

Glykämischer Index

Peter Bützer

Inhalt

1	Einleitung/Theorie	1
2	Datenbasis	3
2.1	Aufgabenstellung.....	3
2.2	Durchführung.....	3
2.3	Beobachtungen/Messungen.....	3
2.4	Reaktionsgleichungen/Berechnungen.....	4
2.5	Folgerungen	4
3	Simulation.....	4
3.1	Simulationsdiagramm(Simulations-Typ 4).....	4
3.2	Zeitdiagramm	5
3.3	Dokumentation (Gleichungen, Parameter).....	5
3.4	Vergleich	7
4	Interpretation	7
5	Eine generelle Kritik am GI.....	7

1 Einleitung/Theorie

Der glykämische Index (GI) ist eine quantitative Angabe für den Blutzuckeranstieg der Nahrungsmittel¹. Er ist definiert als **Fläche unter der 2 Stunden-Blutzucker-Zeit-Antwort-Kurve** (area under the curve, AUC) nach einer Testmahlzeit mit 50 g Kohlenhydraten im prozentualen Vergleich mit einer Standard-Mahlzeit von ebenfalls 50 g Kohlenhydraten bei derselben Person. Als Standard-Mahlzeit wird Weissbrot oder Glukose verwendet. Das heisst ein GI von 50 bedeutet, dass der Blutzuckeranstieg dieses Nahrungsmittels nur die Hälfte des Anstieges der Glucose ausmacht.

Nahrungsmittel mit einem schnellen und/oder hohen Blutzuckeranstieg, zeigen einen hohen glykämischen Index. Sie lösen auch einen hohen Insulinspiegel aus. Insulin entfernt Glucose aus dem Blut, und wie bei jedem Regler führt das nach einer gewissen Zeit zu einem Glucoseunterschuss im Blut.

Nahrungsmittel bei denen sich der Blutzuckerspiegel geringfügig und/oder langsam erhöht, weisen einen niedrigen glykämischen Index auf.

Wie die nachfolgende Tabelle zeigt, ist der GI unabhängig vom Molekulargewicht der Kohlenhydrate – Vergleich Kartoffeln und Saccharose. So haben beispielsweise Milchprodukte und einige Früchte einen niedrigen GI, trotz Ihrer niedermolekularen Kohlenhydrate, im Gegensatz zu Kartoffeln und Frühstücksgetreide, die trotz ihrer höhermolekularen Kohlenhydrate einen hohen GI aufweisen. Ausser der Kohlenhydrat-Zusammensetzung der Nahrung sind auch andere Faktoren wie z.B. die Verarbeitung der Lebensmittel (siehe rohe und gekochte Karotten), der enzymatische Aufschluss im Darm und die gleichzeitige Aufnahme anderen Nahrungsmitteln entscheidend für den Wert des glykämischen Index verantwortlich.

¹ Die Definition für den "glykämischen Index" wurde von Jenkins und Mitarbeitern in den frühen 1980er Jahren aufgestellt.

Tabelle 1: Glykämischer Index (GI) und Glykämische Last (GL) einiger Nahrungsmittel

