

## Teil 4: Stärke- und Zuckerbelastung und ihr Krankheitseinfluss

Zucker ist zwar ein wichtiger Baustoff und Energielieferant - aber nur in normalen, physiologischen, bio-logischen Mengen. Zu viel Zucker führt zu verschiedenen Belastungen und Schäden, die wir uns später genau ansehen.

Der Überschuss an Zucker wird umgewandelt in Fett und am Bauch gespeichert. Fette können allerdings nicht wieder in Glucose zurückverwandelt werden.

Seinen niedrigen Zuckerbedarf kann der Körper auch selbst decken, indem er die wenige Glucose aus Aminosäuren neu baut.

Die Zuckermenge, die wir täglich essen müssen, liegt also bei 0 g/Tag. Deshalb können wir auch tagelang ohne Essen auskommen, obwohl der Zuckerspeicher im Organismus nach maximal 4 Stunden ausgeleert ist. Sie erinnern sich? Deshalb braucht ein Baby nach spätestens 4 Stunden „Zucker-Nachschub“ - genauso wie ein „Zucker-Junkie“.

Für die Energiegewinnung benötigen die Zellen Fettsäuren und Zucker. Gehirnzellen können aber im Gegensatz zu allen anderen Zellen keine Fettsäuren zur Energiegewinnung nutzen. Sie produzieren ihre Energie aus Zucker und Ketonen. Ketone (Acetoacetat und  $\beta$ -Hydroxybutyrat) werden im Hungerzustand - der genetisch als wichtige Überlebensstrategie sehr gut trainiert ist - aus Fettsäuren gebaut. Bei der Ketonsynthese werden die Ketone aus Acetyl-CoA (aus  $\beta$ -Oxidation) gebildet und ersetzen im Gehirn den Zucker als Energiequelle.

Der Körper kann also die nötige Glucose aus Aminosäuren neu aufbauen. Somit könnten wir langfristig fasten und uns auch komplett ohne Zucker ernähren. Hierbei schaltet der Organismus nach ca. 2 Wochen auf das Fastenprogramm um und es werden Ketone gebildet. Diese Ernährungsform ist eine Sonderform der Jäger+Sammler-Ernährung, die sog. „**Ketogene Ernährung**“ (siehe Tumor 4.3.3.11).

Für den Organismus ist es unerheblich, welche Zuckerart er zu verdauen hat - letztendlich entsteht daraus immer Glucose (Traubenzucker) und gelangt ins Blut (siehe 1.2.3.13, Abb. 23). Zuckerart und Zuckermenge entscheiden allerdings über die Geschwindigkeit und das Ausmaß der Blutzuckererhöhung. Durch die Messungen des Glykämischen Index (= GI, siehe 1.2.3.13) muss der angeblich „langsame Blutzuckeranstieg von Stärke und Vollkorn“ aber ins Reich der Märchen verbannt werden.

Nachdem der GI von Vollkornbrot ähnlich hoch ist wie der GI von Haushaltszucker, darf bei Krankheitsprozessen nicht zwischen „gut und böse“, sondern nur zwischen „wenig und zu viel“ unterschieden werden - egal ob Zucker oder Vollkorn (Stärke).

## 4.1 Normaler Zuckerbedarf - wie viel ist zu viel?

Laut DGE (siehe 4.2) ist der normale Zuckerbedarf wie folgt definiert: „Mehr als 50% der Kalorien sollten aus Kohlenhydraten stammen.“

Für einen 70 kg schweren Menschen sind das bei einem Gesamtenergieumsatz von 2200 kcal/Tag stolze 300 g Kohlenhydrate/Tag, „bevorzugt in Form von ballaststoffreichen, langkettigen Kohlenhydraten“ - also Vollkorn, Nudeln, Reis, Kartoffeln!

### Bitte versuchen Sie einmal diese Zuckermenge von 300g/Tag zu essen!

Wie unvorstellbar groß diese Menge ist, können Sie sich im Kapitel 4.2.3 genau ansehen. Aber glauben Sie mir, das ist **sehr viel!** Das wären 100 g Nudeln und 400 g Vollkornbrot (7 Scheiben) - jeden Tag.

Der genaue Zuckerbedarf (als Baustoff und Energiequelle) lässt sich allerdings nur sehr schwer bestimmen. Wie vorher erklärt, kommt der Körper langfristig komplett ohne Kohlenhydratzufuhr aus und ist fit und leistungsfähig.

Den Zuckerbedarf deckt er dabei selbst, indem er Aminosäuren (also Eiweiß) in Zucker umbaut. Diese Verschwendung der Eiweiße und auch die Arbeit für die Zuckerneubildung kann dem Organismus erspart werden, indem der normale, physiologische und bio-logische Bedarf an Glucose über die Ernährung gedeckt wird - was unglücklicherweise auch noch gut schmeckt.

