

Glykämischer Index und glykämische Last – ein für die Ernährungspraxis des Gesunden relevantes Konzept?

Teil 2: Umsetzung des Konzeptes eines niedrigen GI bzw. GL in Ernährungsempfehlungen für die Bevölkerung

Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) e.V., Bonn

Der glykämische Index (GI) hat seine Bedeutung bislang vor allem in der diätetischen Therapie des Diabetes mellitus. Seit einiger Zeit wird das Thema in der Fach- und Laienpresse auch im Zusammenhang mit der Ernährung Gesunder diskutiert. Entsprechende Ernährungsempfehlungen gibt es bereits (LOGI-Pyramide, Healthy Eating Pyramid). Im Vordergrund dieser Arbeit steht die Frage nach der Relevanz eines niedrigen GI für die Prävention ernährungsmitbedingter Erkrankungen und damit für die allgemeine Ernährung. Den GI beeinflussende Faktoren werden ebenso diskutiert wie Probleme bei der Umsetzung des Konzeptes in die Ernährungspraxis.

Im Rahmen eines Expertenworkshops der FAO/WHO zu Kohlenhydraten in der menschlichen Ernährung wurde 1997 die Empfehlung bezüglich einer kohlenhydratbetonten Ernährung mit mindestens 55 % der Energie aus Kohlenhydraten ausgesprochen. Der Großteil der kohlenhydrathaltigen Lebensmittel sollte reich an nicht stärkehaltigen Polysacchariden sein, also Zellulose, Hemizellulose, Pektine, Pflanzengummi und anderen Ballaststoffen, und einen niedrigen GI aufweisen. Als besonders geeignete Kohlenhydratquellen benennt die Expertengruppe „in angemessener Weise verarbeitete“ Getreideprodukte, Gemüse, Hülsenfrüchte und Obst. Bei der Auswahl von Lebensmitteln ähnlicher Zusammensetzung innerhalb einer Lebensmittelgruppe sollte der GI als Kriterium mit herangezogen werden [21].

In verschiedenen Ländern gibt es ebenfalls Bestrebungen, das Konzept des GI in Empfehlungen auf Bevölkerungsebene umzusetzen. Aus den USA stammen gleich zwei Ernährungskonzepte, die allerdings nicht kongruent miteinander sind.

LUDWIG [41] schlug eine *Low Glycemic Index Pyramid* vor (LOGI-Pyrami-

de, Abb. 2). Obst und nicht stärkehaltiges Gemüse, letzteres zubereitet mit „gesunden“ Ölen, bildet nach dieser Pyramide die Ernährungsgrundlage, während Getreideprodukte aus Weißmehl, Kartoffeln und Süßwaren an der

Spitze positioniert werden. Vollkornprodukte, Nudeln und Reis befinden sich auf der zweithöchsten Stufe, sind damit also nur eingeschränkt empfehlenswert. Eine stärkere Bedeutung gewinnen fettarme Eiweißlieferanten

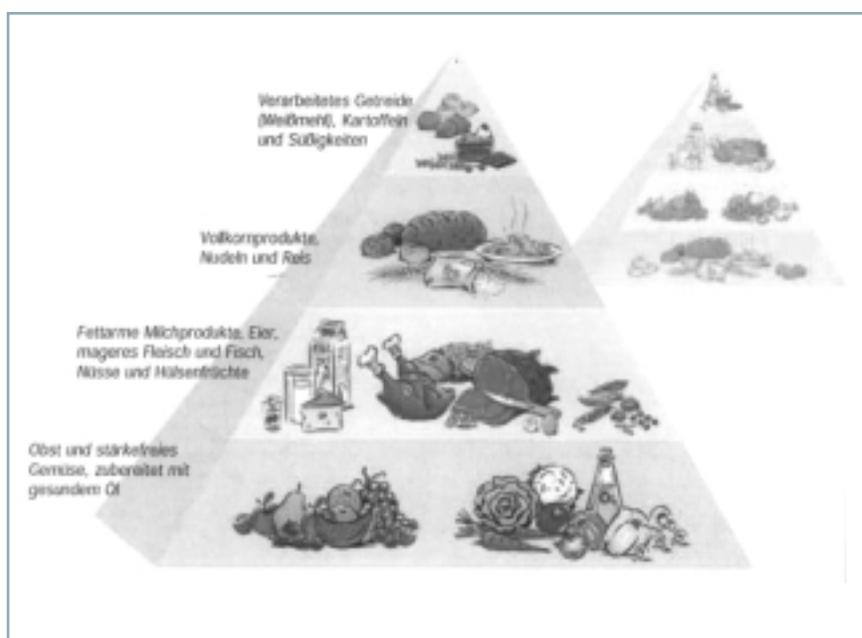


Abb. 2: Die LOGI-Pyramide

wie Fleisch, Geflügel und Fisch, indem sie auf der zweiten Stufe von unten neben Milchprodukten und Nüssen sowie Hülsenfrüchten platziert werden.