Nahrungsmittel	K.H.	GI Index	GL				
Glucose	50	100	50	Buchweizencrepe	25	50	13
Bier	5	110	6	Süsskartoffel	20	50	10
Kartoffeln gebacken	25	95	24	Kiwi	12	50	6
Pommes Frites	33	95	31	Basmatireis	23	50	12
Puffreis	85	95	81	Vollreis	23	50	12
Kartoffelpüree Pulver	14	90	13	Sorbet (Glace)	30	50	15
Schnellkochreis		90	0	Kleiebrot	40	45	18
Honig	80	90	72	Bulgur (gekocht)	25	45	11
Karotten (gekocht)	6	85	5	Schwarzbrot	45	40	18
Cornflakes	85	85	72	Erbsen (frisch)	10	40	4
Popcorn ohne Zucker	63	85	54	Trauben	16	40	6
Weissbrot (Weggli)	58	85	49	Orangensaft (frisch)	10	40	4
Reispudding	24	85	20	Apfelsaft (frisch)	17	40	7
Pommes-Chips	49	80	39	Roggenvollkornbrot	49	40	20
gekochte Saubohnen	7	80	6	Vollkornteigwaren	19	40	8
Tapioka	94	80	75	Bohnen (rot)	11	40	4
Cracker	60	80	48	Vollkornbrot (frisch)	45	40	18
Kürbis	7	75	5	Spaghetti al dente	25	35	9
Weissbrot (Baquette)	55	75	41	Glacé mit Alginaten	25	35	9
Wassermelone	7	75	5	Glasnudeln	15	35	5
Halbweissmehl	53	70	37	Mais (unbehandelt)	21	35	7
Cerealien (gezuckert)	80	70	56	Quinoa (gekocht)	18	35	6
Schokoriegel	60	70	42	Trockenerbsen (gekocht)	18	35	6
Salzkartoffeln	20	70	14	Karotten (roh)	7	35	2
Zucker (Saccharose)	100	70	70	Joghurt (Vollmilch)	4.5	35	2
weisse Rüben	3	70	2	Joghurt (mager)	5	35	2
Maisstärke	88	70	62	Orange	9	35	3
Mais	22	70	15	Birne, Feige	12	35	4
Schnellkochreis	24	70	17	Aprikosen (getrocknet)	63	35	22
Süssgetränke (Cola..)	11	70	8	Vollkornteigwaren	17	30	5
Teigwaren frisch	23	70	16	Milch (fettarm)	5	30	2
Dunkelmehl	50	65	33	All-Bran	46	30	14
Kartoffeln (geschwellte)	14	65	9	Pfirsich	9	30	3
Geies (weiss)	25	65	16	Apfel	12	30	4
Confitüre	70	65	46	Bohnen (weiss)	17	30	5
Melone	6	65	4	Bohnen (grün)	3	30	1
Banane	20	65	13	Linsen (braun)	17	30	5
Orangensaft (aus Konzentrat)	11	65	7	Kichererbsen (gekocht)	22	30	7
Rosinen	66	65	43	Fruchtaufstrich ohne Zucker	37	30	11
Reis Langkorn weiss	23	60	14	Schokolade (schwarz)	57	22	13
Kekse (Weissmehl)	68	55	37	Soja, Erdnüsse		15	
Butterkekse	75	55	41	Aprikosen (frisch)		15	
Teigwaren (ohne Sauce)	23	55	13	Gemüse (grün), Tomaten		<15	
Vollkornbrot	47	50	24	Auberginen, Zucchini		<15	
Buchweizenmehl	65	50	33	Knoblauch, Zwiebeln		<15	
				Fructose		2	

2 Datenbasis

2.1 Aufgabenstellung

Man versuche mit einem Modell zu zeigen, welchen Einfluss die Menge der Nahrungsmittel und die Geschwindigkeit der Glucosefreisetzung haben. Man interpretiere die Definition des glykämischen Index und zeige seine Schwächen auf.

2.2 Durchführung

Angaben über den glykämischen Index sind leicht zu finden.

2.3 Beobachtungen/Messungen

Bei 20 gesunden Personen in Finnland wurde der Blutglucosespiegel (Blutglucosekonzentration) während 180 Minuten nach Einnahme von 125 g Brot gemessen²:

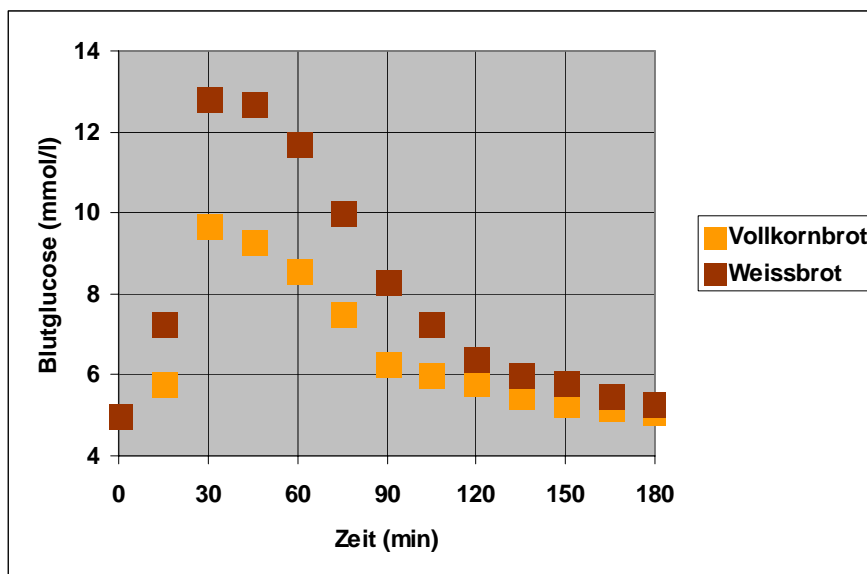


Abbildung 1: Blutglucoseverlauf bei 2 verschiedenen Brotsorten

Zeit (min)	Blutglucose (mmol/l)	
	Vollkorn-brot	Weiss-brot
0	5	5
15	5.76	7.3
30	9.7	12.8
45	9.3	12.7
60	8.6	11.7
75	7.5	10
90	6.3	8.3
105	6	7.3
120	5.8	6.4
135	5.5	6
150	5.3	5.8
165	5.2	5.5
180	5.1	5.3

² Adult (-type 2-) Diabetes, Health-Heart Organisation, <http://www.health-heart.org/diabetes.htm>, 2004-09-12

2.4 Reaktionsgleichungen/Berechnungen

Stärke, das grosse Molekül, wird zu kleinen Glucosemolekülen abgebaut und aufgenommen.

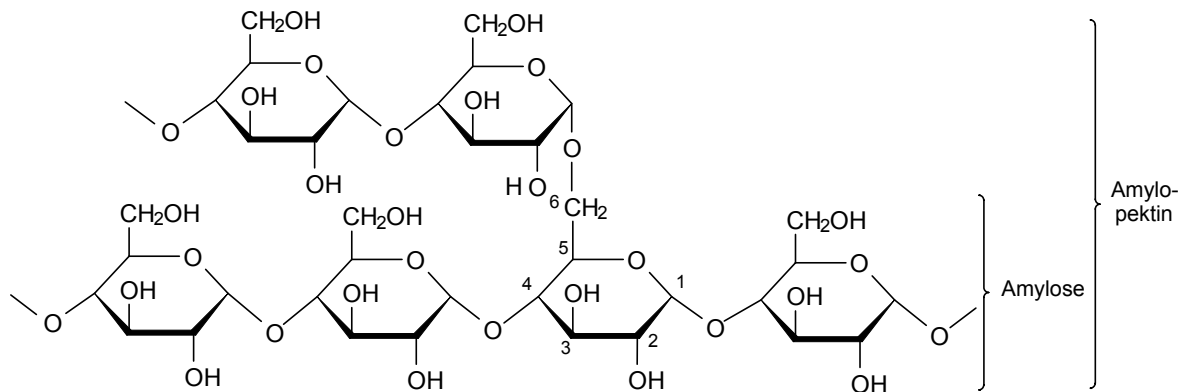


Abbildung 2: Chemische Formel von Stärke, aufgebaut aus Glucose

2.5 Folgerungen

Die Geschwindigkeit der Freisetzung von Glucose ist ganz entscheidend vom Mehl des Brotes, den weiteren Bestandteilen und der Zubereitung abhängig. Daher unterscheiden sich Weissbrot und Vollkornbrot.

3 Simulation

3.1 Simulationsdiagramm³(Simulations-Typ 4)⁴

Die Simulation geht davon aus, dass:

1. die Kohlenhydrate im Verdauungstrakt zu Glucose abgebaut werden,
2. die Glucose vom Verdauungstrakt ins Blut aufgenommen wird und
3. die Glucose aus dem Blut eliminiert wird (Einlagerung als Glycogen, Verbrennung etc.)

