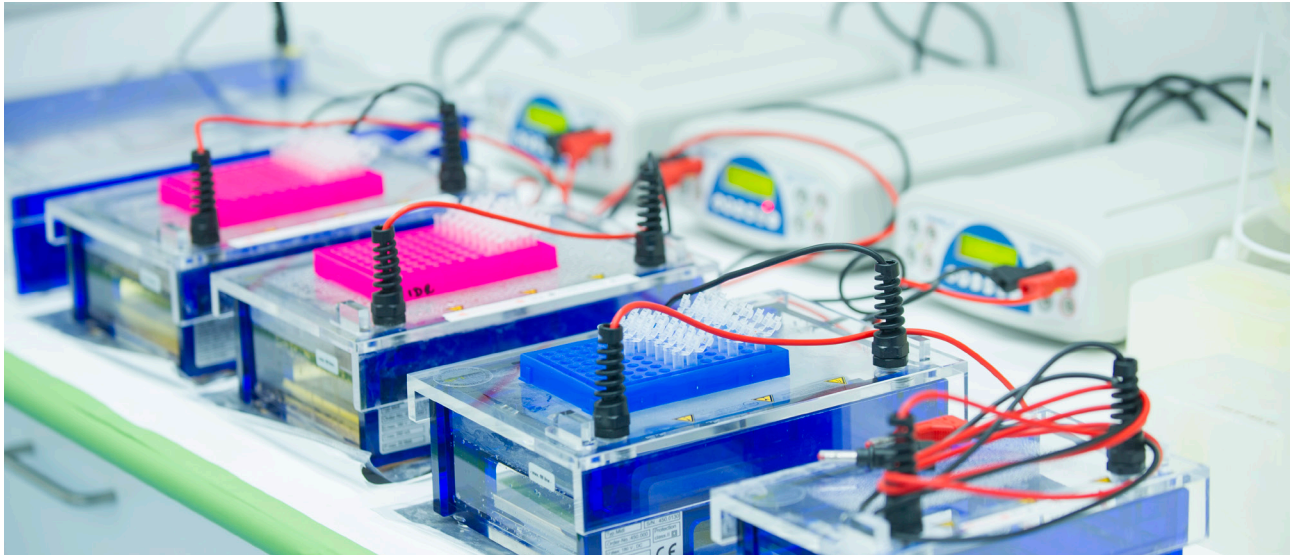


# Gesundheit erhalten Krankheit vermeiden

Wissen, aktuelle Forschung  
und Präventionsansätze  
am Beispiel Diabetes



# 1. Allgemeine Biochemie und Stoffwechsel

## Hintergrundinformationen

*Stichworte aus Lehrplänen gesamt: Stoffwechsel; Nährstoffe; Enzyme; Hormone; Kohlenhydrate; Glukose; Stärke; Zucker; Nahrungsmittelbestandteile und deren physiologische Bedeutung; Zucker im Blut; Weg der Nahrung im menschlichen Körper; Glukose; Zucker; Enzyme; Verdauung; Resorption; Glykogen; Blutzucker; Glukagon; Bauchspeicheldrüse; Pankreas; Schlüssel-Schloss-Prinzip; Signalwirkung; Bindung; Signalweiterleitung; Wirkung von Insulin; Funktion der Hormone; Hormon; Insulin; Insulin-Rezeptor; Glukosetransport an der Zellmembran; Aufbau und Funktion der Bauchspeicheldrüse; Beta-Zellen; Alpha-Zellen; endokrine und exokrine Drüsen; Insulin; Glukagon; Hormone; Hormondrüse; Kohlenhydratstoffwechsel; Blutzucker; Blutzuckerspiegel; Blutzuckerwerte; Blutzuckerverlauf; Funktion der Hormone; Regulation am Beispiel des Blutzuckerspiegels; Regelkreis (Sollwert, Istwert, Regelgröße, Störgröße, Fühler, Stellgröße); Wirkung von Insulin und Glukagon; Signalwirkung; Gegenspieler-Prinzip; Regulation zentraler Körperfunktionen am Beispiel Diabetes mellitus; Diabetes; Insulin; Stoffwechsel: Blutzuckerregulation und Diabetes; Insulinresistenz*

Der Stoffwechsel (Metabolismus) ist eine Grundfunktion aller lebenden Organismen. Ohne ihn ist Leben nicht möglich. Ein komplexes System aus biochemischen Reaktionen reguliert dabei das Gleichgewicht zwischen Nahrungsaufnahme und Nahrungsverwertung. Aus der Umwelt aufgenommene Nährstoffe (Fette, Eiweiße (Proteine), Kohlenhydrate), aber auch Vitamine, Mineralstoffe und Wasser) sind zur Produktion körpereigener Substanzen notwendig und dienen auch zur Energiegewinnung. Diese Auf-, Um- und Abbauprozesse finden in jeder einzelnen Zelle statt. Je nach Nahrungsstoff gibt es verschiedene Arten des Stoffwechsels (Fettstoff-, Kohlenhydrat- und Eiweißstoffwechsel).

Der Stoffwechsel ist untrennbar mit der Verdauung der zugeführten Nährstoffe verbunden. Denn bei der Verdauung wird durch den Verdauungssaft aus der Bauchspeicheldrüse zusammen mit der Galle die aufgenommene Nahrung in kleinste Bausteine und Moleküle zerlegt, nur so können sie über die Darmwand und die Lymphe ins Blut aufgenommen (resorbiert) werden und gelangen an ihr Ziel, die Zellen.

Daher sind insbesondere der Verdauungstrakt, mit seinen Organen wie dem Magen-Darm-Trakt, der Leber und der Bauchspeicheldrüse, sowie Fett- und Muskelgewebe, der Blutkreislauf und auch das Gehirn an der Stoffwechselkontrolle beteiligt.

Für den Umbau und das Weiterleiten der Nährstoffe im Körper wird eine Vielzahl von Hormonen benötigt, von denen das Insulin eine wichtige Rolle spielt, da dieses Hormon in den Kohlenhydrat-, Eiweiß- und Fettstoffwechsel maßgeblich eingreift.

**Hormone** sind biochemische Signal- bzw. Botenstoffe, produziert von speziellen Drüsen (z. B. Schilddrüse, Nebenschilddrüse, Hirnanhangsdrüse, Langerhans'sche Inseln der Bauchspeicheldrüse, Nebenniere, Hoden, Ovar) die über das Blut transportiert werden und zahlreiche Prozesse im Körper steuern. Die Signalwirkungen von Hormonen werden durch ihre Bindung an einen (für sie passenden) Rezeptor in der Zellwand erreicht.

**Enzyme** wirken im Körper als Katalysatoren und setzen chemische Reaktionen in Gang bzw. beschleunigen diese, ohne dabei selbst verändert zu werden.

Stoffwechselstörungen können verschiedene Ursachen haben. Das Gleichgewicht kann beispielsweise durch akuten und chronischen Stress, Lebensstil, Entzündungsprozesse, hormonelle Prozesse oder auch immunologische Reaktionen erheblich gestört werden.

Ein Beispiel für eine Stoffwechselerkrankung ist Diabetes mellitus. Im Folgenden soll auf zentrale Bestandteile der Stoffwechselwege eingegangen werden, die bei der Entstehung von Diabetes eine Rolle spielen.

**Inhalt „Allgemeine Biochemie und Regelkreise (Stoffwechsel)“:**

**Nahrungsbestandteile**

- Kohlenhydrate - Stärke, Glukose (und andere Zucker)

**Die Zelle als Ziel für Glukose**

- Wie kommt die Energie aus dem Essen in die Zelle?
- Zellulärer Wirkmechanismus Insulin

**Die Bauchspeicheldrüse**

**Regelkreise und Regulation**

- Blutzuckerspiegel/Blutzuckerwerte/Blutzuckerlauf
- Regelkreis Insulin – Glukagon
- Blutzuckerregulation und Diabetes

**Nahrungsbestandteile: Kohlenhydrate - Stärke, Glukose (und andere Zucker)**

*Kohlenhydrate; Glukose; Stärke; Zucker; Nahrungsmittelbestandteile und deren physiologische Bedeutung*

**Kohlenhydrate**, sogenannte Saccharide, gehören zu den Hauptenergielieferanten für unseren Stoffwechsel. Sie sind vor allem in stärkehaltigen Lebensmitteln wie Brot, Kartoffeln, Nudeln, Obst und Gemüse enthalten und bestehen chemisch gesehen aus langen Ketten mit unterschiedlich vielen Zuckermolekülen. Sie lassen sich in sog. Monosaccharide (Einfachzucker), Disaccharide (Zweifachzucker) und Polysaccharide (Mehrfachzucker) einteilen. Obwohl Kohlenhydrate aus Zuckereinheiten bestehen, schmecken sie jedoch

nicht alle süß.

**Übersicht der Kohlenhydrate**

Einfachzucker	z.B. Traubenzucker (Glukose), Fruchtzucker (Fruktose)
Zweifachzucker	z.B. Haushaltszucker, Rohrzucker (Saccharose), Milchzucker (Laktose)
Mehrfachzucker	z.B. Stärke, Cellulose

Besondere Bedeutung haben vor allem Glukose und Stärke.

**Glukose** ist einer der wichtigsten Energielieferanten für die Körperzellen. Besonders Muskel- und Nervenzellen und das Gehirn benötigen den Zucker um schnell ausreichend Energie herstellen zu können. Pflanzen stellen Glukose während der Photosynthese her. Der Glukosegehalt in unserem Blut wird als „Blutzuckerspiegel“ bezeichnet.

**Stärke** ist ein Polysaccharid aus einzelnen Glukose-Einheiten und besteht aus Amylose (lineare Zucker-Ketten) und Amylopektin (verzweigte Zucker-Ketten). Pflanzen können ungenutzte Glukose als Stärke speichern und diese zur Energiegewinnung auch wieder abbauen.