Der tägliche Bedarf liegt im **Bereich vom Jäger+Sammler-Zucker**, d.h. im Rahmen von natürlichen, artgerechten Zuckermengen. Obst und Gemüse enthalten pro Portion bis zu 20 g Zucker (siehe 2.1.3).

### Somit wird der normale Zuckerbedarf bei ca. 60 g/Tag liegen.

Deutlich größere Zuckermengen gibt es für den Menschen erst seit Einführung von Stärke-Nahrungsmitteln vor 6.500 Jahren (siehe 1.2.3.4). Nur und erst durch Stärke können solche, von der DGE empfohlenen - unsinnigen - Zuckermengen konsumiert werden.

Die ehrliche, gustatorische (= geschmackliche) Grenze liegt ja auch nicht bei 300 g Zucker am Tag. Diese Zuckermenge könnten Sie gar nicht essen, selbst wenn Sie wollten - vorher würde Ihnen Ihr normaler Geschmack signalisieren: „Jetzt reicht’s!“

Ich spreche von der **ehrlichen, geschmacklichen** Grenze, da:

1. Stärke nicht süß schmeckt und dadurch geschmacklich nicht zu messen ist. Stärke ist nicht ehrlich. Stärke ist „hinterfotzig“ - Sie schmecken ja nicht einmal 1 TL Zucker von den 13 TL Zucker, die eine Portion Stärke (Nudeln, Reis, Brot, Kartoffeln) enthält.
2. einige durch „langjähriges Training“ den Geschmack ganz enorm hochtrainiert haben und jetzt geschmacklich im Bereich von „Hochleistungssport Zuckerkonsum“ sind.

Die normale, gustatorische Menge an Zucker oder süßem Obst ist im Bereich des Jäger+Sammler-Zuckers anzusiedeln (60 g/Tag), aber sicher nicht im Bereich von 5 Tafeln Schokolade/Tag.



Zu viel Zucker - also auch Stärke - stellt eine sehr große Stressbelastung für den gesamten Organismus dar. Die Frage - die sich bei den Zuckermengen von Stärke-Nahrungsmitteln stellt - ist nicht, ob Stärke und Vollkorn gesund ist, sondern nur, ob und wie lange Ihr Organismus dieser enormen Belastung standhält.

Im nächsten Abschnitt will ich Ihnen die Belastungen und Schäden, die der Konsum von zu viel Zucker und Stärke auslöst, genauer näherbringen. Hierfür werde ich Ihnen die biochemischen Verbindungen zwischen Zucker und Krankheitsprozessen - in schon bekannter Weise - tabellarisch skizzieren.

Warum schon wieder Biochemie?

Weil ich meine Aussagen zum Zucker biochemisch und wissenschaftlich, logisch und nachvollziehbar begründen und belegen möchte.

Ich muss mich nämlich immer wieder auf's Neue ärgern, wenn ich so manche Ernährungsmärchen höre, die nie belegt worden sind und die auch nicht belegt werden können. Ich denke da zum Beispiel an die Märchen von „Fleisch und Gicht“ (siehe 2.3.3), „Eiweiß und Übersäuerung“ (siehe 2.3.2), „Eier und Cholesterin“ (siehe 2.3.6) oder an „das gesunde Vollkornbrot“ (siehe 4.2.3). All dieser Unsinn wird immer wieder gepredigt und somit auch für wahr gehalten, obwohl ein paar unumstößliche Fakten und ein wenig Logik reichen würden, um diese Mythen zu entlarven.

Deshalb werde ich wieder biochemische Fakten zusammentragen, um die Krankheitsprozesse, die durch Zucker - und natürlich auch durch Stärke - ausgelöst werden, nachvollziehbar darzustellen.

Die Schäden und Funktionseinschränkungen, die zu große Zucker- und Stärkemengen auslösen, werden am deutlichsten bei Patienten mit Diabetes mellitus (Zuckerkrankheit).

Sie leiden vermehrt an Übergewicht, Bluthochdruck, Herzinfarkt, Schlaganfall, Krebs, Nervenerkrankungen, Augenerkrankungen und arteriellen Verschlusskrankheiten.

Die gleichen schädigenden Einflüsse treten auch bei Personen ohne Diabetes auf, allerdings nicht ganz so schnell, da der Blutzuckerspiegel nach Zucker- und Stärkekonsument nicht so lange erhöht ist, wie bei Diabetes-Patienten.

Die Schäden und Funktionseinschränkungen von zu großen Stärke- und Zuckermengen hängen vom Ausmaß und der Dauer der Zuckerbelastung ab und werden im Wesentlichen auf 4 biochemischen Wegen vermittelt:

1. Zu viel Zucker im Magen-Darm-Trakt (siehe 4.1.1)
2. Zu viel Zucker im Blut, der Hyperglykämie (siehe 4.1.2)
3. Zu viel Insulin, das benötigt wird, um die Hyperglykämie zu senken (siehe 4.1.3)
4. Verzuckerung von Zellen und Gewebe (siehe 4.1.4)

Wenn Sie sich die biochemischen Details ersparen möchten, können Sie gleich zur Zusammenfassung (siehe 4.1.5, Seite 292) übergehen.