Ziel dieses Ansatzes ist eine Ernährung, mit der die Insulinantwort auf aufgenommene Kohlenhydrate verringert wird, was den Zugang zu gespeicherter Energie verbessern, Hungergefühle vermindern und die Gewichtsabnahme fördern soll. Damit liegt der Fokus des Ernährungskonzepts von LUDWIG auf der postulierten Rolle eines niedrigen GI bei der Regulation des Körpergewichts.

Ein weiteres Ernährungskonzept ist die *Healthy Eating Pyramid* von WILLET [69, 71] (Abb. 3). Hier befinden sich raffinierte Getreideprodukte (wie Weißbrot, geschälter Reis und Nudeln aus Weißmehl), Kartoffeln und Süßwaren an der Spitze der Pyramide und sind damit sparsam zu verwenden. Die breite Basis der Lebensmittel bilden Vollkornprodukte, die zu den meisten Mahlzeiten verzehrt werden sollen. Hierin unterscheidet sich die Pyramide von WILLET deutlich von der LOGI-Pyramide. Eine Stufe über den Vollkornprodukten sind Gemüse und Obst angesiedelt, die reichlich bzw. zwei- bis dreimal pro Tag gegessen werden sollen. Hülsenfrüchte und Nüsse sollen täglich ein- bis dreimal auf dem Speisezettel stehen. Milchprodukte sollen ein- bis zweimal, Fisch, Geflügel und Eier kein- bis zweimal am Tag gegessen werden.

WILLET begründet die Anordnung von Kohlenhydratlieferanten in seiner Pyramide mit den Ergebnissen der *Nurses' Health Study* und der *Health Professionals Follow-up Study*. In diesen wurde ein Zusammenhang zwischen niedriger Ballaststoffaufnahme aus Getreide, hoher GL der Kost und einem erhöhten Risiko für die Entwicklung eines Diabetes mellitus Typ 2 beobachtet (s. Teil 1). WILLET weist darauf hin, dass einige Kohlenhydratlieferanten neben ihrem Einfluss auf den Blutglucosespiegel gute Quellen für Ballaststoffe, Vitamine, Mineralstoffe und sekundäre Pflanzenstoffe sind. Er räumt dem GI eine ähnliche Bedeutung ein wie die Expertengruppe der FAO/WHO, nämlich, dass bei der Wahl zwischen verschiedenen Lebensmitteln innerhalb einer Gruppe die mit dem niedrigeren GI ausgewählt werden sollten, also beispielsweise Vollkornprodukte statt Weißmehlprodukte.

Die Ernährungskonzepte von LUDWIG [41] und WILLET [69] sehen eine

sparsame Verwendung von Weißmehlprodukten und Kartoffeln vor. Insofern weichen sie von traditionellen Ernährungskonzepten wie den *Dietary Guidelines for Americans* [65] und den 10 Regeln der DGE [18] ab. Zwar hebt WILLET die Nährstoffdichte von Obst, Gemüse und Vollkornprodukten hervor; die hohe Nährstoffdichte der Kartoffel scheint allerdings ihre hohe GL nicht aufzuwiegen, was in der oben genannten Empfehlung zur sparsamen Verwendung resultiert. Das Konzept von WILLET stimmt mit den Empfehlungen der DGE in Bezug auf den propagierten reichlichen Konsum von Obst und Gemüse (Regel 3 der 10 Regeln für eine vollwertige Ernährung), den nur gelegentlichen Verzehr von mit Zucker gesüßten Lebensmitteln (Regel 6) und die Bevorzugung von Vollkorngetreideprodukten (Regel 2) überein.

Der GI – ein Konzept für die Praxis?

Obwohl die Relevanz eines niedrigen GI bzw. GL der Kost für die Prävention ernährungsmitbedingter Erkrankungen noch nicht ausreichend geklärt ist, gibt es bereits Diskussionen zur praktischen Umsetzung des Konzepts [45]. Hier stellt sich beispielsweise die Frage nach Grenzwerten für eine Einteilung von Lebensmitteln in solche mit hohem, mittlerem und niedrigem GI bzw. GL. Ein GI bis 55 (Referenzlebensmittel Glucose) wird als niedrig

und ein solcher ab 70 als hoch angesehen, Werte zwischen 56 und 69 gelten als mittel [30]. BRAND-MILLER et al. haben ≤ 10 , 11–19 sowie ≥ 20 als Grenzwerte für eine niedrige, mittlere und hohe GL vorgeschlagen [12]. Diese Grenzen wurden zunächst rein willkürlich gewählt; eine wissenschaftliche Begründung findet sich hierfür nicht. Allerdings verhindert die teilweise große Spanne der gemessenen GI-Werte einiger Lebensmittel (z. B. Kartoffeln, Spaghetti) oft eine eindeutige Zuordnung.