Nur Einfachzucker (wie Glukose) können ins Blut - und damit auch in die Zellen - aufgenommen und verstoffwechselt werden. Daher müssen langkettige Kohlenhydrate vorab bei der Verdauung durch Enzyme in ihre kleinsten Untereinheiten aufgespalten werden. Zur Spaltung der unterschiedlichen Zuckerverbindungen gibt es verschiedene spezifische Enzyme.

Je kleiner ein Kohlenhydrat-Molekül, also aus je weniger Zuckereinheiten es besteht (einfache Kohlenhydrate), desto schneller steht die Glukose dem Körper als Energielieferant zur Verfügung. Andersherum bedeutet dies auch: Je länger die Zuckerketten, desto mehr Zeit wird benötigt, ehe die Glukose als Energieträger verfügbar ist. Das etappenweise Aufspalten der komplexen Kohlenhydrate, z.B. aus Mehl oder Kartoffeln hat auch zur Folge, dass die Glukose stabil über einen längeren Zeitraum ins Blut gelangt und so länger vorhält.

## Die Zelle als Ziel für Glukose

*Zucker im Blut; Weg der Nahrung im menschlichen Körper; Glukose; Zucker; Enzyme; Verdauung; Resorption; Glykogen; Blutzucker; Glukagon; Bauchspeicheldrüse; Pankreas; Schlüssel-Schloss-Prinzip; Signalwirkung; Bindung; Signalweiterleitung; Wirkung von Insulin; Funktion der Hormone; Hormon; Insulin; Insulin-Rezeptor; Glukosetransport an der Zellmembran*

### Wie kommt die Energie aus dem Essen in die Zelle?

*Weg der Nahrung im menschlichen Körper; Glukose; Zucker; Enzyme; Verdauung; Resorption; Glykogen; Blutzucker; Glukagon; Bauchspeicheldrüse; Pankreas*

Damit die in der Nahrung enthaltenen Glukosemoleküle für die Zellen verfügbar sind, müssen die meist komplexen Kohlenhydrate vorab in ihre kleinsten Untereinheiten aufgespalten werden. Dies geschieht während der Kohlenhydratverdauung durch Enzyme.

Im Mund wird das Essen zunächst mechanisch zerkleinert. Das Enzym Alpha-Amylase – produziert von den Speicheldrüsen und daher auch als Speichel-Amylase bezeichnet – spaltet die langen Ketten der Stärke in kurze Bruchstücke (Dextrine). Je länger gekaut wird, also je länger die Amylase wirken kann, desto kleiner werden die Bruchstücke. Dies kann bis hin zum Disaccharid Maltose gehen.

Über die Speiseröhre gelangt der Nahrungsbrei in den Magen. Durch den niedrigen pH-Wert der Magensäure wird die Alpha-Amylase inaktiviert, sodass im Magen keine weitere Verdauung der Kohlenhydrate stattfindet. Eiweiß wird hingegen im Magen chemisch weiter zerkleinert.

Im Dünndarm werden die Kohlenhydrate weiter zerlegt. Dort gibt die Bauchspeicheldrüse (Pankreas) eine Amylase, die sogenannte Pankreas-Amylase in den Zwölffingerdarm ab. Diese spaltet die Dextrine weiter in Zweifachzucker. Die Enzyme Maltase, Saccharase und Lactase spalten die Zweifachzucker schließlich in Einfachzucker, sodass diese über die Darmwand ins Blut aufgenommen werden können (Resorption). Über das Blut gelangen die Nahrungsmoleküle, u.a. Glukose, an ihren Zielort die Zellen, in denen sie weiter verstoffwechselt werden.

Beim Transport der Glukose in die Zellen spielt Insulin eine entscheidende Rolle. Denn nur mit Hilfe dieses, von der Bauchspeicheldrüse gebildeten Hormons, können die Zuckermoleküle in die Zellen gelangen.

Energie, bzw. energiereiche Nährstoffe, die der Körper momentan nicht benötigt, werden gespeichert. Ist Nahrung knapp, können diese Reserven wieder aktiviert und zur Energiegewinnung genutzt werden.

Überschüssige Glukose wird als Glykogen, einer Speicherform von Zucker, vor allem in der Leber, aber auch in den Muskeln gespeichert. Mit Hilfe der Glykogenspeicher in der Leber kann der Blutzucker auch in Zeiten aufrechterhalten bzw. reguliert werden, in denen wir keine Nahrung zu uns nehmen, z.B. nachts. Die Zuckerneubildung aus Glykogen erfolgt mit Hilfe des Hormons Glukagon, das ebenfalls von der Bauchspeicheldrüse gebildet wird.

Überschüssige Energie, die beim Abbau der Glukose entsteht, kann zudem als Fett in den Fettzellen gespeichert werden.

### Zellulärer Wirkmechanismus von Insulin

*Schlüssel-Schloss-Prinzip; Signalwirkung; Bindung; Signalweiterleitung; Wirkung von Insulin; Funktion der Hormone; Hormon; Insulin; Insulin-Rezeptor; Glukosetransport an der Zellmembran*

Die Hauptaufgabe, des von der Bauchspeicheldrüse gebildeten Hormons Insulin ist es, den Transport der Zuckermoleküle (Glukose) aus dem Blut in die Körperzellen zu ermöglichen.

Die Bauchspeicheldrüse misst stetig den Glukosegehalt im Blut (Blutzucker) - ist dieser hoch, schüttet sie Insulin aus. Mit dem Blutstrom gelangt das Hormon zu den Körperzellen und bindet dort an den Insulin-Rezeptor – ein Proteinkomplex an der Oberfläche der Zellmembran. Insulin und sein Rezeptor passen dabei ineinander wie ein Schlüssel zum passenden Schlüsseloch (**Schlüssel-Schloss-Prinzip**). So wird gewährleistet, dass kein anderes Hormon oder Molekül, den Insulin-Rezeptor aktiviert.

Die Bindung zwischen Insulin und seinem Rezeptor löst innerhalb der Zelle ein Signal aus. Dieses aktiviert sogenannte Transportproteine in der Zellmembran, die Glukose-Transporter (GLUT4). Sie öffnen sich und lassen die Glukose-Moleküle aus dem Blut in die Zellen hinein.

Bei **Typ-1-Diabetes** fehlt das Insulin, daher bleibt das Transportprotein verschlossen.

Bei **Typ-2-Diabetes** ist Insulin vorhanden, aber der Insulin-Rezeptor reagiert nicht oder nicht ausreichend,

sodass auch hier das Transportprotein verschlossen bleibt. (Siehe Kapitel 2 „Die Krankheit Diabetes“)

## Die Bauchspeicheldrüse

*Aufbau und Funktion der Bauchspeicheldrüse; Beta-Zellen; Alpha-Zellen; endokrine und exokrine Drüsen; Insulin; Glukagon; Hormone; Hormondrüse; Kohlenhydratstoffwechsel*

Die Bauchspeicheldrüse (das Pankreas) ist eine Drüse des Magen-Darm-Trakts und gehört zu den größten Drüsen des menschlichen Körpers. Das längliche Organ ist etwa 10 bis 20 cm lang und liegt im oberen Bauchraum quer hinter dem Magen.

Die Bauchspeicheldrüse ist gleichzeitig eine exokrine und auch eine endokrine Drüse. Sie gibt gebildete Stoffe also sowohl nach außen, z.B. in einen Hohlraum (exokrin), als auch direkt in die Blutbahn (endokrin) ab.

Das exokrine Gewebe (Azinus-Zellen) bildet ein Sekret, das vor allem aus Enzymen besteht, die bei der Verdauung von Fetten, Kohlenhydraten und Eiweißen benötigt werden. Darunter auch die Pankreas-Amylase, die Kohlenhydrate spaltet. Der Verdauungssaft (etwa 1,5 Liter pro Tag) wird von der Bauchspeicheldrüse über ein Gängesystem in den Dünndarm abgegeben.

Das endokrine Gewebe der Bauchspeicheldrüse wird von den sogenannten Langerhans-Inseln gebildet. Dies sind inselförmige Ansammlungen von hormonproduzierenden Zellen, die im exokrinen Gewebe der Bauchspeicheldrüse eingelagert sind. Die einzelnen Zellarten stellen verschiedene Hormone her. Darunter die Stoffwechselformone Insulin (aus Beta-Zellen) und Glukagon (aus Alpha-Zellen) die für den Kohlenhydratstoffwechsel und die Blutzuckerregulation wichtig sind. Die gebildeten Hormone werden bei Bedarf von der Bauchspeicheldrüse direkt in die Blutbahn abgegeben (endokrin).

## Regelkreise und Regulation

*Blutzucker; Blutzuckerspiegel; Blutzuckerwerte; Blutzuckerlauf; Funktion der Hormone; Regulation am Beispiel des Blutzuckerspiegels; Regelkreis (Sollwert, Istwert, Regelgröße, Störgröße, Fühler, Stellgröße); Wirkung von Insulin und Glukagon; Signalwirkung; Gegenspieler-Prinzip; Regulation zentraler Körperfunktionen am Beispiel Diabetes mellitus; Diabetes; Insulin; Stoffwechsel: Blutzuckerregulation und Diabetes; Insulinresistenz*

## Blutzuckerspiegel/ Blutzuckerwerte/ Blutzuckerlauf

*Blutzucker; Blutzuckerspiegel; Blutzuckerwerte; Blutzuckerlauf;*

Der Blutzuckerspiegel beschreibt die Konzentration der Glukose im Blut. Er kann entweder im kapillaren Blut (Fingerbeere, Ohrläppchen) oder im venösen Blut (Blutabnahme) bestimmt werden. Der Wert wird in Milligramm pro Deziliter (mg/dl) oder in Millimol pro Liter (mmol/l) angegeben.