## **4.1.1 Zu viel Stärke und Zucker im Magen-Darm-Trakt**

Durch die riesigen Zuckermengen, die Stärke-Nahrungsmittel mit sich bringen, liefern auch kleine Portionen Stärke schnell zu viel Zucker (siehe GM, 1.2.3.14). Die ersten Zellen, die durch diese großen Stärke- und Zuckermengen belastet werden, sind die Schleimhautzellen des Magen-Darm-Trakts. Im Folgenden werden wir uns ansehen, welche Folgen durch zu viel Stärke und Zucker, von der Mundhöhle bis zum Enddarm, ausgelöst werden.

### **4.1.1.1 Zu viel Stärke und Zucker führen zu Zahn- und Zahnfleischerkrankungen**

Zu viel Zucker führt - wie jedes Kind weiß - zu Zahnerkrankungen, da Streptokokken den Zucker vergären und dadurch Säuren produzieren. Diese Säuren lösen Mineralien aus der Zahnhartsubstanz (Zahnschmelz und Dentin) und dadurch wird die Zahnschmelz nachhaltig geschädigt und es entsteht Karies - der Zahn wird dadurch langsam zerstört.

Aber nicht nur Zucker, sondern auch Stärke führt zu Zahnerkrankungen, da über verschiedene Wege chronische Entzündungen am Zahnfleisch (Parodontitis) ausgelöst werden. Durch zu viel Stärke und Zucker, werden genauso Entzündungen gefördert (siehe 4.1.2.5) wie durch die Verzuckerung des Gewebes entstandene AGEs (siehe 4.1.4.1).

Stärke, Zucker und AGEs aktivieren NF-kappaB, das zur Freisetzung von verschiedenen Entzündungsfaktoren (TNF- $\alpha$ , IL-1, IL-6, COX-2) führt. Dies geschieht durch direkte Freisetzung der Epithelzellen des Zahnfleisches, aber auch über eine allgemeine Erhöhung der Entzündungsfaktoren im Blut (siehe 4.1.2.5, 4.1.3.9 und 4.1.4.1).

Durch diese chronischen Entzündungen kommt es zur zerstörerischen Parodontitis.

| Zu viel Stärke und Zucker im Magen-Darm-Trakt | Reaktionen                                                | Wirkung      |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------|
| In der Mundhöhle                              |                                                           |              |
|                                               | Streptokokken bilden <b>Säuren</b>                        | Karies       |
|                                               | aktiviert <b>NF-kappaB</b> und fördert somit Entzündungen | Parodontitis |
| <b>Zahnerkrankungen</b>                       |                                                           |              |

Abb. 141: Zu viel Stärke und Zucker führen zu Zahnerkrankungen

Das größte Risiko für die zerstörerische Parodontitis haben? Ja richtig, Diabetiker!

#### 4.1.1.2 Zu viel Stärke und Zucker führen zu Sodbrennen und Gastritis

Die weltweit am häufigsten verordneten Medikamente sind „Magentabletten“, sogenannte Säureblocker. Dadurch lässt sich vielleicht erahnen, wie häufig eine gestörte Säurezusammensetzung des Magens Beschwerden bereitet.

Bei der Entstehung der Säureproblematik spielen ebenfalls stärke- und zuckerreiche Nahrungsmittel die Hauptrolle. Durch diese großen Stärke- und Zuckermengen kommt es zu verstärkter und verlängerter Freisetzung der Magensäure, die langfristig Gastritis und Refluxerkrankung auslöst.

Die Magensäurefreisetzung wird hauptsächlich durch die Gewebshormone Gastrin und Histamin erhöht. Gastrin wird durch die Dehnung des Magens freigesetzt, deshalb spielt die regelmäßige Überdehnung des Magens durch Stärke-Nahrungsmittel (Getreide, Reis und Kartoffel) als nährstoffarme, volumenreiche Füllstoffe auch die entscheidende Rolle.

Die Säureproduktion im Magen erhöht sich zusätzlich durch die Histamin-Freisetzung, die im gesamten Magen-Darm-Trakt durch Reaktion des Immunsystems auf AGEs und AGE-Antikörper (4.1.4.3) erfolgt.

| Zu viel Stärke und Zucker im Magen-Darm-Trakt | Reaktionen                                                                           | Wirkung                                                  |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Im Magen                                      |                                                                                      |                                                          |
|                                               | Freisetzung von <b>Gastrin</b> durch Magenüberdehnung                                |                                                          |
|                                               | Freisetzung von <b>Histamin</b> durch Mastzellen nach Reaktion durch AGE-Antikörper  |                                                          |
| <b>Sodbrennen und Gastritis</b>               |                                                                                      | Vermehrte Säure-Freisetzung des Magens                   |
| <b>Refluxösophagitis</b>                      | Blähbauch und dadurch vermehrter intraabdominaler <b>Druck auf Schließmuskulatur</b> | Entzündung der Speiseröhre durch aufsteigende Magensäure |

Abb. 142: Störung der Magensäure-Freisetzung durch Stärke und Zucker

Durch Entfernen der Stärke-Nahrungsmittel aus dem Speiseplan und konsequenter Jäger+Sammler-Ernährung sind in den meisten Fällen die Magenbeschwerden nach maximal 4 Wochen verschwunden (siehe 4.3.3.1.1).