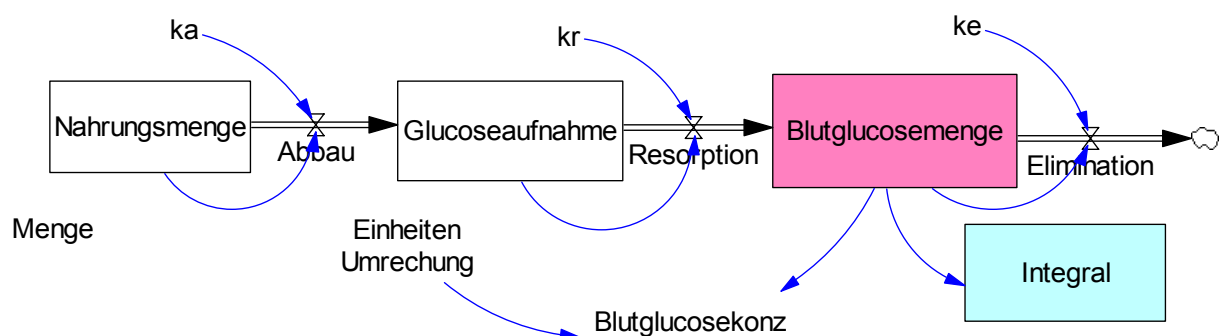


Abbildung 3: Simulationsdiagramm des Blutglucoseverlaufs

³ Simulations-Software: Vensim® PLE, Ventana Systems, Inc., <http://www.vensim.com/>

⁴ Bützer Peter, Roth Markus, Die Zeit im Griff, Systemdynamik in Chemie und Biochemie, verlag pestalozzianum, Zürich 2006, 57ff

3.2 Zeitdiagramm

Weissbrot: $k_a = 0.04$ (entspricht einer Halbwertszeit von 17.3 Minuten, was sinnvoll ist, dauert doch die Magenpassage eingenommener Nahrung ca. 1-3 Stunden), $k_r = 0.087$ (üblicher Wert für kleine Moleküle, entspricht einer HWZ von 8 Minuten), $k_e = 0.0259$ (von den Messungen) (HWZ = 26.7 Min.).

Vollkornbrot: $k_a = 0.03$ (HWZ = 23.1 Min.), $k_r = 0.087$, $k_e = 0.05$ (HWZ = 13.8 Min.)