Um den Einsatz des GI in der Praxis zu erleichtern, wurde auch empfohlen, das Konzept des GI nur auf solche Lebensmittel anzuwenden, die pro Portion eine Menge von 10 g und mehr verwertbare Kohlenhydrate liefern [49]. Dies bedeutet, dass beispielsweise Karotten, Kürbis, grüne Erbsen, Wassermelonen, Erdbeeren, Nüsse und panierte Fleisch- und Fischzubereitungen gar nicht berücksichtigt werden müssten.

Von Experten der Harvard University, USA, wird nicht der GI, sondern die GL als eigentlich relevanter Parameter angesehen (s. Teil 1) [57, 59, 69]. So werden bei alleiniger Berücksichtigung des GI vor allem die Lebensmittel schlechter beurteilt, die zwar einen hohen GI, aber eine geringe Kohlenhydratmenge pro Portion aufweisen. Ein häufig zitiertes Beispiel ist die Karotte. Angemerkt werden muss hierzu, dass der zunächst publizierte hohe GI von 92 (bei einer GL von 5) durch

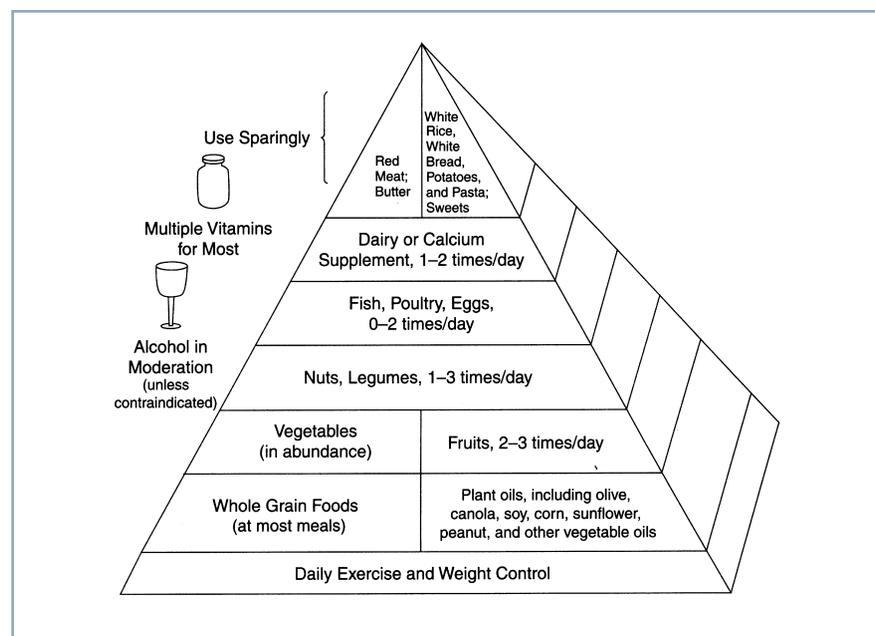


Abb. 3: Healthy Eating Pyramid

neuere, weitaus niedrigere GI-Werte ergänzt wurde (s. Teil 1) [23].

Die GL der Kost kann auf verschiedene Weise reduziert werden: durch die bevorzugte Aufnahme von Lebensmitteln mit einem niedrigen GI, durch die Verringerung der Kohlenhydratzufuhr oder durch eine Kombination aus beidem. LUDWIG [43] schlägt eine moderate Senkung der Kohlenhydratzufuhr und des GI vor und kalkuliert, dass eine Verringerung um jeweils 30 % (!) mit einer 51 %igen Reduktion der GL verbunden wäre. Die Umsetzung dieser Maßnahme würde bedeuten, dass die derzeitige Kohlenhydratzufuhr in Deutschland von im Mittel 45 % der Energiezufuhr [19] auf 31,5 % der Energiezufuhr sinken würde. BRAND-MILLER et al. [12] berechneten, dass eine Senkung der Kohlenhydratzufuhr die GL effektiver reduzieren würde als eine Umstellung auf Lebensmittel mit einem niedrigen GI. Eine solche Maßnahme wäre allerdings völlig konträr zum Bemühen der FAO/WHO, die Energiezufuhr aus Kohlenhydraten auf wenigstens 55 % der Energiezufuhr zu erhöhen [21, 68].

Eine Senkung der Kohlenhydratzufuhr wäre zwangsläufig mit einer Steigerung der Protein- und Fettzufuhr verbunden. Je nachdem, welche Fettsäuren vermehrt aufgenommen würden, könnte es zu ungünstigen Effekten auf die Blutlipide kommen [46]. Außerdem wäre das Risiko einer hy-

perkalorischen Ernährung größer als bei einer kohlenhydratbetonten Ernährung [31, 35, 59].

In der Praxis erscheint die Berücksichtigung des GI oder gar des GL bei der Auswahl von Lebensmitteln für die breite Masse der Bevölkerung ohne besonderes Ernährungswissen nicht umsetzbar. Hierzu wäre die Kenntnis des GI einer Vielzahl von Lebensmitteln, auch in Abhängigkeit von deren Zubereitungsart, sowie entsprechendes Wissen über Portionsgrößen und Kohlenhydratgehalte pro Portion erforderlich. Da dies von der Normalbevölkerung nicht erwartet werden kann, wurde z. B. in Australien ein Programm zur Kennzeichnung von Lebensmitteln mit dem GI initiiert [30].