Beim gesunden Menschen soll der Blutzuckerspiegel auch bei großer oder fehlender Nahrungsaufnahme in einem engen Bereich zwischen 60 und maximal 140 Milligramm pro 100 Milliliter Blut (mg/dl) gehalten werden. Im nüchternen Zustand liegt der Wert unter 100 mg/dl (5,6 mmol/l) (Nüchtern-Blutzuckerspiegel).

Der Blutzuckerspiegel steigt, wenn wir essen und sinkt, wenn Energie benötigt wird, z.B. beim Sport.

Je einfacher die aufgenommenen Kohlenhydrate, desto schneller steigt, und fällt auch wieder der Blutzucker. Essen wir komplexe Kohlenhydrate, z.B. Stärke aus Mehl, Nudeln, Kartoffeln halten diese länger vor. Der Blutzucker bleibt länger erhöht und wir sind damit länger satt. In Zeiten, in denen wir keine Nahrung zu uns nehmen, kann der Blutzucker mit Hilfe der Glykogenspeicher in der Leber aufrechterhalten bzw. reguliert werden.

Die Bestimmung der Blutglukosewerte ist bei der Diagnose einer Diabetes-Erkrankung entscheidend, da der Blutzucker bei unbehandeltem Diabetes dauerhaft erhöht ist.

## Regelkreis Insulin - Glukagon

*Funktion der Hormone; Regulation am Beispiel des Blutzuckerspiegels; Regelkreis (Sollwert, Istwert, Regelgröße, Störgröße, Fühler, Stellgröße); Wirkung von Insulin und Glukagon; Signalwirkung; Gegenspieler-Prinzip;*

Bei gesunden Menschen wird der Blutzuckerspiegel automatisch reguliert. Zellen, die Glukose-Rezeptoren tragen, zum Beispiel Zellen der Langerhans-Inseln in der Bauchspeicheldrüse, messen stetig den aktuellen Blutzucker (**Ist-Wert**). Weicht der Ist-Wert vom **Soll-Wert**, also der Menge an Glukose, die der Körper momentan benötigt, ab, wird der Blutzuckerspiegel mit Hilfe eines genau abgestimmten **Regelkreises** angepasst.

Ist der Blutzuckerwert zu hoch, zum Beispiel nach einer Mahlzeit, schüttet die Bauchspeicheldrüse je nach Bedarf das Hormon Insulin aus. Je höher der Blutzuckerspiegel angestiegen ist, desto mehr wird ausgeschüttet. Insulin sorgt als blutzuckersenkendes Hormon dafür, dass die Körperzellen die Glukose aus dem Blut aufnehmen und dadurch verwerten bzw. zu Glukagon umbauen können – der Blutzucker sinkt.

Ist der Blutzuckerspiegel zu niedrig, wird das Hormon Glukagon aus der Bauchspeicheldrüse freigesetzt. Dieses bewirkt den Abbau von Zuckerreserven (Glykogen) in Muskeln und der Leber. Durch den Abbau entsteht wieder Glukose, die in die Blutbahn abgegeben wird - der Blutzuckerspiegel steigt.

Insulin und Glukagon wirken also als **Gegenspieler** – beide beeinflussen den Blutzuckerwert, jedoch in unterschiedliche Richtungen.

Die **Regelgröße** Blutzucker kann von verschiedensten **Störgrößen** von außen beeinflusst werden. Dies sind zum Beispiel die Nahrungsaufnahme oder Muskelarbeit (normale Tätigkeiten oder Sport).

### Blutzuckerregulation und Diabetes

*Regulation zentraler Körperfunktionen am Beispiel Diabetes mellitus; Diabetes; Insulin; Blutzuckerregulation und Diabetes; Insulinresistenz*

Bei Menschen mit Diabetes besteht ein Mangel an Insulin oder die Wirkung des Insulins an den Körperzellen ist eingeschränkt (Insulinresistenz). In Folge steigt der Blutzuckerspiegel ungehindert an, er „entgleist“. Je nach Diabetes Typ (Typ-1 oder Typ-2) führen verschiedene Mechanismen zu erhöhten Blutzuckerwerten:

Bei **Typ-1-Diabetes** greift das Immunsystem der Patientinnen und Patienten die insulinproduzierenden Beta-Zellen der Bauchspeicheldrüse an und zerstört sie. Es handelt sich also um eine Autoimmunerkrankung. Durch die zerstörten Beta-Zellen kann kein Insulin mehr gebildet werden und die Glukose verbleibt im Blut. Der Blutzuckerspiegel steigt. Die Therapie bei Typ-1-Diabetes besteht daher auch aus der Gabe von Insulin.

Bei **Typ-2-Diabetes** produziert die Bauchspeicheldrüse anfangs noch eigenes Insulin, aber die Zellen sprechen immer schlechter auf die Wirkung des Hor-

mons an, sie werden resistent (Insulinresistenz). Da das Insulin nicht oder nur noch schlecht an seinen Rezeptor binden kann, nehmen die Zellen die Glukose aus dem Blut trotz hohem Insulinspiegel nur noch vereinzelt auf. Dadurch sinkt der Blutzuckerspiegel langsamer bzw. bleibt länger erhöht. Dieses Anfangsstadium wird medizinisch als **Prädiabetes** bezeichnet.

Der Körper kann eine Insulinresistenz lange Zeit ausgleichen, indem die Beta-Zellen der Bauchspeicheldrüse mehr Insulin freisetzen. „Erschöpft“ durch die vermehrte Insulinproduktion sind sie jedoch irgendwann nicht mehr in der Lage, genügend Insulin bereit zu stellen. So entsteht im Lauf der Zeit der Typ-2-Diabetes. Anfangs kann dieser noch mit Tabletten behandelt werden, die die Empfindlichkeit der Zellen für Insulin wieder erhöhen. Produziert die Bauchspeicheldrüse nach einigen Jahren kein eigenes Insulin mehr, muss dieses auch bei Menschen mit Typ-2-Diabetes als Medikament gespritzt werden.

Dass sich ein Typ-2-Diabetes tatsächlich entwickelt, kann in vielen Fällen in frühen Stadien verhindert oder zumindest verzögert werden. Oft reichen schon relativ kleine Änderungen des Lebensstils aus, um das Risiko deutlich zu senken. Stellt der Körper kein eigenes Insulin mehr her, müssen auch Menschen mit Typ-2-Diabetes diesen Mangel durch zugeführtes Insulin ausgleichen.

Prinzipiell stehen zwei Arten von Insulin zur Verfügung, die per Spritze, Pen oder Insulinpumpe gegeben werden: langsam wirkende Basalinsuline und schnell und kurz wirkende Bolusinsuline.

**Basalinsuline** decken den Grundbedarf des Körpers an Insulin. Moderne Präparate wirken 24 Stunden und müssen deshalb nur noch einmal am Tag injiziert werden.

**Bolusinsuline** ahmen die nahrungsabhängigen Anstiege der natürlichen Insulinausschüttung nach. Sie wirken schnell und kurz und werden vor den Mahlzeiten gespritzt. Betroffene müssen daher vor den Mahlzeiten ihren Blutzuckerwert bestimmen, die erforderliche Insulindosis berechnen und diese dann spritzen.



## 2. Die Krankheit Diabetes

### Hintergrundinformationen

*Definition Diabetes; Diabetes als Zivilisationskrankheit; Ernährungsbedingte Erkrankungen; Definition Diabetes; Wenn zu viel Zucker im Blut ist – Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Diabetes mellitus Typ I und II (Ursachen, Diagnose und Maßnahmen zu Intervention und Prävention); Informationen über Diabetes Typ I und II geeignete Handlungen im Notfall und im persönlichen Leben*

Diabetes, oder medizinisch korrekt Diabetes mellitus, ist eine chronische Erkrankung des Zuckerstoffwechsels. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird sie daher auch als „Zuckerkrankheit“ bezeichnet. Ursache für den bei Diabetes chronisch erhöhten Blutzuckerspiegel kann ein Mangel an Insulin sein oder, dass die Wirkung des blutzuckersenkenden Hormons Insulins eingeschränkt ist (Insulinresistenz).

Es gibt jedoch nicht „den einen“ Diabetes. Diabetes steht als Überbegriff für verschiedene Störungen des Zuckerstoffwechsels, die ähnliche Symptome und Folgen, aber verschiedene Ursachen haben. In der Medizin werden mehrere Diabetes-Typen unterschieden. Die häufigsten Formen sind der Typ-1- und der Typ-2-Diabetes.

Typ-2-Diabetes, die Form von der die meisten Diabetiker (etwa 95 Prozent) betroffen sind, hängt besonders mit Übergewicht, einer ungesunden Ernährung und mangelnder Bewegung zusammen. Es handelt sich um eine Zivilisationskrankheit, die sich momentan immer mehr zur chronischen Volkskrankheit entwickelt. Betroffen sind vor allem Menschen im

höheren Alter, jedoch werden die Patienten zunehmend jünger – einen großen Anteil daran hat der Lebensstil mit weniger Bewegung und ungesunder und übermäßiger Ernährung. Aufgrund des stetigen Anstiegs der Erkrankten, wird Typ-2-Diabetes von den Vereinten Nationen mittlerweile als internationale Bedrohung und Epidemie eingestuft. Die Wahrscheinlichkeit ist also hoch, im Lauf des Lebens selbst mit Diabetes konfrontiert zu sein – durch eine eigene Erkrankung oder die naher Angehöriger oder Freunde.

Bei Typ-1-Diabetes handelt es sich hingegen um eine chronische Autoimmunerkrankung, bei der das Immunsystem körpereigene Zellen (die insulinproduzierenden Zellen der Bauchspeicheldrüse) angreift und zerstört. Die Krankheit tritt meist bereits im Kindes- oder Jugendalter auf und ist bislang nicht heilbar. Ursache sind genetische Veranlagungen, zudem wird ein Einfluss von Umweltfaktoren vermutet.

