aspartame) on appetite. <i>Lancet</i> K (1986) 1092-1093</p> <p>3. <i>Blundell, J. E., Rogers, P. J., Hill, A. J.:</i> Uncoupling sweetness and calories: methodological aspects of laboratory studies on appetite control. <i>Appetite</i> 11 (suppl. 1) 1988, 54-61</p> <p>4. <i>Carlson, H. E., Hyman, D. B., Bauman, C., Koch, R.:</i> Prolactin responses to phenylalanine and tyrosine in phenylketonuria. <i>Metabolism</i> 41 (1992) 518-521</p> <p>5. <i>Drewnowski, A., Massie, Ch., Louis-Sylvestre, J., Fricker J., Chapelot, D., Apfelbaum, M.:</i> The effects of aspartame versus sucrose on motivational ratings, taste preferences, and energy intakes in obese and lean women. <i>Intern. J. Obesity</i> 18 (1994) 570-</p>	<p>578</p> <p>6. <i>Drewnowski, A., Massie, Ch., Louis-Sylvestre, J., Fricker J., Chapelot, D., Apfelbaum, M.:</i> Comparing effects of aspartame and sucrose on motivational ratings, taste preferences, and energy intakes in humans. <i>Am. J. Clin. Nutr.</i> 59 (1994) 338-345</p> <p>7. <i>Drewnowski, A.:</i> Intense sweeteners and the control of appetite. <i>Nutr. Rev.</i> 53 (1995) 1-7</p> <p>8. <i>Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V im Auftrage des Bundesministers für Gesundheit und des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten:</i> Ernährungsbericht 1992, Frankfurt, Druckerei Henrich 1992</p> <p>9. <i>Fischer H., Lembke, B.:</i> Die Anwendung der bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA) zur Beurteilung der Körperzusammensetzung und des Ernährungszustandes. <i>Inn. Med.</i> 18 (1991) 13-17</p> <p>10. <i>Förster H.:</i> Einfluß des Süßstoffs Aspartam auf den Appetit. <i>Akt. Ernähr. Med.</i> 18 (1993) 331-337</p>	<p>11. <i>Gaßmann, B.:</i> Genuß ohne Risiko? <i>Medizin und Ernährung</i> 2 (1993) 14-15, 3 (1993) 14-15</p> <p>12. <i>Großklaus, R.:</i> Macht Süßstoff Hunger? Vortrag zum 6. Diätetik Dialog "Diabetes mellitus" 21.8.1993, Aachen</p> <p>13. <i>Großklaus, R.:</i> Der Stellenwert von Süßungsmitteln in Diäten zur Gewichtskontrolle. <i>Ernährungs-Umschau</i> 40 (1993) 69-106</p> <p>14. <i>Härtel, B., Graubaum, H.-J., Schneider B.:</i> Einfluß von Süßstofflösungen auf die Insulinsekretion und den Blutglukosespiegel. <i>Ernährungs-Umschau</i> 40 (1993) 152-155</p> <p>15. <i>Hendler R. G., Walesky, M., Sherwin, R. S.:</i> Sucrose substitution in prevention and reversal of the fall in metabolic rate accompanying hypocalorie diets. <i>Am. J. Med.</i> 81 (1986) 280-284</p> <p>16. <i>Hendler R. G., Bonde, A. A.:</i> Effects of sucrose on resting metabolic rate, nitrogen balance, leucine turnover and oxidation during weight loss with low calorie diets. <i>Int. J. Obesity</i> 14 (1990) 927-938</p>
---	--	--

17. *Macdonald, I.:*  
Nonsense and non-science in nutrition. *Proe. Nutr. Soc.* 42 (1983) 513-523
18. *Noack, R., Barth, C. A.:*  
Kohlenhydrate unbegrenzt? *Ernährungs-Umschau* 40 (1993) 440-444
19. *Pudel, V.:* Psychologische Aspekte der Adipositasentstehung und Behandlung. *Akt. Ernähr.-Med.* 17 (1992) 196
20. *Renwick, A. G.:*  
Intense sweeteners, food intake, and the weight of a body of evidence. *Physiol. Behav.* 55 (1994) 139-143
21. *Rogers, P. J., Carlyle, J., Hill, A. L., Blundell, J. E.:* Uncoupling sweet taste and calories: Comparison of the effects of glucose and three intense sweeteners on hunger and food intake in human subjects. *Physiol. Behav.* 43 (1989) 547-552
22. *Rogers, P. J., Blundell, J. E.:*  
Separating the actions of sweetness and calories: effects of saccharin and carbohydrates on hunger and food intake in human subjects. *Physiol. Behav.* 45 (1989) 1093-1099
23. *Rogers, P. J., Plenning, H. C., Blundell, J. E.:*  
Aspartame ingested without tasting inhibits hunger and food intake. *Physiol. Behav.* 47 (1990) 1239
24. *Rolls, B. J.:*  
Effects of intense sweeteners on hunger, food intake, and body weight: a review. *Am. J. Clin. Nutr.* 53 (1991) 872-878
25. *Rottka, H., Hermann-Kunz, E., Hahn, B., Lang, H.-R.:*  
Berliner Vegetarier-Studie. 1. Mitt.: Lebensmittelverzehr, Nährstoff- und Energieaufnahme im Vergleich zu Nichtvegetariern. *Akt. Ernähr.* 13 (1988) 161-170
26. *Schnur, E.:*  
Schlankheitsdiäten - eine kritische Übersicht. *Ernährungs-Umschau* 42 (1995) 29-32
27. *Steiniger J., Karst, H., Noack, R., Steglich, H.-D.:*  
Diet induced thermogenesis in man: thermic effects of single protein and carbohydrate test meals in lean and obese subjects. *Metab.* 31 (1987) 117-125
28. *Steiniger, J., Noack, R.:*  
Bestimmung von Energie- und Substratumsätzen mittels indirekter Kalorimetrie. *Z. med. Lab. Diagnostik* 29 (1988) 17-27
29. *Steiniger, J.:*  
Untersuchungen zum 24-h Energieumsatz des Menschen: Zirkadianer Rhythmus, Beziehungen zum Körpergewicht und zur Ernährung. *Z. ges. inn. Med.* 40 (1985) 232-237
30. *Stellmann, S. D., Garfinkel, L.:*  
Artificial sweetener use and one-year weight change among women. *Prev. Med.* 15 (1986) 195-202
31. *Tordoff, M. G., Alleva, A. M.:*  
Oral stimulation with aspartame increases hunger. *Physiol. Behav.* 47 (1990) 555-559
32. *Wurtman, R. J., Wurtman, J. J.:*  
Do carbohydrate affect food intake via neurotransmitter activity? *Appetite* 11 (suppl. 1) (1988) 42-47

Anschriften der Verfasser:

**Dr. J. Steiniger**  
**Dr. H.-D. Steglich**  
**Dipl.-Chem. A. Schneider**  
Klinik für Physiotherapie  
und Naturheilverfahren  
Wiltbergstraße 50  
Haus 118  
13122 Berlin-Buch

**Priv.-Doz. Dr. H.J. Graubaum**  
TC Biomed., Abt. Umweltmedizin  
und klinische Forschung  
Etkar-André-Straße 8  
12619 Berlin

**Priv.-Doz. Dr. Chr. Metzner**  
Medizinische Universitäts-Poliklinik  
Wilhelmstr. 35-37  
53111 Bonn