Der Umgang mit Tabellenwerken zum GI wird erschwert durch eine Vielzahl von Angaben zu einzelnen Lebensmitteln, die sich scheinbar kaum voneinander unterscheiden, den Anwender aber vor die Wahl des richtigen Lebensmittels und des dazugehörigen GI-Wertes stellen. So gibt es beispielsweise in dem umfassenden Tabellenwerk von FOSTER-POWELL et al. [23] zu Spaghetti fünf verschiedene Oberpunkte mit nochmals 23 GI-Datenpunkten (weiß, 5 min. Kochzeit; weiß oder keine Angabe, 10-15 min. Kochzeit; weiß oder keine Angabe, 20 min. Kochzeit; weiß, gekocht; weiß, Hartweizen, 3 verschiedene Kochzeiten). Die für die jeweiligen Oberpunk-

te angegebenen Mittelwerte reichen von 38 ± 3 bis 61 ± 3 .

Eine alleinige Ausrichtung der Ernährung am Konzept des GI wird daher als nicht sinnvoll angesehen [52], auch nicht von Befürwortern des GI [69]. Es gibt diverse Lebensmittel mit einem niedrigen GI, die auf Grund ihrer weiteren Inhaltsstoffe und geringen Nährstoffdichte nicht empfehlenswert sind bzw. sparsam verwendet werden sollten. Als Beispiel seien Süßwaren wie Schokolade bzw. Schokoriegel oder fettreiche Milchprodukte genannt. Andere Lebensmittel wie beispielsweise Kartoffeln oder Vollkorngetreideprodukte weisen zwar einen höheren GI auf, zeichnen sich aber gleichzeitig durch eine niedrige Energiedichte und eine hohe Dichte an Vitaminen, Mineralstoffen und Ballaststoffen aus und sind aus diesem Grund empfehlenswert.

Fazit

Mit dem 1981 von JENKINS entwickelten Konzept des GI wird die physiologische Wirkung von kohlenhydrathaltigen Lebensmitteln auf den Blutglucosespiegel erfasst. Der GI wird beeinflusst von der Zusammensetzung des Lebensmittels, vom Grad der Verarbeitung, der technologischen Aufbereitung, der Anwesenheit von Enzyminhibitoren, der Zusammensetzung der Mahlzeit und noch weitgehend unbekanntem individuellen Variablen der Testpersonen. GI-Angaben in Tabellenwerken variieren teilweise erheblich. Für bei uns übliche Lebensmittel gibt es kaum Daten zum GI. Aus diesen und weiteren Gründen erscheint eine Berücksichtigung des GI bei der Lebensmittelauswahl in der Praxis schwierig. Der Vorschlag, dass nicht der GI, sondern die GL der aussagekräftigere Parameter für den durch eine Mahlzeit ausgelösten Insulinbedarf ist, kompliziert die Materie zusätzlich.

Zum Zusammenhang zwischen GI und der Entwicklung chronischer Erkrankungen liegen bereits einige Studien vor. In diesen ist der GI bzw. die GL der Kost entweder positiv mit dem Erkrankungsrisiko assoziiert oder es wurde kein Zusammenhang beobachtet. Es gibt keine Hinweise auf negative Effekte einer Kost mit niedrigem GI bzw. niedriger GL. Insgesamt liefern die vorliegenden Studien zu Diabetes mellitus, koronarer Herzkrankheit, Krebs und Übergewicht aber keine ausreichende Evidenz dafür, dass eine

Zusammenfassung

Glykämischer Index und glykämische Last – ein für die Ernährungspraxis des Gesunden relevantes Konzept?

Teil 2: Umsetzung des Konzeptes eines niedrigen GI bzw. GL in Ernährungsempfehlungen für die Bevölkerung

Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) e. V., Bonn

Obwohl die Rolle von GI bzw. GL bei der Entstehung ernährungsmitbedingter Erkrankungen noch nicht hinreichend geklärt ist (s. Teil 1), hat der GI mittlerweile Eingang in verschiedene Ernährungsempfehlungen gefunden. Meist wird hierin empfohlen, bei der Auswahl von Lebensmitteln ähnlicher Zusammensetzung innerhalb einer Lebensmittelgruppe solche zu bevorzugen, die einen niedrigen GI aufweisen. Der Verzehr von Weißmehlprodukten bzw. raffinierten Getreideprodukten, von Kartoffeln und Süßwaren soll eingeschränkt, der von Gemüse und Obst ausgedehnt werden.

Für die Praxis wird eine Einteilung von Lebensmitteln in solche mit einem niedrigen, mittleren und hohen GI vorgeschlagen. Willkürlich gewählte Grenzwerte finden sich hierzu in der Literatur. Für den Verbraucher ohne besondere Ernährungskennntnisse erscheint eine gezielte Berücksichtigung des GI bei der Lebensmittelauswahl unmöglich. Es ist derzeit wissenschaftlich nicht begründbar, das Konzept des GI in bestehende Ernährungsempfehlungen für die deutsche Bevölkerung zu integrieren und beispielsweise vom Verzehr von Kartoffeln oder bestimmten Getreideprodukten mit hohem GI bzw. hoher GL abzuraten.