## 4.1.2 Zu viel Stärke und Zucker im Blut - Hyperglykämie

Nachdem Stärke im Darm in Traubenzucker (Glucose) zerlegt wurde, erscheinen diese riesigen Zuckermengen im Blut. Die Glykämische Masse (= GM, siehe 1.2.3.14), also die Zuckermenge, die nach den Mahlzeiten das Blut überflutet, stellt **die Belastung** für den Stoffwechsel und die Zellen dar. Es kommt - je nach GM - zu einem enormen Blutzuckeranstieg (= Hyperglykämie), der auch bei Nicht-Diabetikern erst nach spätestens 3 Stunden wieder normal ist. Bei Diabetikern steigt der Blutzucker auf deutlich höhere Werte an und bleibt auch noch länger zu hoch.

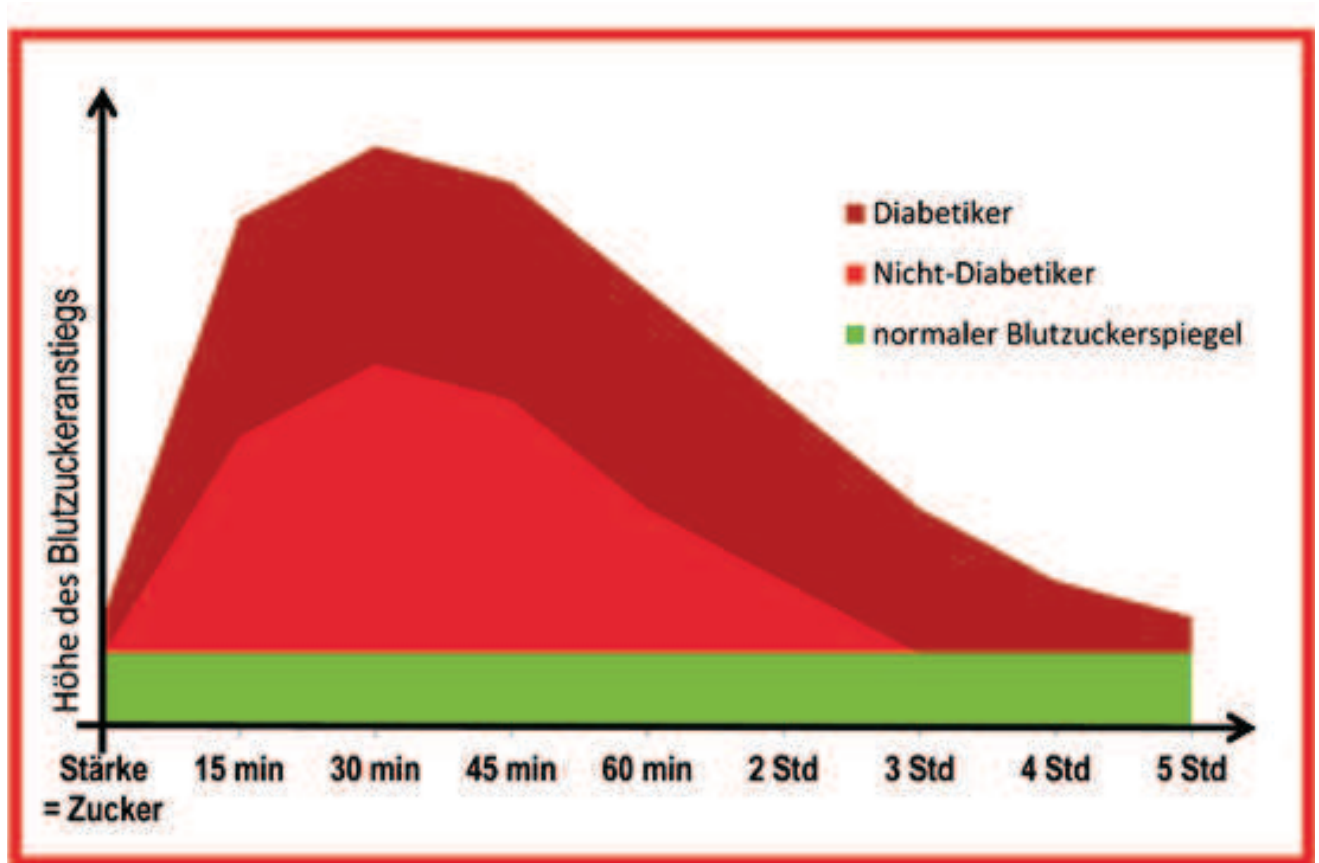


Abb. 149: Blutzuckererhöhung nach Stärke (= Zucker)

Im Folgenden will ich aufzeigen, welche beträchtlichen Folgen diese massiven Blutzuckererhöhungen für jede Körperzelle haben - auch bei Nicht-Diabetikern, die nach den Mahlzeiten natürlich auch mit dem „Zucker-Tsunami“ zu kämpfen haben.

