

Der postprandiale Blutzucker am Beispiel eines Typ-1-Diabetikers

Eine prämierte Untersuchung im Rahmen von «Schweizer Jugend forscht»¹

Thomas Züger

Allgemeine Bemerkung zum Diabetes mellitus

Der Diabetes mellitus ist eine chronische Stoffwechselerkrankung, die auf einem absoluten oder relativen Mangel an Insulin beruht, in deren Folge nach längerer Krankheitsdauer Schäden an Blutgefässen und am Nervensystem auftreten können. Da es sich um eine chronische Erkrankung handelt, ist eine optimale therapeutische Einstellung sehr wichtig. Dennoch kommt es oft aufgrund einer unkorrekten Behandlung oder aber fehlender Krankheitseinsicht durch die Patienten zu Folgekomplikationen. Der Diabetes mellitus ist ein Hauptrisikofaktor für Komplikationen an den grossen Gefässen (Herzkranzgefässen und Beinarterien) und auch für Komplikationen an kleinen Gefässen (der Nieren, Augen und Nerven). 1997 wurde durch die amerikanische Diabetesgesellschaft (ADA) und die Weltgesundheitsorganisation (WHO) eine neue Diabetes-Klassifikation eingeführt. Neu werden vier Typen von Diabetes mellitus unterschieden. Auf den Typ-1-Diabetes, der im Zentrum der Arbeit des Autors stand, wird nun im folgenden kurz eingegangen.

Der Diabetes mellitus Typ 1 macht ca. 8–10% aller Diabeteserkrankungen aus. Obwohl in den letzten Jahren viel über die möglichen Ursachen des Typ-1-Diabetes geschrieben wurde, konnte bislang noch keine eigentliche Ursache gefunden werden. Umweltfaktoren gelten als mögliche Ursache für das Auslösen eines gegen die β -Zellen des Pankreas gerichteten Autoimmunprozesses.

Bei klinischer Manifestation des erhöhten Blutzuckers (Hyperglykämie) sind bereits ca. 80% der Beta-Zellen zerstört. Die autoimmune Beta-Zell-Zerstörung beginnt schon Jahre vor der Diabetesmanifestation.

Die Therapie des Diabetes mellitus Typ 1 besteht aus mehrmaliger täglicher Gabe von Insulin kombiniert mit einer ausgewogenen, nach Kohlenhydraten ausgerichteten, Diät.

Ernährungstherapie beim Typ-1-Diabetiker

Die richtige Ernährung spielt in der Behandlung des Typ-1-Diabetes (wie des Typ-2-Diabetes) eine bedeutende Rolle. Gekoppelt mit einer Pharmakotherapie (bei Typ-1-Diabetikern immer in Form einer Insulintherapie) gewährleistet sie eine optimale Blutzuckerregulation und führt somit zu einer deutlich besseren Lebensqualität und verhindert gleichzeitig diabetische Spätkomplikationen.

Zur Aufnahme der Glukose in die Körperzellen wird Insulin benötigt. Bei einem gesunden Menschen läuft dieser ganze Prozess der Insulinabgabe und der Insulinregulation automatisch ab. Bei einem Diabetiker hingegen ist die Insulinproduktion und -freisetzung entscheidend gestört. Es steht somit gar kein oder zu wenig Insulin zur Glukoseaufnahme in die Körperzellen zur Verfügung. Daher ist der Typ-1-Diabetiker gezwungen, das Insulin dem Körper von aussen zuzuführen. Die erste grosse Schwierigkeit dabei ist, eine zur aufgenommenen Nahrung adäquate Menge Insulin zu spritzen, so dass sowohl ein zu hoher als auch ein zu tiefer Blutzucker vermieden werden kann. Die zweite Schwierigkeit besteht darin, den richtigen Zeitpunkt der Injektion zu bestimmen, denn die einzelnen Nahrungsbestandteile werden bekanntlich unterschiedlich schnell ins Blut aufgenommen. Was bei einem gesunden Menschen automatisch geschieht, muss der Diabetiker mit Hilfe von Berechnungen und Erfahrungen steuern. Oft ist es eine Gratwanderung, die sehr viele Kenntnisse erfordert.

Damit dieses System überhaupt funktionieren kann, ist eine genaue Berechnung der Kohlenhydrate unumgänglich. Erst die Kohlenhydratberechnung erlaubt es dem Diabetiker, die passende Insulinmenge zu ermitteln und anschliessend zu injizieren.

In den vergangenen Jahren hat in der Diabetesernährung ein sehr grosser Wandel stattgefunden. Dies aufgrund von neuen Techniken, Kenntnissen und Insulinen. Die gentechnisch hergestellten Insuline, welche die tierischen grösstenteils ersetzt haben, erlauben einen viel gezielteren und effektiveren Einsatz.