Ernährungs-Umschau 51 (2004), S. 128–131

Kost mit einem niedrigen GI bzw. GL vor der Entstehung der oben genannten Krankheiten schützt. Insofern ist es derzeit nicht zu begründen, das Konzept des GI in vorhandene Ernährungsempfehlungen für die breite Bevölkerung zu integrieren.

In Deutschland wächst die Zahl der Personen mit verminderter Glucosetoleranz, die ein hohes Risiko für die Entwicklung eines manifesten Diabetes mellitus besitzen. Für diese Gruppe spielt ein niedriger GI bzw. eine niedrige GL möglicherweise eine größere Rolle als für Personen mit normaler Glucosetoleranz. Auch hierzu besteht weiterer Forschungsbedarf.

Bis entsprechende Studienergebnisse vorliegen, sollten die bereits vorhandenen Empfehlungen zur Steigerung des Verzehrs von Gemüse und Obst, von Ballaststoffen aus Getreide durch die bevorzugte Auswahl von Vollkorngetreideprodukten und zu einer sparsamen Verwendung von Süßwaren und gesüßten Getränken mit Nachdruck thematisiert werden. Mit der Umsetzung dieser Empfehlungen würden sich GI und GL der Kost der deutschen Bevölkerung bereits um Einiges reduzieren.

Literatur:

1. American Diabetes Association: Evidence-based nutrition principles and recommendations for the treatment and prevention of diabetes and related complications. *Diabetes Care* 26: S51-S61 (2003).
2. Augustin, L. S.; Dal Maso, L.; La Vecchia, C.; Parpinel, M.; Negri, E.; Vaccarella, S.; Kendall, C. W.; Jenkins, D. J.; Franceschi, S.: Dietary glycemic index and glycemic load, and breast cancer risk: a case-control study. *Ann. Oncol.* 12: 1533-1538 (2001).
3. Augustin, L. S.; Polesel, J.; Bosetti, C.; Kendall, C. W.; La Vecchia, C.; Parpinel, M.; Conti, E.; Montella, M.; Franceschi, S.; Jenkins, D. J.; Dal Maso, L.: Dietary glycemic index, glycemic load and ovarian cancer risk: a case-control study in Italy. *Ann. Oncol.* 14: 78-84 (2003a).
4. Augustin, L. S.; Gallus, S.; Borsetti, C.; Levi, F.; Negri, E.; Franceschi, S.; Dal Maso, L.; Jenkins, D. J.; Kendall, C. W.; La Vecchia, C.: Glycemic index and glycemic load in endometrial cancer. *Int. J. Cancer* 105: 404-407 (2003b).
5. Bornet, F. R. J.; Costagliola, D.; Rizkalla, S. W.; Blayo, A.; Frontvielle, A. M.; Haardt, M. J.; Letanoux, M.; Tchobroutsky, G.; Slama, G.: Insulinemic and glycemic indexes of six starch-rich foods taken alone and in a mixed meal by type 2 diabetics. *Am. J. Clin. Nutr.* 45: 588-595 (1987).
6. Bornet, F. R.; Cloarec, D.; Barry, J. L.; Colonna, P.; Gouilloud, S.; Laval, J. D.; Galmiche, J. P.: Pasta cooking time: influence on starch digestion and plasma glucose and insulin responses in healthy subjects. *Am. J. Clin. Nutr.* 51: 421-427 (1990).
7. Bouché, C.; Rizkalla, S. W.; Luo, J.; Vidal, H.; Veronese, A.; Pacher, N.; Fouquet, C.; Lang, V.; Slama, G.: Five-week, low-glycemic index diet decreases total fat mass and improves plasma lipid profile in moderately overweight nondiabetic men. *Diabetes Care* 25: 822-828 (2002).
8. Brand, J. C.; Colagiuri, S.; Crossman, S.; Allen, A.; Roberts, D. C.; Truswell, A. S.: Low-glycemic index foods improve long-term glycemic control in NIDDM. *Diabetes Care* 14: 95-101 (1991).
9. Brand-Miller, J. C.; Holt, S. H. A.; Pawlak, D. B.; McMillan, J.: Glycemic index and obesity. *Am. J. Clin. Nutr.* 76: 281S-285S (2002).
10. Brand-Miller, J. C.: Glycemic load and chronic disease. *Nutr. Rev.* 61: S49-S55 (2003).
11. Brand-Miller, J. C.; Thomas, M.; Swan, V.; Ahmad, Z. I.; Petocz, P.; Colagiuri, S.: Physiological validation of the concept of glycemic load in lean young adults. *J. Nutr.* 133: 2728-2732 (2003).
12. Brand-Miller, J. C.; Holt, S. H. A.; Petocz, P.: Glycemic load values, reply to R Mendosa. *Am. J. Clin. Nutr.* 77: 994-995 (2003).
13. Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin: Bundeslebensmittelschlüssel für Verzehrerhebungen (BLS). Version II.3. Berlin (1999).
14. Canadian Diabetes Association: Guidelines for the nutritional management of diabetes in the new millennium. *Can. J. Diabetes Care* 23: 56-59 (1999).
15. Chew, I.; Brand, J. C.; Thorburn, A. W.; Truswell, A. S.: Application of glycemic index to mixed meals. *Am. J. Clin. Nutr.* 47: 53-56 (1988).
16. Cho, E.; Spiegelman, D.; Hunter, D. J.; Chen, W. Y.; Colditz, G. A.; Willett, W. C.: Premenopausal dietary carbohydrate, glycemic index, glycemic load, and fiber in relation to risk of breast cancer. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 12: 1153-1158 (2003).
17. Connor, H.; Annan, F.; Bunn, E.; Frost, G.; McGough, N.; Sarwar, T.; Thomas, B.: Nutrition Subcommittee of the Diabetes Care Advisory Committee of Diabetes UK: The implementation of nutritional advice for people with diabetes. *Diabet. Med.* 20: 786-807 (2003).
18. Deutsche Gesellschaft für Ernährung: Vollwertig essen und trinken nach den 10 Regeln der DGE. DGE-aktuell 24/2000 vom 26.09.2000 (2000a), URL <http://www.dge.de/Pages/navigation/presse/akt2400.htm>, Zugriff am 13.08.2003.