#### 4.1.2.1 Zu viel Zucker im Blut führt zu Zuckerüberschuss in den Zellen

Durch die Hyperglykämie kommt es zu einer **Druckbetankung** der Zellen mit Zucker. Dadurch erhöht sich der Zuckergehalt in der Zelle massiv, da die Glucose durch den hohen Konzentrationsunterschied vom Blut ins Gewebe und dadurch in die Zelle gedrückt wird. Verstärkt wird dieser Effekt durch das Insulin (siehe 4.1.3.1), das in der Bauchspeicheldrüse durch den Zuckerüberschuss freigesetzt wurde, um den Blutzuckerspiegel wieder zu senken.

Ein hoher Blutzuckerspiegel fördert zudem die Aktivität der Hexokinase, die Glucose in Glucose-6-Phosphat (siehe Abb. 77) umwandelt. Somit ist der Zucker in der Zelle fixiert und kann diese nicht mehr verlassen.

| Zu viel Zucker im Blut<br>(= Hyperglykämie) | Reaktionen                                         | Wirkung                                              |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|                                             | Konzentrationsgefälle                              |                                                      |
|                                             | Aktivierung der Hexokinase                         |                                                      |
|                                             | Insulinanstieg -<br>Öffnet Glucosekanäle der Zelle | Glykolyse - Acetyl-CoA<br>Energiegewinnung, Baustoff |
| Zu viel Zucker in den Zellen                |                                                    | Gegenmaßnahmen der Zellen                            |

Abb. 150: Druckbetankung der Zellen durch Zuckerüberschuss

Dieser Zuckerüberschuss der Zelle fördert verschiedene Stoffwechselprozesse. Ein Teil des Zuckers wird anschließend durch die Glykolyse (siehe Abb. 77) in Acetyl-CoA für die Energiegewinnung zerlegt. Der große Rest muss allerdings irgendwie „entsorgt“ werden.

#### 4.1.2.2 Zu viel Zucker hemmt die Mitochondrienfunktion

Nachdem die Zellen durch die Druckbetankung mit Zucker überfüllt sind, entstehen durch die vermehrte Glykolyse verschiedene Zwischenprodukte, wie zum Beispiel Fructose 1,6-Bisphosphat. Diese massive Erhöhung der Zwischenprodukte der Glykolyse hemmen die Mitochondrienfunktion. Somit wird der Zuckerüberschuss der Zelle durch die vermehrte Glykolyse verbraucht und reduziert - 18-mal schneller als bei der Glycolysoxidation, die in den Mitochondrien stattfindet (siehe 3.1.2.3.2). Dieser Überlauf-Schutz wird Crabtree-Effekt<sup>69</sup> genannt.

| Zu viel Zucker in den Zellen | Reaktionen                                                            | Wirkung                                                                            |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|                              | fördert Glykolyse                                                     |                                                                                    |
|                              | erhöht Zwischenprodukte der Glykolyse wie<br>Fructose 1,6-Bisphosphat | hemmen Zuckerneubildung<br>hemmen Atmungskettenenzyme<br>und Mitochondrienfunktion |
| hemmt Mitochondrienfunktion  |                                                                       |                                                                                    |

Abb. 151: Überlauf-Schutz der Zelle (Crabtree-Effekt) bei Zuckerüberschuss

Wie wichtig die Mitochondrien für die Energiegewinnung der Zelle und damit für eine normale Funktion und stabile Struktur der Zelle sind, haben wir uns ja bereits sehr ausführlich im Kapitel 3.1.2 angesehen. Deshalb ist eine Hemmung der Mitochondrienfunktion durch den Zuckerüberschuss ein enormer Belastungsfaktor für die Zelle, der Krankheiten fördert.

Tumorzellen, die durch ihre spezielle Stoffwechsellage (siehe 3.1.2.7) riesige Zuckermengen zum Überleben konsumieren, weisen diesen Crabtree-Effekt ebenfalls auf.

Das bedeutet, ein Grund für die Mitochondrienstörung der Tumorzelle ist der Zuckerüberschuss im Blut und damit die stärke- und zuckerreiche Nahrung!