Früher hatte man meist eine genau festgelegte Insulindosis für jede Mahlzeit. Die Kohlen-

¹ In der Rubrik «Forschung.ch» soll periodisch eine von der Institution «Schweizer Jugend forscht» prämierte Untersuchung einer Schülerin oder eines Schülers vorgestellt werden. Von den 27 Arbeiten, die sich beim 36. Nationalen Wettbewerb «Schweizer Jugend forscht» (St. Gallen, 28. April 2002) qualifizieren konnten, wurden 7 mit dem Prädikat «hervorragend» ausgezeichnet, darunter die hier vorgestellte. Thomas Züger hat den postprandialen Blutzucker am Beispiel eines Typ-1-Diabetikers untersucht und wird mit seiner Arbeit am Europäischen Wettbewerb in Wien teilnehmen.

hydratmenge wurde dabei der Insulindosis angepasst, was dem Diabetiker keine Freiräume betreffend der Mahlzeitengrösse liess. Ob hungrig oder nicht, die Kohlenhydratmenge war stets gleich gross.

Das heutige System funktioniert genau umgekehrt: Die Insulindosis wird bei jeder Mahlzeit der Kohlenhydratmenge angepasst, was dem Diabetiker wesentlich mehr Spielraum und Flexibilität bietet. Ein weiterer Vorteil dieser Methode ist, dass der Diabetiker selbst bestimmen kann, wann er die Mahlzeit zu sich nehmen will.

Die Zeiten des streng einzuhaltenden Diätplanes gehören heutzutage definitiv der Vergangenheit an. Ein Typ-1-Diabetiker kann mittlerweile ausnahmslos alles essen, solange er um die Kohlenhydratmenge Bescheid weiss und dementsprechend spritzt. Die neuesten Insuline erlauben sogar, sehr stark gesüsste Speisen zu verzehren, da sie äusserst schnell nach der Injektion zu wirken beginnen, was einen raschen Blutzuckeranstieg gleich nach dem Essen vermeidet.

Eine solch liberale Form der Ernährung verlangt vom Diabetiker ausreichende Kenntnisse und einige Erfahrung.

Zu sagen ist ebenfalls, dass es trotz dieser neuen Möglichkeiten besser und weniger gut geeignete Nahrungsmittel gibt, da deren Wirkung auf den postprandialen Blutzucker einfacher oder schlechter vorauszusagen ist.

Der postprandiale Blutzucker

Normalerweise beginnt der Blutzuckeranstieg ca. 10–15 min nach der Mahlzeit und erreicht nach etwa einer Stunde seinen Maximalwert. Dies sind aber nur «Richtlinien», denn der postprandiale Blutzuckeranstieg hängt von zahlreichen Faktoren ab, was zur Folge hat, dass diese Orientierungswerte stark variieren können.

Beim gesunden Menschen kehrt der Blutzucker nach 1–2 Stunden wieder in den Normbereich zurück. Der zwischenzeitliche Blutzuckeranstieg beträgt üblicherweise nicht mehr als 2 mmol/l, weil es sofort nach der Nahrungsaufnahme zur Ausschüttung von Insulin kommt (Abb. 1). Dies erfolgt in zwei Phasen: in einer rasch auftretenden, kurzen Frühphase, welche nur einige Minuten dauert, und in einer verzögerten zweiten Phase bis zur Normalisierung des Blutzuckers. Die Dauer dieser zweiten Phase ist bekanntlich von der Zusammensetzung der Nahrung abhängig. Beim Diabetiker fehlt diese zweiphasige Reaktion, was dazu führt, dass der Blutzucker ungebremst ansteigt. Bei einer Person mit verminderter Glukosetoleranz (z.B. einem Typ-2-Diabetiker) kommt es ebenfalls zu einem derartigen Anstieg des Blutzuckers. Dieser wird aber mit der Zeit abgefangen und wieder gesenkt (siehe Abb. 2).

Abbildung 1.
1. Phase der Insulinreaktion nach der Einnahme von 20 g Glukose bei einem Nichtdiabetiker.