Um den stetigen Anstieg der Typ-2-Diabetes-Zahlen zu bekämpfen, sind Aufklärung und Vorbeugung von großer Bedeutung, denn man kann selbst vieles tun, um das eigene Erkrankungsrisiko zu senken. Mit den vorliegenden Unterrichtsmaterialien sollen Schülerinnen und Schüler (SuS) bereits frühzeitig für die Krankheit sensibilisiert und befähigt werden, selbst präventive Maßnahmen zu ergreifen. So soll ihre Gesundheitskompetenz, d.h. die Fähigkeit, sich

Gesundheitsinformationen zu erschließen und auf die eigene Situation anzuwenden, gestärkt werden.

Die Informationen zu den verschiedenen Diabetes-Formen mit ihren individuellen Entstehungsmechanismen sollen zudem zur Entstigmatisierung von Kindern und Jugendlichen (eventuellen Mitschülern) mit Typ-1-Diabetes beitragen. Sodass SuS die Krankheit verstehen und auch im Umgang mit eventuellen Notfallsituationen geschult werden.

### Inhalt „Die Krankheit Diabetes“:

#### Verbreitung Typ-2- und Typ-1-Diabetes

##### Die Krankheit Typ-2-Diabetes

- Entstehung und klassische Therapie
- Risikofaktoren und Prävention
- Diagnose und Risikotest

##### Die Krankheit Typ-1-Diabetes

- Entstehung und klassische Therapie
- Risikofaktoren und Prävention
- Diagnose und Risikotest

#### Unterschiede Typ-2- und Typ-1-Diabetes

#### Verhalten im Notfall

#### Folgekrankheiten von Diabetes

### Verbreitung Typ-2- und Typ-1-Diabetes

#### *Diabetes als Zivilisationskrankheit*

In Deutschland gibt es etwa 7,5 Millionen Menschen mit Diabetes (Stand 2019), somit leidet fast jede/r Zehnte daran. Mit diesen Zahlen liegt Deutschland in Europa an zweiter und im weltweiten Vergleich an neunter Stelle. Laut der Weltgesundheitsorganisation WHO gibt es weltweit rund 422 Millionen Menschen mit Diabetes.

#### Typ-2-Diabetes

Die meisten Diabetiker in Deutschland, etwa 95 Prozent, sind an Typ-2-Diabetes erkrankt. Schätzungen gehen davon aus, dass damit bei etwa sieben bis acht Prozent der Erwachsenen ein Typ-2-Diabetes vorliegt (5,7 bis 6,5 Millionen Menschen). Jedes Jahr wird die Erkrankung bei rund 500.000 Menschen neu diagnostiziert. Und die Krankheitshäufigkeit (Prävalenz) steigt kontinuierlich. Dies hängt auch damit zusammen, dass die Erkrankung durch bessere Diagnostik

früher erkannt wird. Insgesamt geht die Wissenschaft aber davon aus, dass die Typ-2-Diabetesprävalenz in den nächsten Jahrzehnten - auch aufgrund des westlichen Lebensstils - weiter steigen wird. Forschende errechneten 2019 einen Anstieg auf bis zu 12 Millionen Menschen mit Typ-2-Diabetes im Jahr 2040.

Betrachtet man das Alter, ist über die Hälfte aller Menschen mit Typ-2-Diabetes älter als 65 Jahre. Daher wurde die Krankheit früher auch als „Altersdiabetes“ bezeichnet, dies ist jedoch falsch. Zwar erkranken tatsächlich in erster Linie ältere Menschen, zunehmend sind aber auch immer mehr jüngere Menschen betroffen. Bei Kindern und Jugendlichen findet man vor allem die Vorstufen der Erkrankung (gestörte Glukosetoleranz oder abnormale Nüchternblutzuckerwerte). Die Diagnose Typ-2-Diabetes ist in dieser Altersklasse allerdings relativ selten (0,03 Prozent bei Jungen und 0,04 Prozent bei Mädchen). Nach aktuellen Schätzungen des Robert Koch-Instituts haben insgesamt etwa 950 Jugendliche zwischen elf und 18 Jahren in Deutschland einen Typ-2-Diabetes.

Auffallend ist auch, dass sich die Häufigkeit von Typ-2-Diabetes zwischen verschiedenen sozialen Schichten unterscheidet. So sind Menschen mit niedrigem Bildungsstatus häufiger betroffen als Personen mit einer guten Bildung.

#### Typ-1-Diabetes

Kinder und Jugendliche erkranken in Deutschland vorwiegend an Typ-1-Diabetes. Laut aktuellen Schätzungen sind etwa 32.000 Kinder unter 18 Jahren betroffen. Jährlich wird die Autoimmunerkrankung bei rund 2.200 der 0- bis 14-Jährigen neu diagnostiziert. Insgesamt leidet in Deutschland etwa 0,4 Prozent der Bevölkerung (ca. 367.000 Menschen) an Typ-1-Diabetes, die Hälfte davon erkrankt bereits im Alter von unter 20 Jahren.

Seit einigen Jahren beobachten Fachleute, dass die Zahl der Typ-1-Diabetesfälle bei Kindern – insbesondere Kleinkindern – und Jugendlichen zunimmt. In Deutschland steigt die Rate der Neuerkrankungen pro Jahr derzeit um drei bis fünf Prozent. Prognosen zufolge wird dieser Trend auch in Zukunft anhalten. Die Ursachen dieser Zunahme aufzuklären ist Gegenstand intensiver Forschung. Diskutiert werden Umweltfaktoren, Ernährung im Säuglingsalter und andere Einflüsse auf das Immunsystem.



## Die Krankheit Typ-2-Diabetes

*Diabetes mellitus Typ II: Prävention, Symptome, Typen und ihre Behandlung, Zusammenhang von Übergewicht und Diabetes mellitus Typ II: Ernährungs- und Bewegungsverhalten.*

### Entstehung und klassische Therapie

Typ-2-Diabetes ist eine fortschreitende Erkrankung, die besonders mit Übergewicht, einer ungesunden Ernährung und mangelnder Bewegung zusammenhängt.

Die Krankheit entsteht auf Grundlage einer sogenannten Insulinresistenz der Körperzellen und einer gestörten Freisetzung von Insulin aus der Bauchspeicheldrüse. Bei einer Insulinresistenz sprechen die Körperzellen immer schlechter auf die Wirkung des blutzuckersenkenden Hormons an. Durch diese „Resistenz“ können sie die Glukose aus dem Blut immer schlechter aufnehmen. Der Blutzucker steigt. Über lange Zeit kann der Körper eine Insulinresistenz ausgleichen, indem er mehr Insulin freisetzt. Daher ist der Nüchternblutzuckerwert bei Betroffenen anfangs häufig noch völlig „normal“ oder nur leicht erhöht. Sind die insulinproduzierenden Zellen aber nicht mehr in der Lage genügend Insulin bereit zu stellen, entsteht im Laufe der Zeit Typ-2-Diabetes.

Die Ursachen für die Insulinresistenz bzw. den daraus entstehenden Typ-2-Diabetes sind vielfältig und bis heute noch nicht vollständig aufgeklärt. Sicher ist: Eine genetische Veranlagung bildet die Grundlage. Aber besonders der individuelle Lebensstil spielt eine entscheidende Rolle. Schlechte Ernährung und wenig Bewegung führen zu Übergewicht, dies wiederum begünstigt die Entstehung von Typ-2-Diabetes. Erstes Ziel der Therapie ist es daher, den Blutzuckerspiegel vor allem durch Lebensstiländerungen zu senken, besonders durch Umstellung der Ernährung, vermehrte körperliche Aktivität und Reduktion des Körpergewichts. Auch die Einnahme von blutzuckersenkenden Medikamenten, zumeist in Form von Tabletten, ist möglich. Wenn Ernährungsumstellung und körperliche Bewegung allein oder auch die Behandlung mit antidiabetischen Medikamenten nicht zum Erfolg führen, wird – besonders bei Patienten die schon viele Jahre an Typ-2-Diabetes erkrankt sind – oft eine künstliche Zufuhr von Insulin (Insulintherapie) notwendig. Auch die regelmäßige Kontrolle des Blutzuckers gehört zur Standardtherapie.

### Risikofaktoren und Prävention

Wie oben erwähnt ist Typ-2-Diabetes eine Erkrankung an deren Entstehung die Gene wesentlich beteiligt sind. Auch das Alter spielt eine Rolle. Betroffene sind bei der Erstdiagnose meist über 40 Jahre alt. Zunehmend erkranken jedoch auch jüngere Menschen.

Zentrale Risikofaktoren für die Krankheitsentstehung finden sich jedoch besonders im eigenen Lebensstil: Zu den wichtigsten Risikofaktoren zählen hier Bewegungsmangel, ungesunde, energiedichte und ballaststoffarme Ernährung, starkes Übergewicht und Fettsucht (Adipositas), Rauchen, übermäßiger Alkoholkonsum oder auch chronischer Stress. Alles Faktoren also, die man selbst beeinflussen kann, um sein Typ-2-Diabetesrisiko zu senken.

Auch wenn bereits ein Prädiabetes – also eine gestörte Glukosetoleranz – vorliegt, können Primärpräventions-Strategien, wie Lebensstiländerungen, noch greifen. Internationale Studien konnten zeigen, dass das Risiko, aus einem Prädiabetes Diabetes zu entwickeln durch relativ einfache Maßnahmen, um bis zu 70 Prozent gesenkt werden kann. Hierzu gehören:

- Gewichtsreduktion um fünf Prozent
- vier Stunden körperliche Aktivität pro Woche, denn Bewegung sorgt dafür, dass Insulin wieder besser wirken kann und die energieverbrauchende Muskelmasse zunimmt
- ballaststoffreiche Ernährung (15 g Ballaststoffe pro 1000 Kilokalorien)
- Reduktion der Fettzufuhr auf maximal 30 Prozent der täglichen Energieaufnahme
- Begrenzung der Aufnahme von gesättigten Fettsäuren auf zehn Prozent der täglichen Kalorienzufuhr

Neben Lebensstilmodifikationen können auch bestimmte Medikamente hilfreich sein, die Primärprävention eines Typ-2-Diabetes zu unterstützen.