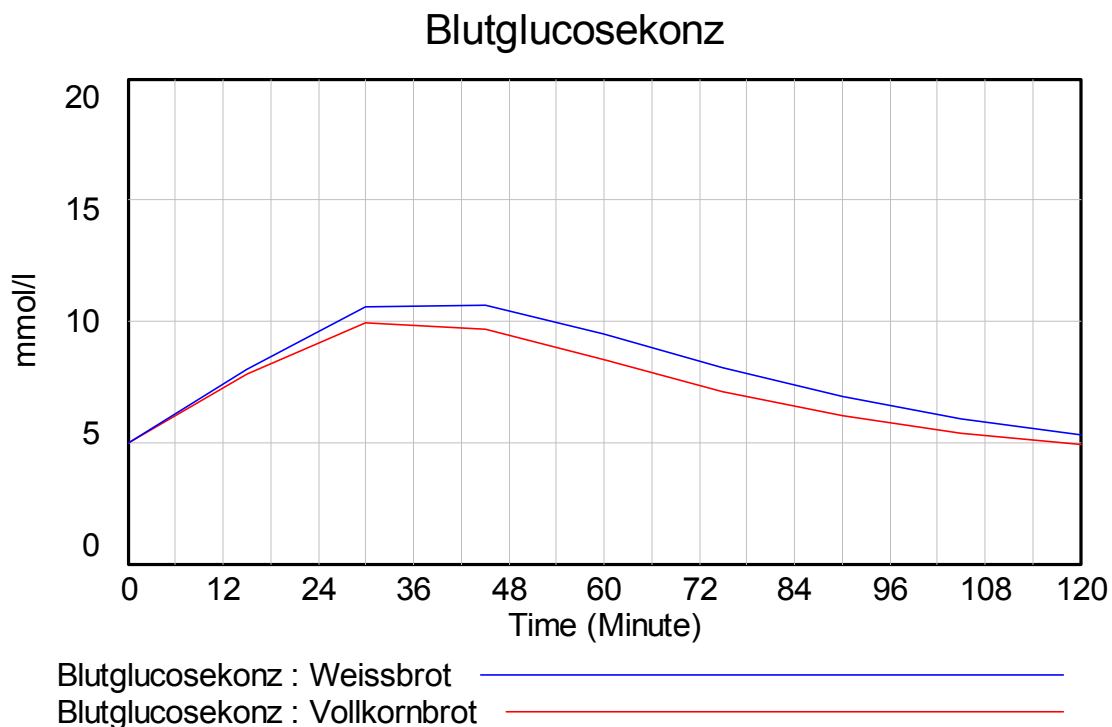


Abbildung 4: Simulationsdiagramm für den Vergleich der Blutzuckerkonzentration von Weiss- und Vollkornbrot.

3.3 Dokumentation (Gleichungen, Parameter)

- (01) $\text{Abbau} = k_a \cdot \text{Nahrungsmenge}$
 Units: g/Minute [0,?]
 Abhängig von der Nahrung, Stärke zu Glucose, Saccharose zu Glucose und Fructose
- (02) $\text{Blutglucosekonz} = (\text{Blutglucosemenge} - 5) / \text{Einheitenumrechnung} + 5$
 Units: mmol/l [0,?]
- (03) $\text{Blutglucosemenge} = \text{INTEG} (+\text{Resorption-Elimination}, 5)$
 Units: g [0,?]
 5: Grundwert
- (04) $\text{Einheitenumrechnung} = 6.5$
 Units: g*l/mmol [0,?]
 Anpassung der Einheiten von g in mmol/l
- (05) $\text{Elimination} = k_e \cdot \text{Blutglucosemenge}$
 Units: g/Minute [0,?]
- (06) $\text{FINAL TIME} = 120$
 Units: Minute

- The final time for the simulation.
- (07) Glucoseaufnahme= INTEG (+Abbau-Resorption, 0)
Units: g [0,?]
- (08) INITIAL TIME = 0
Units: Minute
The initial time for the simulation.
- (09) Integral= INTEG (Blutglucosemenge, 0)
Units: Minute*g [0,?]
Integral über 2 Stunden = Fläche unter der Kurve = GI
- (10) ka= 0.03
Units: 1/Minute [0.01,0.05]
Abhängig von der Nahrung, Abbau der grossen Moleküle im Verdauungstrakt
- (11) ke= 0.04
Units: 1/Minute [0.01,1]
Abhängig vom Maximum, ist durch die Lage bestimmt
- (12) kr= 0.087
Units: 1/Minute [0.035,0.14]
Ist immer etwa gleich
- (13) Menge= 125
Units: g [10,1000,10]
- (14) Nahrungsmenge= INTEG (-Abbau, Menge)
Units: g [0,?]
- (15) Resorption= kr*Glucoseaufnahme
Units: g/Minute [0,?]
- (16) SAVEPER = 15
Units: Minute [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (17) TIME STEP = 1
Units: Minute [0,?]
The time step for the simulation.