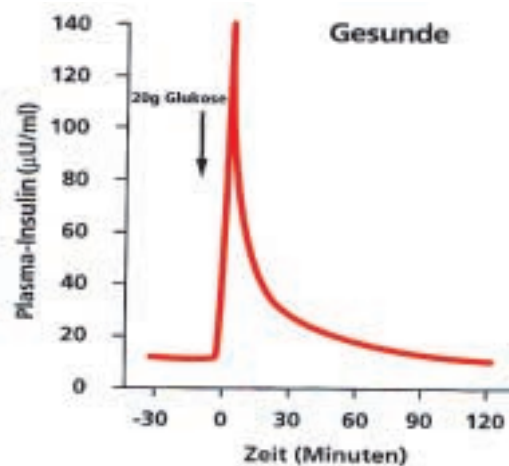
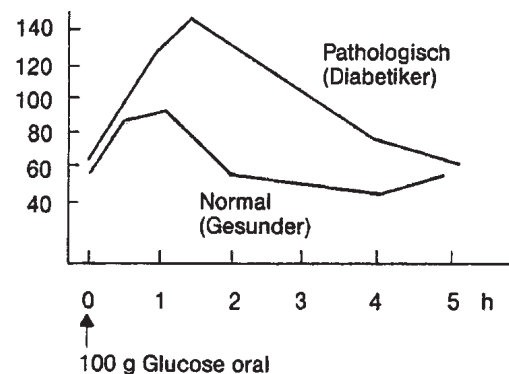


Abbildung 2.
Das Verhalten der Glukosekonzentration im Serum nach oraler Gabe von 100 g Glukose.



Bedeutung des postprandialen Blutzuckers

Bis vor kurzem hatte man dem postprandialen Blutzucker sozusagen keine Bedeutung beigemessen. Das Phänomen des Blutzuckeranstieges nach dem Essen wurde nie als ein Problem angesehen und meist verharmlost. Der Grund für diese Unkenntnis liegt unter anderem darin, dass dieses Phänomen nicht offensichtlich ist, d.h. dass der Blutzuckeranstieg nach dem Essen gar nicht wahrgenommen wird. Nicht selten kommt es vor, dass der Blutzucker vor dem Essen und geraume Zeit nach der Mahlzeit im Normbereich liegt, zwischendurch aber stark angestiegen und wieder abgesunken ist. Da der Diabetiker den Blutzucker meist vor einer Mahlzeit kontrolliert, liegen zwischen 2 Messungen ca. 5 Stunden, in denen der Blutzucker unbemerkt erhöht ist.

Der Grafik ist zu entnehmen, dass beide Patienten genau das gleiche HbA_{1c} aufweisen, obwohl Patient 1 mit den enormen Blutzucker-

Abbildung 3.
HbA_{1c}-Kurven.



schwankungen sehr viel schlechter eingestellt ist als Patient 2, der einen sehr ausgeglichenen Blutzuckerspiegel aufweist. Dem Patienten 1 fallen die Schwankungen aber gar nicht auf, solange er den Blutzucker jeweils vor den Mahlzeiten misst.

Schneller wird demjenigen Diabetiker auffallen, dass etwas nicht in Ordnung ist, der zwar ebenfalls vor den Mahlzeiten einen guten Blutzucker hat, sich jedoch mit einem schlechten HbA_{1c} konfrontiert sieht. Dies ist der Fall, wenn der Blutzucker nach dem Essen stark ansteigt und sich bis zur nächsten Mahlzeit wieder normalisiert, ohne allerdings dazwischen unter den Normbereich abzusinken. Führt dieser Diabetiker einmal eine Messung etwa eine Stunde nach dem Essen durch, wird er mit Erstaunen feststellen müssen, dass sein Blutzucker massiv angestiegen ist.

Diese starken Anstiege und Schwankungen sind aber nicht so harmlos, wie sie noch vor einigen Jahren heruntergespielt wurden. Heute weiss man anhand von zahlreichen Studien, dass der postprandiale Blutzucker eine grosse Rolle in der Entstehung von diabetischen Spät-komplikationen spielt.

Einflüsse auf den postprandialen Blutzucker

Das Phänomen des postprandialen Blutzuckeranstieges wirft natürlich die Frage auf, wie es überhaupt dazu kommt und welche Faktoren diesen Blutzuckeranstieg wie beeinflussen.

Um diesen Fragen auf den Grund zu gehen, wurden in dieser Arbeit zahlreiche Experimente an einem Diabetiker und an Nichtdiabetikern durchgeführt. Diese beziehen sich hauptsächlich auf den Einfluss einzelner Nahrungsmittel und Nahrungsbestandteile, aber auch den Einfluss der Nahrungszusammensetzung auf den postprandialen Blutzuckerlauf, da bekannt ist, dass diese Faktoren einen direkten Einfluss auf den Blutzucker haben müssen.

Zu den Experimenten ist zu sagen, dass sie zwar nicht einen statistischen Stellenwert haben, da sie nur in einem kleinen Rahmen durchgeführt wurden, was aber nicht heisst, dass die Resultate deshalb an individueller Aussagekraft oder Qualität einbüßen.