### Diagnose und Risikotest

Bei vielen Patienten bleibt Typ-2-Diabetes lange Zeit unerkannt, da sich die Krankheit eher schleichend entwickelt. Nicht selten fehlen sogar jegliche Symptome oder Betroffene klagen über unklare Beschwerden, die häufig auf ein fortschreitendes Alter bezogen

werden. Diese Symptome sind z.B.

- Antriebsarmut,
- Konzentrationsschwäche,
- Vergesslichkeit,
- depressive Verstimmungen,
- Müdigkeit,
- Juckreiz,
- Infektionen,
- trockene Haut,
- schlecht heilende Wunden.

Nicht selten wird Typ-2-Diabetes erst aufgrund von Folge- bzw. Begleitkrankheiten oder durch Zufall, zum Beispiel beim Gesundheits-Check beim Hausarzt festgestellt. Neben eventuellen Symptomen werden zur Diagnosestellung verschiedene Methoden zur Bestimmung des Blutzuckerspiegels genutzt (Bestimmung des HbA1c-Wertes, der Nüchternplasmaglukose oder der orale Glukose-Toleranz-Test).

Gerade der orale Glukosetoleranztest (oGTT) ermöglicht eine frühzeitige Diagnose von Typ-2-Diabetes. Mit diesem Test lässt sich eine gestörte Glukosetoleranz (Prädiabetes) bereits Jahre vor Ausbruch der Krankheit feststellen. Dabei wird der Blutzuckerspiegel nüchtern sowie zwei Stunden nach dem Trinken von 75 g Glukose – gelöst in Wasser – gemessen. Liegt der Blutglukosewert zwei Stunden nach dem Trinken der Zuckerlösung zwischen 140 mg/dl und 199 mg/dl bei gleichzeitigen Nüchtern-Plasmaglukosewerten unter 126 mg/dl, spricht man von einer gestörten Glukosetoleranz oder einem Prädiabetes. Bei Werten über 200 mg/dl liegt ein Diabetes vor.

Liegen Risikofaktoren wie Übergewicht, Diabetes bei Verwandten ersten Grades oder ein früherer Schwangerschaftsdiabetes vor, empfehlen Experten schon jüngeren Patienten und in kürzeren Abständen einen oGTT.

Das persönliche Risiko innerhalb der nächsten fünf Jahre an Typ-2-Diabetes zu erkranken, lässt sich zum Beispiel mit dem DIfE-Deutschen Diabetes-Risiko-Test (DRT) bestimmen. Der Test wurde vom Deutschen Institut für Ernährungsforschung (DIfE) besonders für Personen zwischen 24 und 74 Jahren entwickelt und zeigt neben dem persönlichen Risi-

ko auch individuelle Möglichkeiten an, das Erkrankungs-Risiko zu senken. (<http://drs.dife.de/>)

Neben dem DRT gibt zum Beispiel den international und national evaluierten FINDRISK („Finde Dein Risiko“), der in neun Sprachen und auch online oder als PDF zum Download zur Verfügung steht. (<https://www.diabetesstiftung.de/gesundheitscheck-diabetes-findrisk>)

*Siehe auch:*

*[Kapitel1 Die Zelle als Ziel für Glukose](#)*

*[Kapitel1 Die Bauchspeicheldrüse](#)*

*[Kapitel1 Blutzuckerregulation und Diabetes](#)*

*[Kapitel 3 Prävention: Ernährung und Bewegung](#)*

## Die Krankheit Typ-1-Diabetes

### Entstehung und klassische Therapie

Typ-1-Diabetes ist die häufigste Stoffwechselerkrankung im Kindesalter, grundsätzlich kann sie jedoch in jedem Lebensalter auftreten. Es handelt sich dabei um eine Autoimmunerkrankung, bei der die körpereigenen insulinproduzierenden Zellen der Bauchspeicheldrüse (Beta-Zellen) vom Immunsystem (T-Lymphozyten) angegriffen und zerstört werden. Das Immunsystem bildet verschiedene Diabetes-assoziierte Autoantikörper; diese dienen als Marker des Autoimmunprozesses. Letztendlich führt dies zur Zerstörung der Zellen, sodass die Bauchspeicheldrüse nicht mehr ausreichend Insulin herstellen kann. Hat die Zerstörung der Beta-Zellen ein bestimmtes Maß überschritten, bricht die Erkrankung aus.

Da bei Typ-1-Diabetes im Lauf der Zeit fast alle insulinproduzierenden Zellen verloren gehen, sind die Betroffenen ihr Leben lang auf eine Insulintherapie, also die externe Zufuhr des blutzuckersenkenden Hormons per Spritze, Pen oder Insulinpumpe angewiesen. So müssen Betroffene (sowohl Typ-1-Diabetiker, als auch Typ-2-Diabetiker, die Insulin benötigen) beispielsweise vor jeder Mahlzeit berechnen wie viele Kohlenhydrate enthalten sind, sodass sie vorab die entsprechende Insulinmenge spritzen können, die der Körper zur Verwertung benötigen wird. Hierfür wird die sogenannte Broteinheit (BE) herangezogen, sie ist ein Maß für den Kohlenhydratgehalt eines Lebensmittels. Eine BE entspricht zehn bis 12 Gramm Kohlenhydraten.

Schulungen und psychosoziale Betreuung sind besonders in der Zeit direkt nach der Diagnose wichtig. Im Gegensatz zu Typ-2-Diabetes spielen bei Typ-1-Diabetes Antidiabetika in Form von Tabletten keine Rolle.

### Risikofaktoren und Prävention

Warum der Körper die eigenen Zellen angreift, ist bisher nicht geklärt – vermutet wird ein Zusammenspiel aus Genen und Umwelt. Als sicher gilt, dass Typ-1-Diabetes auf Basis einer genetischen Veranlagung entsteht. Bisher sind mehr als 50 krankheitsrelevante Gene bekannt. Gibt es Verwandte mit Typ-1-Diabetes, ist dies mit einem erhöhten Erkrankungsrisi-

ko verbunden. Etwa drei bis acht Prozent der nahen Verwandten (Kinder oder Geschwister) von Typ-1-Diabetespatienten entwickeln im Laufe ihres Lebens selbst die Erkrankung. Andererseits haben aber etwa 90 Prozent der Personen mit Typ-1-Diabetes keine betroffenen Verwandten. Zahlreiche Befunde legen nahe, dass auch Umweltfaktoren eine wichtige Rolle bei der Krankheitsentstehung spielen. Diskutiert werden beispielsweise Infektionen mit bestimmten Viren oder Bestandteile der Ernährung im frühen Säuglingsalter. Daher wird zum Beispiel empfohlen, Getreide erst nach dem sechsten Lebensmonat in die Ernährung einzuführen.

Im Gegensatz zu Typ-2-Diabetes ist die Entstehung des Typ-1-Diabetes nicht vom Lebensstil abhängig und es existieren bisher keine effektiven Präventionsstrategien, die den Ausbruch der Erkrankung sicher verhindern könnten. Aktuell laufen jedoch Präventionsstudien, die das Ziel haben, z. B. durch die frühzeitige orale oder nasale Gabe von Insulinpulver den Ausbruch der Krankheit bei Risikokindern zu verhindern. Bis Ergebnisse vorliegen, wird es aber noch viele Jahre dauern.

*Siehe auch Kapitel 4 Forschung*

### Diagnose und Risikotest

Bei der Diagnose des Typ-1-Diabetes spielen die Symptome eine wichtige Rolle. Anzeichen für Typ-1-Diabetes sind unter anderem

- starkes Durstgefühl,
- häufiges Wasserlassen,
- allgemeine Abgeschlagenheit
- Gewichtsabnahme.

Diese Symptome können sich bei Typ-1-Diabetes innerhalb weniger Wochen oder sogar Tagen entwickeln. Denn durch das fehlende Insulin und die steigende Überzuckerung des Körpers kann relativ schnell und ohne Vorwarnung eine schwerwiegende Stoffwechsellage entstehen, eine sogenannte diabetische Ketoazidose. Eine akute Notfallsituation, die bis hin zur Bewusstlosigkeit führen kann.

Die Messung des Blutzuckers gehört zur Standarddiagnostik. Hierfür wird heutzutage die Glukose im venösen Plasma gemessen. Blutplasma ist der

flüssige Anteil des Blutes, ohne die Blutzellen. Der orale Glukosetoleranztest spielt bei Typ-1-Diabetes eine eher untergeordnete Rolle. Die Blutzuckeruntersuchung liefert allerdings erst sehr spät Hinweise auf geschädigte Beta-Zellen. Denn der Wert steigt an, wenn etwa 80 Prozent der Zellen zerstört sind, dies kann erst Monate bis viele Jahre nach Beginn des Autoimmunprozesses sein.

Der beste diagnostische Marker für die frühe Diagnose von Typ-1-Diabetes sind daher die bereits genannten Inselautoantikörper gegen Beta-Zell-Proteine und Insulin. Damit kann ein beginnender oder bereits bestehender Autoimmunprozess festgestellt werden. Sie können häufig schon Jahre vor dem Ausbruch der Krankheit nachgewiesen werden und Aussagen über das Risiko und die Geschwindigkeit einer Diabetesentwicklung liefern. Mittlerweile weiß man, dass fast alle Kinder, die mindestens zwei verschiedene Autoantikörper aufweisen, früher oder später an Typ-1-Diabetes erkranken. Mit Hilfe des Antikörpertests kann auch zwischen Typ-1- und Typ-2-Diabetes unterschieden werden. Das Risiko Typ-1-Diabetes zu entwickeln, kann auch mittels eines

Gentests bereits bei Säuglingen bestimmt werden. So können Kinder identifiziert werden, deren Risiko mehr als zehn Prozent beträgt, bis zum sechsten Geburtstag an Typ-1-Diabetes zu erkranken. Dieser Gentest oder ein Nachweis von Inselautoantikörpern im Blut bietet die Möglichkeit, Kinder mit einem erhöhten Risiko für die Entwicklung von Typ-1-Diabetes sehr früh zu erkennen. Basierend auf diesen Früherkennungsmöglichkeiten laufen aktuell mehrere klinische Studien. Diese haben zum Ziel, den Ausbruch der Erkrankung bei den oft sehr jungen Risikoträgern zu verhindern.