19. Deutsche Gesellschaft für Ernährung (Hrsg.): Ernährungsbericht 2000. Druckerei Henrich, Frankfurt: 17-58 (2000b).
20. Diabetes and Nutrition Study Group of the European Association for the Study of Diabetes: Recommendations for the nutritional management of patients with diabetes mellitus. *Eur. J. Clin. Nutr.* 54: 353-355 (2000).
21. FAO/WHO: Carbohydrates in human nutrition. A report of a joint FAO/WHO Expert Consultation. Rome (1998).
22. Ford, E. S.; Liu, S.: Glycemic index and serum high-density lipoprotein cholesterol concentration among US adults. *Arch. Intern. Med.* 161: 572-576 (2001).
23. Foster-Powell, K.; Holt, S. H. A.; Brand-Miller, J. C.: International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *Am. J. Clin. Nutr.* 76: 5-56 (2002).
24. Franceschi, S.; Dal Maso, L.; Augustin, L.; Negri, E.; Parpinel, M.; Boyle, P.; Jenkins, D. J.; La Vecchia, C.: Dietary glycemic load and colorectal cancer risk. *Ann. Oncol.* 12: 173-178 (2001).
25. Frost, G.; Wilding, J.; Beecham, J.: Dietary advice based on the glycaemic index improves dietary profile and metabolic control in type 2 diabetic patients. *Diabet. Med.* 11: 397-401 (1994).
26. Frost, G.; Leeds, A. A.; Dore, C. J.; Madeiros, S.; Brading, S.; Dornhorst, A.: Glycaemic index as a determinant of serum HDL-cholesterol concentration. *Lancet* 353: 1045-1048 (1999).
27. Frost, G. S.; Brynes, A. E.; Bovill-Taylor, C.; Dornhorst, A.: A prospective randomised trial to determine the efficacy of a low-glycaemic index diet given in addition to healthy eating and weight loss advice in patients with coronary heart disease. *Eur. J. Clin. Nutr.* 58: 121-127 (2004).
28. Giacco, R.; Parillo, M.; Rivellese, A. A.; Lasorella, G.; Giacco, A.; D'Episcopo, L.; Riccardi, G.: Long-term dietary treatment with increased amounts of fiber-rich low-glycemic index natural foods improves blood glucose control and reduces the number of hypoglycemic events in type 1 diabetic patients. *Diabetes Care* 23: 1461-1466 (2000).
29. Giovannucci, E.: Insulin, insulin-like growth factor and colon cancer: a review of the evidence. *J. Nutr.* 131: 3109S-3120S (2001).
30. Glycemic Index Ltd. 2002: URL <http://www.gisymbol.com.au/pages/index.asp>, Zugriff am 10.09.2003.
31. Hill, J. O.; Melanson, E. L.; Wyatt, H. T.: Dietary fat intake and regulation of energy balance: implications for obesity. *J. Nutr.* 130: 284S-288S (2000).
32. Jenkins, D. J.; Wolever, T. M.; Taylor, R. H.; Barker, H.; Fielden, H.; Baldwin, J. M.; Bowling, A. C.; Newman, H. C.; Jenkins, A. L.; Goff, D. V.: Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am. J. Clin. Nutr.* 34: 362-366 (1981).
33. Jenkins, D. J.; Wesson, V.; Wolever, T. M.; Jenkins, A. L.; Kalmusky, J.; Guidici, S.; Csima, A.; Josse, R. G.; Wong, G. S.: Wholemeal versus wholegrain breads: proportion of whole or cracked grain and the glycaemic response. *BMJ* 297: 958-960 (1988).
34. Jenkins, D. J. A.; Kendall, C. W. C.; Augustin, L. S. A.; Franceschi, S.; Hamidi, M.; Marchie, A.; Jenkins, A. L.; Axelsen, M.: Glycemic index: overview of implications in health and disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 76: 266S-273S (2002).
35. Jequier, E.; Bray, G. A.: Low-fat diets are preferred. *Am. J. Med.* 113, Suppl 9B: 41S-46S (2002).
36. Jonas, C. R.; McCullough, M. L.; Teras, L. R.; Walker-Thurmond, K. A.; Thun, M. J.; Calle, E. E.: Dietary glycemic index, glycemic load, and risk of incident breast cancer in postmenopausal women. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 12: 573-577 (2003).
37. Juntunen, K. S.; Niskanen, L. K.; Liukkonen, K. H.; Poutanen, K. S.; Holst, J. H.; Mykkänen, H. M.: Postprandial glucose, insulin, and incretin responses to grain products in healthy subjects. *Am. J. Clin. Nutr.* 75: 254-262 (2002).