Ziele und Methodik

Ziel dieser Arbeit war die Erfassung des postprandialen Blutzuckerlaufes nach der Einnahme verschiedener Mahlzeiten. Man wollte herausfinden, welche Faktoren den Verlauf des postprandialen Blutzuckers wie beeinflussen. Dabei wurde besonders der Einfluss von unterschiedlichen Kohlenhydraten, Fetten und Eiweissen sowie von der Tageszeit der Nahrungsaufnahme untersucht. Die Resultate, welche aus den einzelnen Versuchen gewonnen wurden, sollen ermöglichen, gewisse «Gesetzmässigkeiten» beim postprandialen Blutzuckerlauf aufzuzeigen und zu formulieren. Die verschiedenen Tests wurden bei einem gut eingestellten Typ-1-Diabetiker durchgeführt. Vor dem jeweiligen Test bestand über mehrere Stunden ein konstanter Blutzuckerwert, so dass zuvor nicht irgendwelche Korrekturen vorgenommen werden mussten. Um Mess-ungenauigkeiten, die bei einem im Handel üblichen Blutzuckermessgerät in der Regel durchschnittlich $\pm 10\%$ betragen, möglichst klein zu halten, wurde für jeden Blutzucker-Test der Blutzuckerwert dreimalig bestimmt und der Durchschnitt als Resultat genommen. Die verschiedenen Testmahlzeiten wurden korrekt durchgeführt. Die Dauer von der letzten vor den Tests eingenommenen Mahlzeit bis zum eigentlichen Test betrug mindestens 4–5 Stunden, so dass Einflüsse von vermeintlich vorangegangenen Mahlzeiten praktisch ausgeschlossen werden konnten.

Versuchsbeispiele

Versuche bezüglich des Einflusses von Kohlenhydraten

In einem ersten Versuchsteil wurde der Einfluss verschiedener Kohlenhydrate auf den postprandialen Blutzuckerlauf untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass die Wirkung sehr unterschiedlich ausfiel: Es gibt Kohlenhydrate, die schon sehr kurze Zeit nach dem Verzehr zu einem rapiden Blutzuckeranstieg führen, während andere erst nach längerer Zeit eine Wirkung aufweisen.

Die Erklärung dafür liegt im unterschiedlichen Bau der Kohlenhydrate, welcher eine dementsprechend unterschiedliche Verdauung und Resorptionsgeschwindigkeit zur Folge hat.

Entscheidend für die Resorptionsgeschwindigkeit ist nun, ob es sich beim entsprechenden Kohlenhydrat um ein Mono- oder ein Polysaccharid handelt; denn Polysaccharide müssen zuerst zerlegt werden, was bei sehr langen Ketten doch eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt.

Versuchsbeispiel 1

Mahlzeit Nr. 1: 6 Stück Traubenzucker (18 g Kohlenhydrate); glyk. Index: 130%

Mahlzeit Nr. 2: 36 g Weissbrot (18 g Kohlenhydrate); glyk. Index: 100%

Abbildung 4 zeigt sehr schön den unterschiedlich schnellen Blutzuckeranstieg eines Monosaccharids (Dextroenergen) und eines Polysaccharids (Weissbrot).

Der Traubenzucker weist einen schnellen BZ-Anstieg auf, der seinen Maximalwert bereits nach 45 Min. erreicht. Das Weissbrot hingegen beginnt später zu wirken und erreicht seinen Spitzenwert erst nach ca. 2 Stunden. Bei diesem Versuch entsprach das Resultat etwa den Erwartungen, die man sich aufgrund der

Kenntnisse über die Saccharide machen konnte.

Da Traubenzucker einen solch schnellen Wirkungseintritt aufweist, wird er von Diabetikern oft zur Bekämpfung einer Unterzuckerung verwendet. Ansonsten sollte der Diabetiker auf den Verzehr von Traubenzucker verzichten, da dieser zu einem zu raschen Blutzuckeranstieg führt.

Wesentlich schwieriger ist es, die Wirkungsweise zweier Polysaccharide abzuschätzen. Um trotzdem eine Vorhersage machen zu können, bedient man sich hier des glykämischen Indexes.