*Siehe auch:*

[Kapitel 1 Blutzuckerregulation und Diabetes](#)

[Kapitel 1 Die Bauchspeicheldrüse](#)

[Kapitel 4 Forschung zu personalisierter Therapie und Prävention](#)

### Unterschiede Typ-2- und Typ-1-Diabetes

*Wenn zu viel Zucker im Blut ist – Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Diabetes mellitus Typ I und II (Ursachen, Diagnose und Maßnahmen zu Intervention und Prävention)*

	Typ-2-Diabetes	Typ-1-Diabetes
<b>Allgemeines</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 90 bis 95 Prozent aller Menschen mit Diabetes</li> <li>• Entstehung meist im Erwachsenenalter</li> <li>• eher übergewichtig</li> <li>• Symptome kommen schleichend, oft auch erst keine Beschwerden</li> <li>• durch Lebensstiländerungen z. T. reversibel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 bis 10 Prozent aller Menschen mit Diabetes</li> <li>• Entstehung im Kindes- bis Erwachsenenalter</li> <li>• eher normalgewichtig</li> <li>• Symptome können schnell und plötzlich auftreten</li> <li>• bislang nicht heilbar</li> </ul>
<b>Auslöser</b>	In der Regel lebensstilabhängig (Übergewicht, Bewegungsmangel, ungesunde Ernährung) auf der Basis von erblichen Faktoren	Autoimmunerkrankung (mögliche Ursachen: genetische Veranlagung, Umweltfaktoren)
<b>Krankheitsmechanismen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insulinresistenz (Insulin kann nicht mehr an seinen Rezeptor binden)</li> <li>• Die Glukose bleibt im Blut, der Blutzuckerspiegel ist erhöht.</li> <li>• Bauchspeicheldrüse bildet aber weiterhin Insulin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenes Immunsystem zerstört die insulinproduzierenden Zellen der Bauchspeicheldrüse, sodass kein Insulin mehr produziert wird.</li> <li>• Die Glukose bleibt im Blut, der Blutzuckerspiegel ist erhöht.</li> </ul>
<b>Diagnose</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risikokonstellation</li> <li>• Symptome</li> <li>• Blutzuckermessung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Test auf Inselautoantikörper</li> <li>• Symptome</li> <li>• Blutzuckermessung</li> </ul>
<b>Therapie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umstellung des Lebensstils (gesunde Ernährung, mehr Bewegung, Gewichtsreduktion)</li> <li>• orale Antidiabetika</li> <li>• Insulin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insulin</li> </ul>

## Verhalten im Notfall

*Informationen über Typ-1- und Typ-2-Diabetes: Geeignete Handlungen im Notfall und im persönlichen Leben*

Wenn es nicht mehr gelingt den Blutzuckerspiegel im Normalbereich zu halten, kann es bei Diabetes mellitus zu akuten Komplikationen wie einer Unterzuckerung (Hypoglykämie) oder einer Überzuckerung (Hyperglykämie) kommen. Beide Fälle stellen akute Notfälle dar, die lebensbedrohlich sein können und müssen daher schnellstmöglich behandelt werden. Unter der gebührenfreien Notrufnummer 112 sind Polizei, Feuerwehr und Notarzt in jedem EU-Mitgliedsstaat von allen Festnetz- und Mobiltelefonen erreichbar.

Gerade wenn es Mitschüler gibt, die an Typ-1-Diabetes erkrankt sind, kann es für die Klassengemeinschaft sinnvoll sein zu wissen, wie die Situationen erkannt werden können und was im Notfall zu tun ist.

### Hypoglykämie (Unterzucker):

Der Blutzuckerspiegel sinkt stark ab (unter 54 mg/dl).

**Ursachen** sind z. B.

- zu hohe Dosis an Insulin oder blutzuckersenkenden Medikamenten,
- unzureichende Nahrungsaufnahme (z. B. vergessene Mahlzeiten) bei gleicher Insulin oder Tabletten-dosis oder
- ungewohnt hohe körperliche Belastung (z. B. Sport) bei gleicher Insulin oder Tabletten-dosis.

Ein erhöhtes Risiko für eine Unterzuckerung besteht auch nach Alkoholkonsum. Dieser kann mit mehrstündiger Verzögerung den Blutzucker-Spiegel senken.

Mögliche **Symptome** einer Unterzuckerung:

Schwitzen, Zittern, Herzklopfen, Hunger- und Angstgefühle, Konzentrations- und Sehstörungen, Schwindel und Störungen der Feinmotorik. Wird eine Unterzuckerung nicht rechtzeitig behandelt, kann sie zu Koma, Krämpfen und sogar zum Tod führen.

### Im Notfall: Was tun bei Unterzucker?

Ist die betroffene Person bei Bewusstsein, sollte sie selbst - oder mit Unterstützung durch anwesende Personen - Kohlenhydrate einnehmen, die möglichst

schnell ins Blut gehen. Also bevorzugt Glukose z. B. in Form von Traubenzucker, Limonaden oder Fruchtsaft, Gummibärchen etc. Im Anschluss sollte der Blutzuckerspiegel engmaschig überwacht werden. Steigt der Wert nicht an, sollte erneut Glukose eingenommen werden.

Bei Bewusstlosigkeit muss sofort ein Notarzt (112) verständigt werden. Zuckerhaltige Nahrung darf nicht gegeben werden, da diese in die Luftröhre gelangen kann! Falls vorhanden können anwesende Personen eine Glukagon-Spritze verabreichen. Diese wird unter die Haut oder in den Muskel injiziert. Die Anleitung im Deckel und im Beipackzettel des Notfallsets zeigt, wie die Spritze eingesetzt wird.

Glukagon wirkt als Gegenspieler von Insulin und bewirkt, dass die Leber Glukose aus ihren Glukosespeichern freigibt. Dadurch steigt der Blutzucker innerhalb von einigen Minuten an. Sofern ein Arzt vor Ort ist, wird dieser eine Glukoselösung direkt intravenös verabreichen.

### Hyperglykämie (Überzucker):

Starker Anstieg des Blutzuckerspiegels (über 250 mg/dl). Dies kann bis hin zu einer sogenannten diabetischen Ketoazidose führen – eine der schwersten Diabetes-Komplikationen – die auch bei noch unerkanntem Typ-1-Diabetes auftreten kann. Ohne rechtzeitige Behandlung, droht der Übergang in ein diabetisches Koma (schwere Stoffwechsellentgleisung mit tiefer Bewusstlosigkeit).

**Ursachen** sind meist

- zu geringe (oder vergessene) Insulin-Zufuhr
  - technische Probleme bei der Insulinpumpen-Therapie
  - Infektionen wie fieberhafte Infekte (bes. Lungenentzündungen, Harnwegsinfekte und Abszesse)
- Denn trotz geringem Appetit und reduzierter Nahrungsaufnahme erhöhen fieberhafte Infekte den Insulinbedarf, sodass die normale Dosierung zu niedrig sein kann.

In allen Fällen fehlt dem Körper Insulin, wodurch die Glukose nicht in die Zellen gelangt. Um den Energiemangel auszugleichen, produziert die Leber neue Glukose, was die Überzuckerung weiter verstärkt.

Andererseits wird der Fettstoffwechsel negativ beeinflusst, wodurch vermehrt Substanzen (Ketone) gebildet werden, die den pH-Wert des Blutes senken, was letztlich zur Übersäuerung des Blutes führt.

Die **Symptome** der diabetischen Ketoazidose sind eine Folge der Reaktionen des Körpers auf Hyperglykämie und Übersäuerung. Warnzeichen einer beginnenden Ketoazidose sind:

- verstärktes Wasserlassen
- verstärkter Durst
- Übelkeit und Erbrechen
- Appetitlosigkeit
- Bauchschmerzen
- Acetongeruch in der Atemluft (Geruch nach Nagellackentferner oder überreifem Obst)
- vertiefte Atmung
- starke Müdigkeit oder Schläfrigkeit
- Muskelschwäche
- Gewichtsverlust

#### **Im Notfall: Was tun bei Überzucker?**

Um einer diabetischen Ketoazidose vorzubeugen sollten Betroffene während eines Infektes engmaschig ihren Blutzucker kontrollieren und mittels Teststreifen den Ketongehalt im Urin ermitteln. So kann bei Bedarf rechtzeitig die Insulindosis erhöht werden.

Fällt der Ketontest positiv aus und liegen die Blutzuckerwerte anhaltend über 250 mg/dl, soll umgehend ärztliche Hilfe gesucht werden. Nur Medizinerinnen und Mediziner können entscheiden, ob eine sofortige stationäre Aufnahme erforderlich oder der Versuch einer ambulanten Behandlung vertretbar ist.

*Siehe auch: Kapitel 4 Moderne Möglichkeiten der Früherkennung und Therapie*

## **Folgekrankheiten von Diabetes: Langfristige Auswirkungen des erhöhten Blutzuckerspiegels**

*Was passiert, wenn die Blutzuckerregulation nicht mehr richtig funktioniert? T1D, T2D*

Durch den erhöhten Blutzucker kann es bei Diabetes mellitus zu vielen verschiedenen Folgekrankheiten

kommen. Ursache sind vor allem Gefäßkrankheiten, da ein erhöhter Blutzucker die kleinen und großen Arterien schädigen kann. Menschen mit Diabetes entwickeln schneller Ablagerungen und Veränderungen in den Blutgefäßen wodurch Durchblutungsstörungen gefördert werden. Besonders die ersten zehn Jahre der Diabeteserkrankung und die Einstellung des Blutzuckers bestimmen das Risiko für Folgeerkrankungen. Daher ist es wichtig, veränderte Blutzuckerwerte rechtzeitig zu erkennen und optimal zu behandeln.