### 4.1.2.3 Zu viel Zucker führt zur Übersäuerung des Gewebes

Durch den Zuckerüberschuss der Zelle wird - durch die erhöhte Glykolyse - die Produktion des Enzyms Laktat-Dehydrogenase erhöht. Dadurch bildet die Zelle vermehrt Milchsäure (= lactat acid), die sehr schnell in Laktat (Base) und  $H^+$  (Säure) zerfällt und für das Gewebe eine erhöhte Säurelast (Laktat-Azidose) darstellt. Die Säure ( $H^+$ ) wird u.a. unter Verbrauch von Sauerstoff zu Wasser ( $H_2O$ ) gepuffert.

| Zu viel Zucker in den Zellen        | Reaktionen                                                           | Wirkung                                               |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|                                     | fördert Glycolyse                                                    |                                                       |
|                                     | erhöht <b>Laktat-Dehydrogenase</b>                                   |                                                       |
|                                     | vermehrte Bildung von Milchsäure (=Lactat acid)                      |                                                       |
| <b>Übersäuerung des Gewebes</b>     | Zerfallen der Milchsäure in Laktat (Base) und $H^+$ (Säure)          | Belastung der Puffersysteme des Organismus            |
| <b>Sauerstoffmangel des Gewebes</b> | Pufferung der $H^+$ (Säure) u.a. unter Verbrauch von $O_2$ zu $H_2O$ | Einschränkung der Zellfunktion durch Sauerstoffmangel |

Abb. 152: Übersäuerung des Gewebes durch Zuckerüberschuss

Die vermehrte Säurebildung verschlechtert die Sauerstoffversorgung und schränkt so die Energiegewinnung und Funktion der Zelle zusätzlich ein.

### 4.1.3 Zu viel Stärke und Zucker führt zur Freisetzung von Insulin

Steigt der Blutzuckerspiegel nach stärke- und zuckerreichen Mahlzeiten an, so erhöht sich auch der Zuckerspiegel in den  $\beta$ -Zellen der Langerhans'schen Inseln, die in der Bauchspeicheldrüse liegen. Von diesen  $\beta$ -Zellen wird Insulin produziert, gespeichert und bei einem Glucoseanstieg auch ins Blut freigesetzt.

Insulin senkt, über verschiedene Mechanismen, den Blutzuckerspiegel wieder ab und wird so lange nachproduziert und freigesetzt, bis der Blutzuckerspiegel wieder normal niedrig ist. Die Halbwertszeit von Insulin beträgt 7 - 15 min, das heißt, auch wenn Insulin nicht mehr benötigt wird, weil der Blutzuckerspiegel wieder normal ist, dauert es noch einige Minuten, bis sich der Insulinspiegel normalisiert hat.

Die Gegenspieler zum Insulin, die eine gefährliche Unterzuckerung verhindern, sind Glukagon, Adrenalin und Cortisol (siehe Abb. 19).

Insulin ist zum einen wichtig für die Energiegewinnung der Zelle und zum anderen für die Speicherung der Energiequelle Zucker, die nach der Mahlzeit im Blut erscheint. Um dies zu bewerkstelligen, regelt Insulin als Transkriptionsfaktor das Ablesen verschiedener Enzymbaupläne aus der DNA und damit die Aktivität verschiedener Enzyme<sup>75</sup>, die unseren Stoffwechsel beeinflussen.

Je stärker und länger die Hyperglykämie anhält, desto länger ist auch der Insulinspiegel im Blut erhöht. Durch immer wieder lang anhaltende Insulinspiegel werden im Organismus aber auch schädigende Wirkungen entfacht.

#### 4.1.3.1 Zu viel Insulin führt zu Zuckerüberschuss in den Zellen

Infolge des Insulinanstiegs erhöht sich die Anzahl der Glucosetransporter (GLUT) der Zelle, das sind die Transportkanäle, die das Einströmen der Glucose in die Zelle ermöglichen. Auf diese Weise erhöht sich der Effekt der Druckbetankung, die selbst von zu viel Zucker durch den starken Konzentrationsunterschied ausgelöst wird.

Insulin fördert auch die Produktion von Hexokinase und Glucokinase (Hexokinase IV). Diese Enzyme wandeln Glucose in Glucose-6-Phosphat um, das die Zelle nicht mehr verlassen kann. Somit ist der Zucker in der Zelle gefangen - die Zelle muss mit dem Zuckerüberschuss und dessen Folgen zurechtkommen (siehe 4.1.2).

| Zu viel Insulin                       | Reaktionen                         | Wirkung                                         |
|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                                       | vermehrt <b>Glucosetransporter</b> |                                                 |
|                                       | erhöht <b>Hexokinase</b>           |                                                 |
|                                       | erhöht <b>Glucokinase</b>          |                                                 |
| <b>Zuckerüberschuss in den Zellen</b> |                                    | erhöht Transport und bindet Zucker in der Zelle |

Abb. 161: Insulin führt zum Zuckerüberschuss in den Zellen

### 4.1.3.2 Zu viel Insulin verhindert die Freisetzung der Glucose aus der Zelle

Einmal in der Zelle, bleibt der Zucker in der Zelle und das Zuviel an Zucker muss anschließend von der Zelle verarbeitet werden. Nur Leberzellen und Nierenzellen können Glucose wieder ins Blut abgeben, das nötige Enzym hierfür ist Glucose-6-Phosphatase, das Glucose-6-Phosphat wieder in Glucose umwandelt. Nur Glucose kann über die Glucosetransporter die Zellen verlassen.