Versuche bezüglich des Einflusses von Fetten und Eiweissen

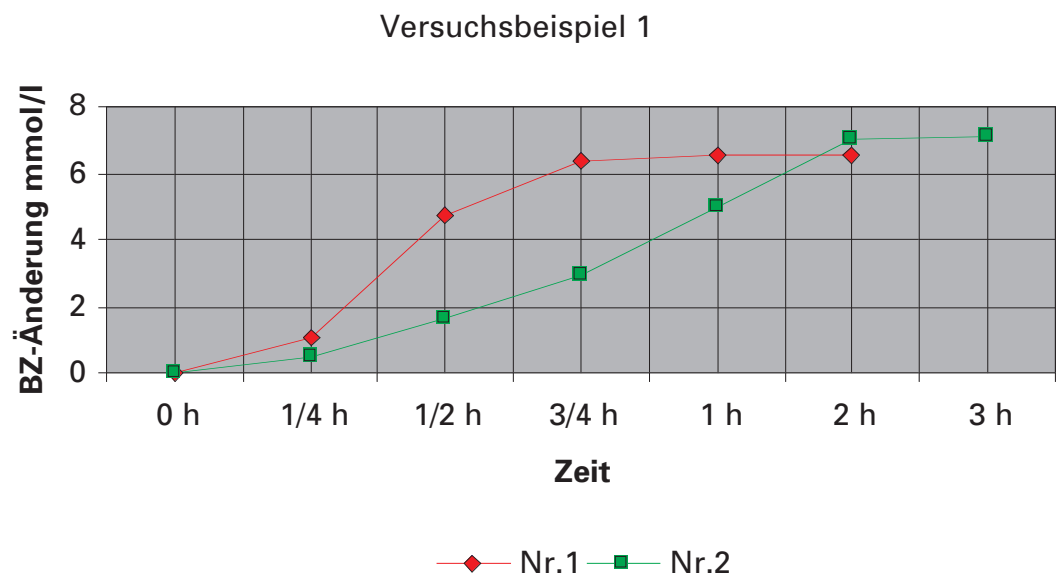
Wie die Ballaststoffe lassen die Fette und Eiweisse den Blutzucker allein nicht ansteigen, üben also keinen direkten Einfluss auf die Höhe des Blutzuckerspiegels aus. Dafür können sie (wie die Ballaststoffe) die Kohlenhydratresorption sehr stark verlangsamen. Auch hier lässt sich die Bremswirkung mit Hilfe der Verdauung erklären: Sowohl Proteine als auch Fette weisen im Vergleich zu Kohlenhydraten eine eher langsame Resorption auf. Dies, weil sie erst zu verschiedenen Abbaustufen verarbeitet werden müssen oder nur durch Diffusion (kein aktiver Transport) aufgenommen werden.

Sind nun die Kohlenhydrate von Fetten und/oder Eiweissen umgeben, kann durch deren verlangsamte Aufnahme auch die Kohlenhydratresorption gebremst werden.

Versuchsbeispiel 2

In einigen Versuchen, die hier allerdings nicht explizit aufgezeigt sind, konnte bewiesen werden, dass Fette und Eiweisse einen entscheidenden Einfluss auf den postprandialen Blutzuckeranstieg haben können.

Abbildung 4.



Dieser Versuch soll nun zeigen, dass Fette und Eiweisse den postprandialen Blutzucker nicht zwingend beeinflussen müssen.

Mahlzeit Nr. 1: 40 g Weissbrot (20 g Kohlenhydrate) und 50 g Weichkäse (8 g Eiweiss und 15 g Fett); der Käse wurde *zum Brot gegessen* (nicht aufs Brot gestrichen).

Mahlzeit Nr. 2: 40 g Weissbrot (20 g Kohlenhydrate) und 50 g Weichkäse (8 g Eiweiss und 15 g Fett); der Käse wurde *auf das Brot gestrichen*.

Bei beiden Frühstücksmahlzeiten wurden genau die gleichen Sorten und Mengen Brot und Käse verwendet. Beim ersten Frühstück wurden der Käse und das Brot getrennt gegessen. Das heisst, zuerst wurde die Hälfte des Brotes, dann eine Hälfte des Käses, anschliessend die zweite Hälfte des Brotes und schliesslich noch der restliche Käse gegessen. Somit wurden das Brot und der Käse erst im Magen vermischt. Das Separieren der beiden Produkte hatte zur Folge, dass der Käse sozusagen keinen Einfluss auf die Kohlenhydratresorption hatte. Der Blutzuckerlauf nach dem Essen entsprach beinahe demjenigen von Weissbrot (Abb. 5).