Unter den diabetesbedingten Gefäßkrankheiten unterscheidet man zwischen der Makroangiopathie als Erkrankung der großen Arterien im Gehirn, am Herzen (Herzkranzarterien) und an den Beinen und der Mikroangiopathie, die kleine Blutgefäße betrifft und Schäden an Nieren (Nephropathie), den Netzhäuten der Augen (Retinopathie) und den Nerven (Neuropathie) zur Folge haben kann.

**Folgekrankheiten** eines Diabetes sind unter anderem:

- Netzhautschäden (bis hin zur Erblindung)
- Nierenschäden
- Herzinfarkt
- Schlaganfall
- Nervenschäden, die Beschwerden in allen inneren Organen hervorrufen können
- Diabetisches Fußsyndrom (chronische Wunden und Wundbrand bis hin zur Amputation)
- Sexualstörungen
- Parodontose

Vor allem eine gute Stoffwechseleinstellung trägt dazu bei, diese Folgekrankheiten eines Diabetes zu vermeiden. Zudem sollten Betroffene regelmäßig Vorsorgeuntersuchungen wahrnehmen, z. B. beim Augen- oder Zahnarzt.



## 3. Prävention: Ernährung und Bewegung

### Hintergrundinformationen

*Ernährungs- und Bewegungsverhalten; Verantwortung gegenüber dem eigenen Körper; gesundheitsfördernde Handlungsstrategien; Zusammenhang von Übergewicht und Diabetes mellitus Typ 2: Ernährungs- und Bewegungsverhalten; Ernährungspyramide; Sich gesundheitsbewusst ernähren; Diabetes als Zivilisationskrankheiten; Ernährungsbedingte Erkrankungen; Einfluss von Bewegung auf das Diabetesrisiko*

Durch die stetig steigenden Zahlen an Typ-2-Diabetes-Erkrankungen entwickelt sich die Erkrankung mehr und mehr zur chronischen Volkskrankheit und damit gleichermaßen zu einer gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Herausforderung. Denn Typ-2-Diabetes und seine Folgeerkrankungen beeinträchtigen nicht nur die Gesundheit der Bevölkerung sondern verursachen auch hohe Kosten für das gesamte Gesundheitswesen. Wirksame Präventionsstrategien sind daher dringend erforderlich.

Im Folgenden soll näher auf Möglichkeiten eingegangen werden, wie man einer Typ-2-Diabetes-Erkrankung zuvorkommen kann. Schülerinnen und Schüler (SuS) sollen lernen, dass dies bereits durch relativ einfache Ernährungs- und Bewegungsmaßnahmen möglich ist. Denn Typ-2-Diabetes entwickelt sich – neben einer möglichen genetischen Veranlagung – besonders durch Risikofaktoren wie Übergewicht, Bewegungsmangel, Fehlernährung, Rauchen und Alkoholkonsum. Ein gesundheitsbewusstes Ernährungs- und Bewegungsverhalten kann zudem nicht nur Diabetes, sondern auch anderen nichtübertrag-

baren Krankheiten, wie zum Beispiel Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Adipositas oder Krebs vorbeugen. Ziel soll es sein, den SuS zu vermitteln, welche Verantwortung sie gegenüber ihrem eigenen Körper tragen und wie gesundheitsfördernde Handlungsstrategien für den Alltag aussehen können.

#### Inhalt „Prävention: Ernährung und Bewegung“:

##### Ernährung

- Wie beeinflusst die Ernährung das Diabetes-Risiko?
- Ernährung: Offizielle Empfehlungen
- Linktipps

##### Bewegung

- Bewegung und Diabetes
- Bewegung: Offizielle Empfehlungen
- Bewegung im Alltag

### Ernährung

Eine bewusste, ausgewogene Ernährung ist zentraler Bestandteil um Übergewicht bzw. Adipositas und damit auch Typ-2-Diabetes und seinen Folgeerkrankungen vorzubeugen. Auch für Menschen, die bereits an Typ-2-Diabetes erkrankt sind, gehört die Ernährungstherapie zu den Hauptbehandlungsmaßnahmen.

## Wie beeinflusst die Ernährung das Diabetes-Risiko?

Wissenschaftliche Erkenntnisse deuten darauf hin, dass bestimmte Ernährungsgewohnheiten die Entwicklung von Typ-2-Diabetes begünstigen. So ist das Risiko für Typ-2-Diabetes bei Menschen mit hohem Fleischkonsum (insbesondere rotes Fleisch) deutlich größer. Vermutet wird, dass ein Überangebot an Eisen, wie auch an Nitrosaminen, die aus Nitrit entstehen, eine Schädigung der insulinproduzierenden Beta-Zellen begünstigt und damit die Insulinfreisetzung beeinträchtigt.

Weitere Studien deuten darauf hin, dass sich sowohl die Gesamtfett- und Kohlenhydrataufnahme als auch die Fettqualität auf das Diabetesrisiko auswirken:

- Demnach sind mehrfach ungesättigte Fettsäuren, wie sie beispielsweise in pflanzlichen Ölen wie Raps- und Sojaöl enthalten sind, gesünder als gesättigte Fettsäuren.
- Alkohol ist sehr energiereich und trägt sowohl zu Übergewicht als auch zur Ausbildung einer Fettleber bei. Diese befördert wiederum eine Insulinresistenz.
- Als gesichert gilt, dass eine hohe Ballaststoffaufnahme etwa aus Getreideprodukten, Obst und Gemüse vor Diabetes schützen kann.
- Starke Kaffeetrinker (4 Tassen täglich) erkranken statistisch gesehen seltener an Typ-2-Diabetes.

Eine diabetesgerechte Ernährung entspricht daher weitestgehend einer ausgewogenen vollwertigen Mischkost, wie sie von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) empfohlen wird. Diese liefert ausreichend, aber nicht zu viel Energie (Kalorien) und alle lebensnotwendigen Nährstoffe wie Vitamine, Mineralstoffe, Proteine, Fette, Kohlenhydrate, Ballaststoffe, sowie sekundäre Pflanzenstoffe.

## Ernährung: Offizielle Empfehlungen

Auf Grundlage aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse hat die Deutsche Gesellschaft für Ernährung Ernährungsempfehlungen erarbeitet, die offiziell für Deutschland gelten. Wie sich die Empfehlungen im Alltag praktisch umsetzen lassen, zeigen zum Beispiel die „10 Regeln der DGE“:

<https://www.dge.de/ernaehrungspraxis/vollwertige-ernaehrung/10-regeln-der-dge/>

<https://www.dge.de/fileadmin/public/doc/fm/10-Regeln-der-DGE.pdf>

1. **Lebensmittelvielfalt genießen**
2. **Gemüse und Obst – nimm „5 am Tag“**
3. **Vollkorn wählen**
4. **mit tierischen Lebensmitteln die Auswahl ergänzen**
5. **gesundheitsfördernde Fette nutzen**
6. **Zucker und Salz einsparen**
7. **am besten Wasser trinken**
8. **schonend zubereiten**
9. **achtsam essen und genießen**
10. **auf das Gewicht achten und in Bewegung bleiben**

Die detaillierten Empfehlungen führender deutscher Fachgesellschaften zur Prävention und Therapie des Diabetes lauten wie folgt:

### Kohlenhydrate, Ballaststoffe und Zucker:

**Kohlenhydrate (KH)** sind wichtige Energielieferanten für unseren Körper. Die tägliche Aufnahme sollte zwischen 45 und 60 Prozent der Gesamtenergie liegen. Auch die Art der KH ist von Bedeutung. Man unterscheidet zwischen Kohlenhydraten, die schnell ins Blut gehen (z. B. Weißmehlprodukte) und solche, die langsam aufgenommen werden. Zu letzteren gehören unter anderem ballaststoffreiche Lebensmittel (z. B. Vollkornprodukte).

Die Aufnahme von freiem Zucker – Einfach- oder Zweifachzucker wie Haushaltszucker (Saccharose) oder Glukose - sollten 10 Prozent der Tagesenergie (maximal 50 g pro Tag) nicht überschreiten.

Vorsicht: Unter „freie Zucker“ fallen auch Zucker, die verarbeiteten Lebensmitteln zugesetzt sind, wie beispielsweise Fruchtojoghurts, Fertiggerichte oder Fertigsoßen. 100 Gramm Ketchup enthalten z. B. durchschnittlich etwa 22 Gramm Zucker, also ca. sieben Würfelzucker à drei Gramm. Auch Fruchtsäfte enthalten viel freien Zucker und sind daher nicht als Durstlöcher geeignet.

Bei der Beurteilung von Kohlenhydraten spielt auch der **Glykämische Index (GI)** eine Rolle. Der GI, ausge-



drückt in Prozent, teilt kohlenhydrathaltige Nahrungsmittel nach ihrer Wirkung auf den Blutzuckerspiegel ein und ist ein Maß dafür, wie schnell und stark der Blutzucker – und damit auch die Insulinausschüttung – nach dem Verzehr des Lebensmittels ansteigt.