Aber diese Glucose-6-Phosphatase wird durch die Insulinwirkung ebenfalls gehemmt, somit verbleibt der Zucker in den Leberzellen, wo er dann als Fett gespeichert wird. Auf diese Weise entsteht die Fettleber (siehe 4.1.2.11).

| Zu viel Insulin                                       | Reaktionen                         | Wirkung                                        |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------|
|                                                       | hemmt <b>Glucose-6-Phosphatase</b> |                                                |
| ↓<br>verhindert Freisetzung der Glucose aus der Zelle |                                    | verhindert die Zuckerabgabe der Zelle ins Blut |

Abb. 162: Insulin verhindert Zuckerfreisetzung

### 4.1.3.3 Zu viel Insulin fördert die Fettsäuresynthese in den Zellen

Insulin erhöht die Bildung von SREBP (Sterol regulatory element-binding protein) und aktiviert somit die Acetyl-CoA-Carboxylase und Fettsäure-Synthase. Das sind die Enzyme für die Bildung von Fettsäuren und Triglyceriden. Über diesen Weg wird der überschüssige Zucker als Fett gespeichert.

| Zu viel Insulin                            | Reaktionen                                    | Wirkung                                              |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|                                            | erhöht <b>SREBP</b>                           |                                                      |
|                                            | Aktivierung der <b>Acetyl-CoA-Carboxylase</b> |                                                      |
|                                            | und <b>Fettsäure-Synthase</b>                 |                                                      |
| ↓<br>fördert Umwandlung von Zucker in Fett |                                               | Aufbau gesättigter Fettsäuren zur Energiespeicherung |

Abb. 163: Fettsäure- und Triglycerid-Produktion durch Insulin

## 4.1.4 Zu viel Stärke und Zucker bilden AGEs

Hohe Blutzuckerspiegel, die durch großen Zucker- und natürlich auch Stärkekonsum entstehen, führen zu einer Verzuckerung (Glykierung) von Zellen und unterschiedlichen Geweben. Diese Verzuckerungsprodukte nennt man **AGEs** (**A**dvanced **G**lycation **E**ndproducts = Endprodukte der Glykierung)<sup>76,77</sup>.

Sie müssen sich diesen Verzuckerungsprozess folgendermaßen vorstellen: Sie streuen Puderzucker auf einen Kuchen, dieser Puderzucker verbindet sich mit dem Kuchen und bildet mit der Zeit unlösliche Komplexe. Ähnlich verhält es sich mit den riesigen Zuckermengen, die nach einer stärke- und zuckerreichen Mahlzeit einen „Zucker-Tsunami“ im Blut auslösen.

Sie erinnern sich vielleicht: Ihr Organismus versucht Ihren Blutzuckerspiegel bei ungefähr 1 TL konstant zu halten (siehe Abb.18). Nach jeder Stärke-Mahlzeit kommen aber auf einen Schwung 13 TL Zucker!

Diese Zuckermengen führen zu stundenlangen überhöhten Blutzuckerwerten (siehe Abb. 149) und damit zum Verzuckern von verschiedensten Zellen. Am bekanntesten sind die Verzuckerungsfolgen an den roten Blutkörperchen, da für die Verlaufskontrolle beim Diabetiker das verzuckerte Hämoglobin (HbA1c) regelmäßig gemessen wird.

Aber auch alle anderen Zellen und das Kollagen des Bindegewebes, das den ganzen Körper als Faszie durchzieht und Sehnen, Bänder, Knorpel, Knochen bildet, werden ebenso verzuckert wie das Myelin, die Hüllschicht der Nervenzellen. Der Ablauf der Glykierung (Verzuckerung) der Aminosäuren der Zellen und der Gewebe ist in Abbildung 172 dargestellt.

**Die Höhe und Dauer der Glucosekonzentration** sind entscheidend für das Ausmaß der Verzuckerung und damit der Strukturschädigung.

| Stärke und Zucker verzuckert das Gewebe         | Reaktionen                                           | Wirkung                                                    |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Aminosäuren von Zellen und Geweben              |                                                      |                                                            |
| + Glucose (auch aus Stärke)                     | starke <b>Blutzuckerhöhungen</b> nach den Mahlzeiten |                                                            |
|                                                 | Schiff'sche Basen (Stunden)                          |                                                            |
|                                                 | Amadori-Komplexe (Tage)                              |                                                            |
|                                                 | Maillard-Reaktion (Wochen)                           |                                                            |
| <b>AGEs</b><br>(Advanced Glycation Endproducts) |                                                      | Funktions- und Strukturveränderungen der Zellen und Gewebe |

Abb. 172: Entstehung der AGEs (Advanced Glycation Endproducts)

Da diese AGEs unlösliche Zucker-Eiweiß-Komplexe darstellen, führen sie langsam zu Veränderungen der Funktion und Struktur - und damit auch der Lebenszeit von Zellen und Geweben. Deshalb werden die AGEs auch von manchen Autoren<sup>80</sup> in Verbindung mit dem biologischen Altern gebracht und als „Biologische Uhr“ bezeichnet.