Beim zweiten Frühstück hingegen wurde der Käse aufs Brot gestrichen, so dass das Brot richtiggehend vom Käse «eingepackt» war. Dadurch wurde die Kohlenhydratresorption gebremst und der Blutzucker stieg nach dem Essen langsamer an als beim ersten Frühstück, wo diese Bremswirkung nicht auftrat. Zur verzögerten Resorption kommt es, da der Käse (Fett und Eiweiss) während der Verdauung zuerst vom Brot getrennt werden muss, bevor die Kohlenhydrate aufgespaltet werden können und ins Blut gelangen. Dieser Vorgang benötigt einige Zeit, was den verlangsamten Blutzuckeranstieg erklärt.

Es spielt demzufolge eine Rolle, wie die Eiweisse und Fette mit den Kohlenhydraten ver-

bunden sind. Sobald die Kohlenhydrate mit diesen eine kompakte «Masse» bilden, wird die Resorption gebremst und verzögert. Ist dies nicht der Fall, muss es sich um eine beträchtliche Menge an Eiweissen und/oder Fetten handeln, damit es trotzdem zu einem verzögerten postprandialen Blutzuckeranstieg kommt.

Ein schönes Beispiel einer extremen Verzögerung ist das «Fondue». Da das Brot in diesem Fall vollumfänglich vom Käse umgeben ist, erfolgt eine so langsame Resorption, dass der Blutzucker sogar am Vormittag nach einem Fondue (Nachessen) noch beeinflusst wird.

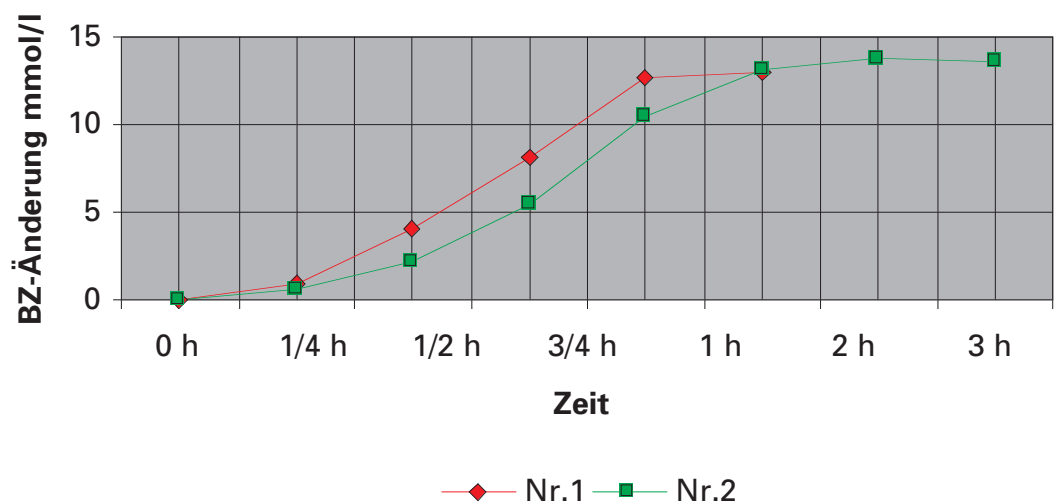
Im Umgang mit grösseren Fett- und Eiweissmengen sollte der Diabetiker damit rechnen, dass der Blutzuckeranstieg stark verzögert sein kann. Es ist deshalb wichtig, dass er den Mahlzeitenbolus nicht zu früh spritzt, denn sonst könnte es passieren, dass der Blutzucker durch die einsetzende Wirkung des Insulins gesenkt wird und es gar zu einer Unterzuckerung gleich nach der Mahlzeit kommt.

Versuche bezüglich des Einflusses von der Tageszeit

Die Tageszeit, zu welcher die Nahrung aufgenommen wird, ist ein weiterer Faktor, der den postprandialen Blutzuckerlauf beeinflussen kann. Dabei gibt es im wesentlichen eine Tageszeit, die sich ganz klar von den restlichen unterscheidet: Am Morgen zwischen etwa 6 und 9 Uhr reagiert der Körper viel empfindlicher auf eingenommene Nahrung als er dies tagsüber tut. Dabei sind im wesentlichen zwei Phänomene zu betrachten: Zum einen reagiert der Körper etwas schneller auf die Nahrungsaufnahme, wodurch der Blutzucker nach der Mahlzeit rascher ansteigt; zum anderen reagiert er viel sensibler auf die Nahrung. Dies führt dazu, dass der Blutzucker schon bei geringen Mengen an Kohlenhydraten sehr

Abbildung 5.

Versuchsbeispiel 2



stark ansteigt. D.h. die gleiche Menge an Kohlenhydraten lässt den Blutzucker am Morgen viel höher ansteigen als z.B. am Nachmittag. Diese zwei Phänomene können in diesem Ausmass allerdings nur beobachtet werden, wenn es sich um die erste Mahlzeit am Morgen handelt.