3.4 Vergleich

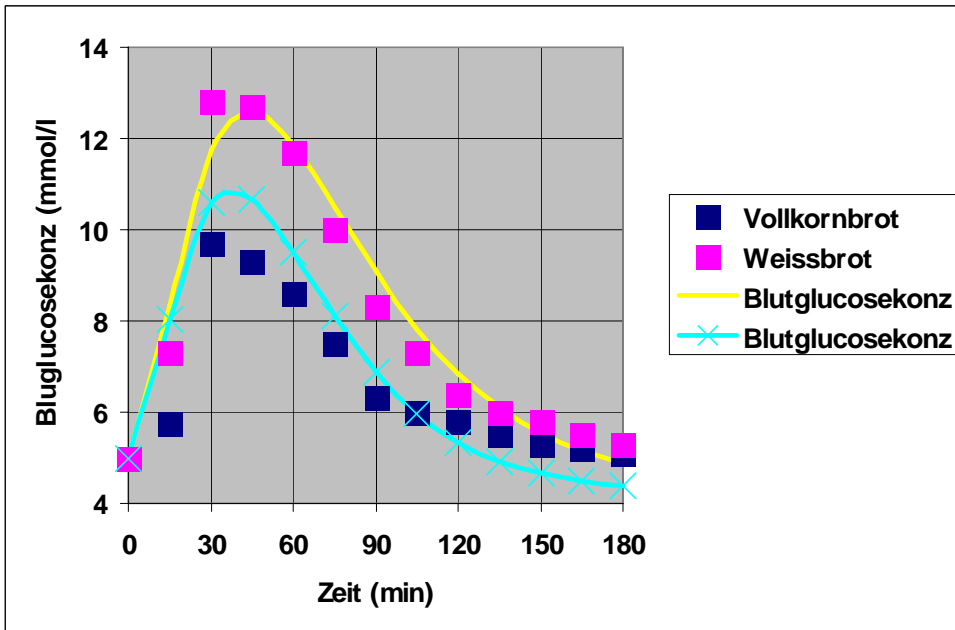


Abbildung 5: Vergleich von Messungen und Simulation

4 Interpretation

Die Simulation macht deutlich, dass 2 Faktoren für einen tieferen glykämischen Index von Vollkornbrot gegenüber Weissbrot verantwortlich sind:

1. die verzögerte Aufnahme und
2. die raschere Elimination der Glucose aus dem Blut.

Das Integral von Weissbrot / Vollkornbrot ist $4800/2600 \approx 1.8$. Aus der Tabelle entnehmen wir den Wert 1.7, d.h. die Übereinstimmung von Modell und Tabellenwerten ist sehr gut.

5 Eine generelle Kritik am GI

Der GI berücksichtigt den Energiegehalt der Nahrungsmittel *nicht*. Wassermelonen mit einem GI= 75 sind gleich eingestuft wie Weissbrot mit ebenfalls GI= 75, obwohl man gewichtsmässig rund achtmal mehr Wassermelonen essen muss, um gleich viel Kohlenhydrate einzunehmen. Somit kann dieser Wert als Grundlage für eine Diät mit Gewichtsreduktion keine wichtige Rolle spielen.

Für Sportler ist der GI unmittelbar vor und nach der Leistung wichtig. Bei der Leistung muss viel Glucose zur Verfügung stehen, nach der Leistung sind die Zellen besonders aufnahmefähig für Glucose, damit die „Speicher“ wieder geladen werden. Der GI kann aber einen sehr raschen, kurzzeitigen Anstieg von einem langsamen aber länger dauernden Anstieg nicht unterscheiden, da die Fläche der Kurve auf 120 Minuten normiert ist.

Um die Energie mit berücksichtigen zu können, wurde inzwischen als Verbesserung des GI die glykämische Last (GL von glycamic load) definiert, die neben dem GI auch die Menge beachtet.

Die glykämische Last (GL) berücksichtigt zum entsprechenden GI-Wert auch die Kohlenhydratmenge pro 100 Gramm der einzelnen Nahrungsmittel:

GL = GI/100 x (KH-Menge je 100 g Nahrungsmittel) (siehe Tabelle 1)

Die Glykämische Last (glycemic load) von 100 g Wassermelonen ist 5, diejenige von Weissbrot hingegen 41!

Die Multiplikation zur GL vermischt die Geschwindigkeit der Aufnahme von Glucose, welche für Sportler und Diabetiker wichtig ist.

Quintessenz:

Nur GI und GL zusammen können zu guten Aussagen führen.