Wie der Organismus auf diese verzuckerten Zellen und Gewebe reagiert, werden wir im nächsten Abschnitt genau unter die Lupe nehmen.



#### 4.1.4.1 AGEs führen zu Entzündungen

AGEs lösen an verschiedenen Zellen Entzündungen aus, indem die AGEs mit den Rezeptoren für AGE (RAGE) reagieren. Dadurch werden über NF-kappaB verschiedene Entzündungsfaktoren aktiviert, die eine unspezifische Entzündungsreaktion (Akute-Phase-Reaktion) auslösen.

Die Rezeptoren für AGE (RAGE) finden sich an verschiedenen Immunzellen, Schleimhautzellen, Bindegewebszellen, Muskelzellen, Nervenzellen, Hautzellen und auch Endothelzellen (Gefäßzellen). Auf diese Weise können durch stärke- und zuckerhaltige Nahrungsmittel Entzündungen in jedem beliebigen Gewebe entstehen.

| AGEs<br>(Advanced Glycation Endproducts) | Reaktionen                               | Wirkung                                                    |
|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| RAGE (Rezeptor für AGE)                  |                                          |                                                            |
|                                          | aktiviert NF-kappaB                      |                                                            |
|                                          | erhöht TNF- $\alpha$ , IL-1, IL-6, COX-2 |                                                            |
|                                          | Akute-Phase-Reaktion                     |                                                            |
| Entzündungen                             |                                          | Funktions- und Strukturveränderungen der Zellen und Gewebe |

Abb. 173: Entzündungen durch AGEs und RAGE

#### 4.1.4.2 AGEs fördern die Bildung freier Radikale

AGEs, die an und in der Zelle entstehen, fördern - über die Reaktion mit RAGE - die NADPH-Oxidase und die induzierte NO-Synthase. Dadurch erhöht sich die Bildung freier Sauerstoffradikale (ROS). Diese freien Radikale müssen, am besten bevor sie Zellschäden anrichten, antioxydiert werden und fordern dadurch die Antioxidativen Systeme der Zelle (siehe Abb. 86). Durch die freien Radikale werden auch die Mitochondrien in ihrer Funktion gehemmt und damit Energiegewinnung und Funktion der Zelle gestört. Dies kann dazu führen, dass die Zelle dem programmierten Zelltod zugeführt wird oder durch Zellschäden dem Immunkilling zum Opfer fällt.

| AGEs<br>(Advanced Glycation Endproducts)       | Reaktionen                                                          | Wirkung                                             |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| RAGE (Rezeptor für AGE)                        |                                                                     |                                                     |
|                                                | aktiviert <b>NADPH-Oxidase</b><br>und <b>induzierte NO-Synthase</b> |                                                     |
|                                                | vermehrte Bildung von freien<br>Sauerstoffradikalen (ROS)           | Verbrauch von Antioxidantien<br>v.a. von Glutathion |
|                                                | Einschränkung der<br>Mitochondrienfunktion                          | Einschränkung der<br>Energiegewinnung               |
| <b>fördert die Bildung<br/>freier Radikale</b> | Oxidation von<br>Zellbestandteilen und DNA                          | Zellfunktionsstörungen<br>bis hin zum Zelltod       |

Abb. 174: Bildung freier Radikale durch AGEs und RAGE

#### 4.1.5 Zusammenfassung: Schäden durch Stärke und Zucker

Wir haben nun unterschiedliche Schäden und Belastungen durch stärke- bzw. zuckerreiche Mahlzeiten und dem darauf folgenden „**Zucker-Tsunami**“ mit anschließender **Insulinreaktion** und **Bildung der AGEs** kennengelernt. Diese wiederholten Zuckerbelastungen sind für den Körper keine Bomben, wie Virusinfekte, die uns auch mal für eine Woche lahm legen können. Vielmehr sind sie Minischäden, die allerdings tagtäglich milliardenfach bei jedem von uns ablaufen - egal ob Diabetiker oder Nicht-Diabetiker und somit den Weg ebnen für verschiedenste chronische Erkrankungen.

**„Steter Tropfen höhlt den Stein.“**

**Bei Diabetikern ist dieser Tropfen nur etwas größer, deshalb sind die Schäden meist auch ausgeprägter.**