Die beschleunigte Nahrungsaufnahme, die sich im postprandialen Blutzuckerlauf deutlich bemerkbar macht, kann man folgendermassen erklären: Da die Nahrung am Morgen in den nüchternen Magen gelangt, wird sie sofort verarbeitet und ins Blut aufgenommen, was zu einem sofortigen Blutzuckeranstieg führt. Diese beschleunigte Nahrungsaufnahme tritt aber nicht nur am Morgen auf, sondern auch dann, wenn der Diabetiker über einen grösseren Zeitraum nichts mehr gegessen hat.

In den Morgenstunden bereitet sich der Körper allmählich auf das Erwachen vor. Er muss dabei vom Schlafzustand in einen Wachzustand, der mit einer gesteigerten Vitalität verbunden ist, gelangen. Eingeleitet wird diese Aufwachphase durch die Ausschüttung von Hormonen, die den Blutzucker ansteigen lassen. Um diesem Anstieg entgegenzuwirken, benötigt der Körper mehr Insulin. Dieser erhöhte Insulinbedarf hält eine gewisse Zeit lang an und bedingt, dass in den Morgenstunden mehr Insulin benötigt wird, um die aufgenommenen Kohlenhydrate zu verarbeiten. Steht nun kein Insulin zur Verfügung, steigt der Blutzucker am Morgen dementsprechend stärker an als zu einer anderen Tageszeit.

Versuchsbeispiel 3

Mahlzeit Nr. 1: 40 g Weissbrot (20 g Kohlenhydrate); Einnahmezeit: 18.00 Uhr.

Mahlzeit Nr. 2: 40 g Weissbrot (20 g Kohlenhydrate); Einnahmezeit: 7.30 Uhr.

In diesem Versuch habe ich die Wirkungsweise von 40 Gramm Weissbrot auf den Blutzucker

am Morgen und am Abend untersucht. Das Resultat widerspiegelt sehr eindrücklich das oben erwähnte Phänomen der erhöhten Sensibilität am Morgen (Abb. 6): Einerseits steigt der Blutzucker etwas schneller und andererseits höher an, als er dies am Abend tut.

Da 10 Gramm Kohlenhydrate den Blutzucker am Morgen stärker ansteigen lassen als während des übrigen Tages, muss der Diabetiker am Morgen dementsprechend mehr Insulin für 10 Gramm Kohlenhydrate spritzen. Die Erhöhung der Dosis ist von Diabetiker zu Diabetiker verschieden. Die Morgendosis pro 10 Gramm Kohlenhydrate beträgt zwischen 120–200% der Normaldosis.