38. Liljeberg, H.; Granfeldt, Y.; Bjorck, I.: Metabolic responses to starch in bread containing intact kernels versus milled flour. *Eur. J. Clin. Nutr.* 46: 561-575 (1992).
39. Liu, S.; Willett, W. C.; Stampfer, M. J.; Hu, F. B.; Franz, M.; Sampson, L.; Hennekens, C. H.; Manson, J. E.: A prospective study of dietary glycemic load, carbohydrate intake, and risk of coronary heart disease in US women. *Am. J. Clin. Nutr.* 71: 1455-1461 (2000).
40. Liu, S.; Manson, J. E.; Stampfer, M.; Holmes, M. D.; Hu, F. B.; Hankinson, S. E.; Willett W. C.: Dietary glycemic load assessed by food-frequency questionnaire in relation to plasma high-density-lipoprotein cholesterol and fasting plasma triacylglycerols in postmenopausal women. *Am. J. Clin. Nutr.* 73: 560-566 (2001).
41. Ludwig, D. S.: Dietary glycemic index and obesity. *J. Nutr.* 130: 280S-283S (2000).
42. Ludwig, D. S.: Dietary glycemic index and the regulation of body weight. *Lipids* 38: 117-121 (2003a).
43. Ludwig, D. S.: Glycemic load comes of age. *J. Nutr.* 133: 2695-2696 (2003).
44. MacIntosh, C. G.; Holt, S. H. A.; Brand-Miller, J. C.: The degree of fat saturation does not alter glycemic, insulinemic or satiety responses to a starchy staple in healthy men. *J. Nutr.* 133: 2577-2580 (2003).
45. Mendosa, R.: Glycemic load values. *Am. J. Clin. Nutr.* 77: 994 (2003).
46. Mensink, R. P.; Zock, P. L.; Kester, A. D. M.; Katan, M. B.: Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. *Am. J. Clin. Nutr.* 77: 1146-1155 (2003).
47. Meyer, K. A.; Kushi, L. H.; Jacobs, D. R.; Slavin, J.; Sellers, T. A.; Folsom, A. R.: Carbohydrates, dietary fiber, and incident type 2 diabetes in older women. *Am. J. Clin. Nutr.* 71: 921-930 (2000).
48. Michaud, D. S.; Liu, S.; Giovannucci, E.; Willett, W. C.; Colditz, G. A.; Fuchs, C. S.: Dietary sugar, glycemic load, and pancreatic cancer risk in a prospective study. *J. Natl. Cancer Inst.* 94: 1293-1300 (2002).
49. Nantel, G.: Glycemic carbohydrate: an international perspective. *Nutr. Rev.* 61: S34-S39 (2003).
50. Nuttall, F. Q.; Mooradian, A. D.; Gannon, M. C.; Billington, C.; Krezowski, P.: Effect of protein ingestion on the glucose and insulin response to a standardized oral glucose load. *Diabetes Care* 7: 465-470 (1984).
51. Otto, H.; Bleyer, G.; Pennartz, M.; Sabin, G.; Schauburger, G.; Spaethe, R.: Kohlenhydrataustausch nach biologischen Äquivalenzen. In: Otto, H.; Spaethe, R. (Hrsg.): Diätetik bei Diabetes mellitus. Hans Huber, Bern: 41-50 (1973).
52. Pi-Sunyer, F. X.: Glycemic index and disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 76: 290S-298S (2002).
53. Raben, A.: Should obese patients be counseled to follow a low-glycaemic index diet? *No. Obes. Rev.* 3: 245-256 (2002).
54. Raben, A.; Flint, A.; Moller, B. K.; Pedersen, D.; Tetens, I.; Holst, J. J.; Astrup, A.: Prediction of glycemic index in mixed meals. *Ann. Nutr. Metab.* 47: 635 (2003).
55. Riccardi, G.; Clemente, G.; Giacco, R.: Glycemic index of local foods and diets: the Mediterranean experience. *Nutr. Rev.* 61: S56-S60 (2003).
56. Roberts, S. B.: High-glycemic index foods, hunger, and obesity: Is there a connection? *Nutr. Rev.* 58: 163-169 (2000).
57. Salmeron, J.; Manson, J. E.; Stampfer, M. J.; Colditz, G. A.; Wing, A. L.; Willett, W. C.: Dietary fiber, glycemic load, and risk of non-insulin-dependent diabetes mellitus in women. *JAMA* 277: 472-477 (1997).
58. Salmeron, J.; Ascherio, A.; Rimm, E. B.; Colditz, G. A.; Spiegelman, D.; Jenkins, D. J.; Stampfer, M. J.; Wing, A. L.; Willett, W. C.: Dietary fiber, glycemic load, and risk of NIDDM in men. *Diabetes Care* 20: 545-550 (1997b).
59. Saris, W. H. M.: Sugars, energy metabolism, and body weight control. *Am. J. Clin. Nutr.* 78: 850S-857S (2003).
60. Slattery, M. L.; Benson, J.; Berry, T. D.; Duncan, D.; Edwards, S. L.; Caan, B. J.; Potter, J. D.: Dietary sugar and colon cancer. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 6: 677-685 (1997).
61. Soh, N. L.; Brand-Miller J.: The glycaemic index of potatoes: the effect of variety, cooking method and maturity. *Eur. J. Clin. Nutr.* 53: 249-254 (1999).
62. Stevens, J.; Ahn, K.; Juhaeri; Houston, D.; Stefan, L.; Couper, D.: Dietary fiber intake and glycemic index and incidence of diabetes in African-American and white adults. The ARIC Study. *Diabetes Care* 25: 1715-1721 (2002).
63. Tavani, A.; Bosetti, C.; Negri, E.; Augustin, L. S.; Jenkins, D. J.; La Vecchia C.: Carbohydrates, dietary glycaemic load and glycaemic index, and risk of acute myocardial infarction. *Heart* 89: 722-726 (2003).
64. Terry, P. D.; Jain, M.; Miller, A. B.; Howe, G. R.; Rohan, T. E.: Glycemic load, carbohydrate intake, and risk of colorectal cancer in women: a prospective cohort study. *J. Natl. Cancer Inst.* 95: 914-916 (2003).
65. USDA (U.S. Department of Agriculture): Dietary Guidelines for Americans. 2000. URL <http://www.health.gov/dietaryguidelines/dga2000/document/summary/default.htm>, Zugriff am 13.08.2003.
66. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service: USDA Nutrient Database for Standard Reference, Release 15. Lebensmittel Nr. 11833. <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/>, Zugriff am 25.07.2003.
67. van Dam, R. M.; Visscher, A. W.; Feskens, E. J.; Verhoef, P.; Kromhout, D.: Dietary glycemic index in relation to metabolic risk factors and incidence of coronary heart disease: the Zutphen Elderly Study. *Eur. J. Clin. Nutr.* 54: 726-731 (2000).
68. WHO Technical Report Series 916: Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. WHO, Genf: 54-60 (2003).
69. Willett, W. C.: Eat, drink and be healthy: the Harvard Medical School guide to healthy eating. Simon & Schuster, New York (2001).
70. Willett, W.; Manson, J.; Liu, S.: Glycemic index, glycemic load, and risk of type 2 diabetes. *Am. J. Clin. Nutr.* 76: 274S-280S (2002).
71. Willett, W. C.; Stampfer, M. J.: Macht gesunde Ernährung krank? Spektrum der Wissenschaft 58-67 (März 2003).
72. Wolever, T. M.; Bolognesi, C.: Prediction of glucose and insulin responses of normal subjects after consuming mixed meals varying in energy, protein, fat, carbohydrate and glycemic index. *J. Nutr.* 126: 2807-2812 (1996).
73. Wolever, T. M. S.; Mehling, C.: Long-term effect of varying the source or amount of dietary carbohydrate on postprandial plasma glucose, insulin, triacylglycerol, and free fatty acid concentrations in subjects with impaired glucose tolerance. *Am. J. Clin. Nutr.* 77: 612-621 (2003).
74. Wolever, T. M.; Vorster, H. H.; Bjorck, I.; Brand-Miller, J.; Brighenti, F.; Mann, J. I.; Ramdath, D. D.; Granfeldt, Y.; Holt, S.; Perry, T. L.; Venter, C.; Xiaomei Wu.: Determination of the glycaemic index of foods: interlaboratory study. *Eur. J. Clin. Nutr.* 57: 475-482 (2003).

Für die Verfasser:
Dr. Anja Brönstrup
 Deutsche Gesellschaft für Ernährung
 e. V.
 Godesberger Allee 18
 53175 Bonn
 E-Mail: broenstrup@dge.de