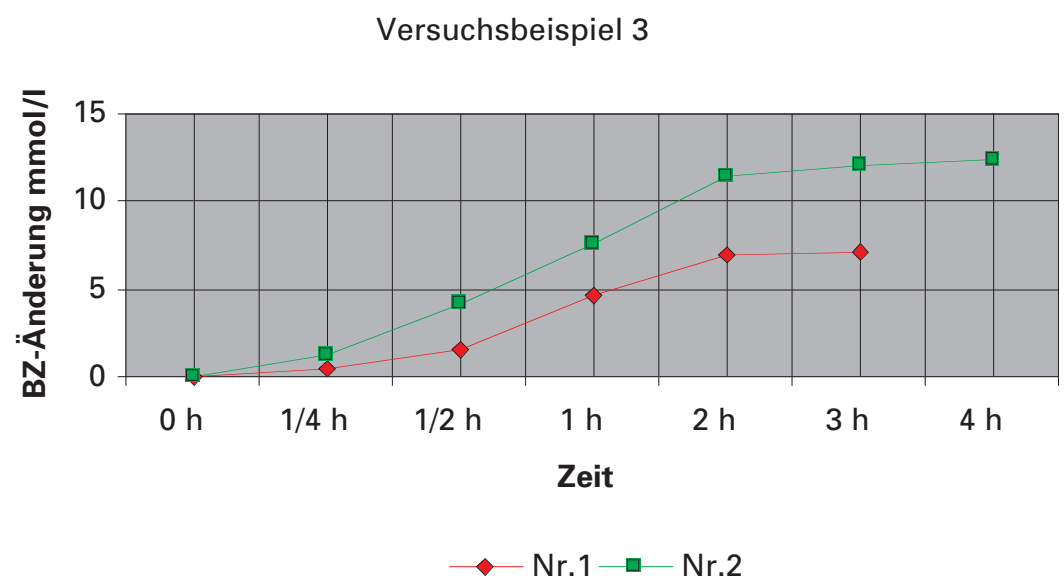
Schlussfolgerung

Meine Arbeit konnte zeigen, dass der postprandiale Blutzuckerlauf von sehr vielen Faktoren abhängt. Der glykämische Index spielt eine wesentliche Rolle, wenn es um die Resorptionsgeschwindigkeit von verschiedenen Kohlenhydratformen geht. Die Kohlenhydrate lassen den Blutzucker direkt ansteigen, sind also verantwortlich für den Blutzuckeranstieg. Neben diesem direkten Einflussfaktor gibt es aber auch zahlreiche indirekte Einflussfaktoren, die den Blutzuckerspiegel selbst nicht ansteigen lassen. Zu diesen gehören die Fette, Eiweisse und Ballaststoffe. Je grösser ihr Anteil ist, desto langsamer verläuft der Blutzuckeranstieg nach dem Essen.

Interessanterweise müssen Fette und Eiweisse nicht zwingend zu solch einer Verzögerung führen. Entscheidend ist, wie diese mit den Kohlenhydraten «verbunden» sind.

Einen entscheidenden Einfluss auf die Kohlenhydratresorption hat die Tageszeit, zu welcher die Mahlzeit eingenommen wurde. Je nach-

Abbildung 6.



dem werden die Kohlenhydrate schneller oder langsamer resorbiert und haben gleichzeitig eine unterschiedlich starke Wirkung.

Viele Diabetiker wissen zwar etwas über den postprandialen Blutzucker, nehmen diesen aber nicht allzu ernst, da sie im Glauben leben, er habe keine grosse Bedeutung für die Behandlung ihrer Krankheit. Doch mit den gezeigten Versuchen konnte bewiesen werden, dass es sehr wohl eine Rolle spielt, mit welchen Nahrungsmitteln man Kohlenhydrate kombiniert. Diese Arbeit will zeigen, dass der postprandiale Blutzucker eine wesentliche Rolle in der Behandlung des Diabetes spielt und auf keinen Fall vernachlässigt werden darf.

Zukunftsaussichten

Da der postprandiale Blutzuckerlauf von vielen Faktoren abhängt, ist sein Verlauf sehr schwer voraussagen. Eine genaue Prognose bedingt einiges an Erfahrung und Kenntnis sowohl in der Ernährungslehre als auch in der Diabetologie. Doch die Versuche zeigen, dass eine solche Prognose keineswegs unmöglich ist, da alle Nahrungsmittel und Mahlzeiten anhand ihrer Bestandteile eine gewisse Gesetzmässigkeit in der Beeinflussung des postprandialen Blutzuckers aufweisen. Die Schwierigkeit liegt darin, herauszufinden, wie stark sich diese einzelnen Faktoren jeweils auswirken.

Für einen Diabetiker lohnt es sich aber auf jeden Fall, etwas über diese den Blutzucker beeinflussenden Faktoren zu wissen, denn diese können zu ziemlich markanten Unterschieden im postprandialen Blutzuckerlauf führen.

In diesem Bereich kann der Diabetiker ohne einen allzu grossen Aufwand relativ viel für eine Verbesserung seiner Blutzuckereinstellung tun. Das ist wahrscheinlich auch ein wichtiger Grund dafür, dass der postprandiale Blutzucker in der Zukunft eine wesentlich wichtigere Rolle spielen wird. Zudem entwickeln die Medizin und die Technik immer bessere und gezielter einsetzbare Insuline, die aber nur dann einen Vorteil bringen, wenn der Patient deren Wirkung richtig einschätzen und auf die Mahlzeiten abstimmen kann. Wo man früher noch einen genügenden Abstand zwischen Spritzen und Mahlzeit einhalten musste, damit der Blutzucker nicht zu stark ansteigt, kann es heute schon mal vorkommen, dass es durch den Einsatz von schnellwirksamen Insulinen in Kombination mit einer Mahlzeit, die langsam resorbiert wird, zu einer Unterzuckerung gleich nach dem Essen kommt.

In Zukunft werden solche Phänomene, aufgrund der rasanten Entwicklung in der Insulinindustrie, vermehrt vorkommen, wenn der Diabetiker nicht in der Lage ist, den Blutzuckerlauf nach dem Essen abzuschätzen und dementsprechend zu spritzen.

Literatur

1 Novartis Pharma Schweiz AG. Typ-2-Diabetes: Starlix (Der logische Weg). Glukosespitzen unter Kontrolle bringen; S.3. Die versteckte Bedrohung bei Typ-2-Diabetes: Die postprandialen Glukosespitzen; S.8.

2 No authors listed. The Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus: Report of the Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. *Diabetes Care* 1997; 20:1183-97.