- Lebensmittel mit hohem glykämischen Index (GI 70 bis 100, z. B. Weißbrot, Cornflakes, Pommes frites) lassen den Blutzuckerspiegel rasch und hoch ansteigen, die Insulinantwort verläuft entsprechend. Durch einen hohen GI fällt die Blutzuckerkonzentration aber auch schnell wieder ab. Insgesamt kann dies Heißhungerattacken und Fettspeicherung fördern.
- Lebensmittel mit einem niedrigen Glykämischen Index (GI < 55, z. B. Hülsenfrüchte, Gemüse, Vollkornprodukte) halten länger vor, werden also langsamer verstoffwechselt, wodurch der Blutzuckerspiegel langsamer ansteigt.
- Als Referenzwert für den GI gilt der Blutzuckerspiegel nach Aufnahme von 50 g Glukose in Form von Traubenzucker, dieser wird gleich 100 Prozent gesetzt.

**Ballaststoffe** – also Pflanzenfasern – können vom Menschen nicht oder nur bedingt verdaut werden. Trotzdem haben sie wichtige Wirkungen auf den Stoffwechsel:

- sie bewirken ein lang anhaltendes Sättigungsgefühl,
- regen die Verdauung an,
- senken die Cholesterinwerte im Blut,
- wirken sich positiv auf die Blutzuckerwerte aus und beeinflussen eine Insulinresistenz günstig.

Zudem können Ballaststoffe, besonders aus Vollkornprodukten, das Risiko für weitere ernährungsmitbedingte Krankheiten wie Fettstoffwechselstörungen, Dickdarmkrebs oder Herz-Kreislauf-Erkrankungen senken. Die Ballaststoffaufnahme sollte idealerweise mindestens 30 g pro Tag (oder 15 g pro 1.000 kcal/Tag) betragen. Wichtige Quellen sind vor allem Vollkornprodukte aber auch Gemüse, Obst, Hülsenfrüchte, Nüsse oder Samen.

### „5 am Tag“

In ihren 10 Regeln empfiehlt die DGE täglich mindestens 5 Portionen Gemüse und Obst zu essen (drei Portionen Gemüse und zwei Portionen Obst). Das

entspricht rund 400 g Gemüse und etwa 250 g Obst täglich. Als Maß für eine Portion eignet sich auch die eigene Hand, so ergeben sich Mengen, die auf Alter und Körpergröße abgestimmt sind.

### Fette:

Die Gesamtaufnahme von **Fett** sollte nicht über 35 Prozent der täglichen Energiezufuhr liegen. Doch Fett ist nicht gleich Fett. So unterscheidet man zum Beispiel gesättigte, einfach und mehrfach ungesättigte Fettsäuren. Als „gesundheitsfördernde Fette“ empfiehlt die DGE bevorzugt pflanzliche Öle (z. B. Rapsöl) oder Fette aus Nüssen bzw. fettem Fisch. Denn diese Lebensmittel enthalten viele ungesättigte Fettsäuren, die die Gesundheit positiv beeinflussen. Zudem sind einige davon lebensnotwendig, da unser Körper sie nicht selbst herstellen kann (sog. essentielle ungesättigte Fettsäuren). Gesättigte Fettsäuren, die vor allem in tierischen Produkten wie Fleisch oder Wurst vorkommen und trans-ungesättigte Fettsäuren (z. B. in Fertiggerichten, Süßwaren oder Gebäck) sollen eher gemieden und zusammen unter zehn Prozent der Energieaufnahme liegen.

Vorsicht auch vor „versteckten Fetten“, die in verarbeiteten Lebensmitteln, wie zum Beispiel Wurst, Gebäck, Fast-Food oder Fertigprodukten stecken.

### Proteine:

Generell können für eine vollwertige Ernährung täglich zehn bis 20 Prozent der Gesamtenergie in Form von **Proteinen (Eiweißen)** aufgenommen werden. Liegt eine Nierenerkrankung vor, z. B. bei Diabetespatienten, wird empfohlen die Proteinaufnahme auf 0,8 g pro kg Normalgewicht pro Tag zu beschränken.

### Salz:

**Kochsalz** sollte moderat eingesetzt werden (maximal sechs Gramm pro Tag).

### Flüssigkeit:

Die DGE empfiehlt täglich etwa 1,5 Liter **Flüssigkeit** zu trinken. Idealerweise Wasser oder ungesüßte Getränke wie z. B. Tee. Saftschorlen sollten aus drei Teilen Wasser und einem Teil Saft bestehen, um als Durstlöcher in Frage zu kommen. Denn pure Säfte enthalten, wie auch Limonaden oder Eistee, sehr viel Zucker und sind daher ungeeignet. Auch Alkohol enthält viele Kalorien. Zudem wirkt sich gerade der

regelmäßige Konsum negativ auf die Gesundheit aus, erhöht das Risiko für verschiedene Krebserkrankungen, kann Lebererkrankungen fördern, süchtig machen und Bauchspeicheldrüse und Herzmuskel schädigen.

Maximal sollte das Tageslimit für Alkohol für gesunde Frauen bei zehn Gramm und für gesunde Männer bei 20 Gramm liegen, wobei 20 Gramm Alkohol ungefähr einer Flasche Bier (0,5 l) bzw. einem Glas Wein (0,2 l) entsprechen. Trotz allem sollte Alkohol nicht regelmäßig konsumiert werden!

### **Kurz zusammengefasst:**

Für eine gesunde Ernährung wird folgende Zusammensetzung empfohlen:

- 45 bis 60 Prozent Kohlenhydrate, (v.a. aus ballaststoffreichen Lebensmitteln)
- 30 bis 35 Prozent Fett, (v.a. Pflanzliche Öle und Fette mit einfach-ungesättigten Fettsäuren)
- 10 bis 20 Prozent Eiweiß,
- 40 g Ballaststoffe und
- maximal 6 g Salz täglich.

Wie eine abwechslungsreiche und ausgewogene Ernährung gelingen kann, zeigt auch der „DGE-Ernährungskreis“. Hier finden sich auch beispielhafte Orientierungswerte, wie viel man von welchen Nahrungsmitteln täglich zu sich nehmen sollte: <https://www.dge.de/ernaehrungspraxis/vollwertige-ernaehrung/ernaehrungskreis/>

### **Weitere Linktipps**

Bundeszentrum für Ernährung: Die Ernährungspyramide im Unterricht: <https://www.bzfe.de/inhalt/die-pyramide-im-unterricht-933.html>

IN FORM - Deutschlands Initiative für gesunde Ernährung und mehr Bewegung: Ernährung von Kindern und Jugendlichen <https://www.schuleplusessen.de/fachinformationen/ernaehrung-von-kindern-und-jugendlichen/allgemeines/>

KIGGS – Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland <https://www.kiggs-studie.de/deutsch/home.html>

WHO: A healthy lifestyle <http://www.euro.who.int/>

[en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle](#)

## **Bewegung**

Regelmäßige körperliche Aktivität wirkt sich in vielerlei Hinsicht positiv auf den Körper aus:

- verbessert den Blutzucker
- senkt den Blutdruck
- senkt den Cholesterinspiegel
- unterstützt die Gewichtsabnahme und vor allem die Gewichtsstabilisierung
- fördert den Aufbau von Muskelgewebe und Abbau von Fettgewebe
- stärkt das Immunsystem und macht weniger anfällig für Infektionen
- verbessert den Schlaf
- schützt vor Schlaganfällen und Herzinfarkten
- wirkt sich positiv auf die Knochendichte aus und beugt Osteoporose vor
- steigert das persönliche Wohlbefinden
- legt den Grundstein für einen aktiven Lebensstil auch im Alter
- schafft Möglichkeiten sozialer Kontakte.

Neben einem allgemein besseren Gesundheitszustand beugen Bewegung und Sport außerdem auch einer Vielzahl von Krankheiten vor, darunter Adipositas, Typ-2-Diabetes, Depression, verschiedenen Krebsarten und auch Herz-Kreislaufkrankungen.

### **Bewegung und Diabetes**

Für Menschen mit Prädiabetes oder Typ-2-Diabetes, ist körperliches Training ein wichtiger Teil der Therapie. Denn Sport wirkt zum Beispiel der Insulinresistenz entgegen. In Folge steigt die Glukoseaufnahme der Zellen, und die erhöhten Blutzuckerwerte sinken. Auch Menschen mit Typ-1-Diabetes profitieren von Sport, da es das Herz-Kreislauf-System stärkt und damit verbundenen Erkrankungen vorbeugt, für die Menschen mit Diabetes ein erhöhtes Risiko tragen. Generell können Menschen mit Typ-1-Diabetes ebenso wie Menschen mit Typ-2-Diabetes alle Sportarten ausüben, wenn sie ihre Blutzuckerwerte entspre-

chend überwachen. Auch Schulsport ist möglich, sofern die Lehrer informiert sind und die Schüler während des Sports im Auge behalten. Betroffene sollten aber vor Beginn des Sportprogramms unbedingt mit ihrem Arzt oder ihrer Ärztin über ihre Sporttauglichkeit sprechen.

### **Bewegung: Offizielle Empfehlungen**

Die Weltgesundheitsorganisation WHO empfiehlt, dass sich gesunde Kinder und Jugendliche zwischen fünf und 17 Jahren täglich mindestens 60 Minuten bei mittlerer (z. B. zu Fuß gehen) bis starker Anstrengung (z. B. gezieltes Sporttreiben) bewegen sollten. Die Nationalen Empfehlungen für Bewegung und Bewegungsförderung des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG) gehen sogar noch einen Schritt weiter. Für Kinder und Jugendliche zwischen sechs bis 18 Jahren wird eine tägliche Bewegungszeit von mindestens 90 Minuten in mittlerer bis hoher Intensität empfohlen. 60 Minuten davon können laut den BMG-Experten durch Alltagsaktivitäten, wie z. B. mindestens 12.000 Schritte pro Tag, absolviert werden. Für Erwachsene spricht sich das BMG für mindestens 150 Minuten Bewegung pro Woche bei mittlerer Intensität, oder 75 Minuten unter starker Anstrengung aus.

Beunruhigend sind hierzu Ergebnisse der KIGGS-Studie des Robert Koch-Instituts zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland: Sie zeigen, dass in der Gruppe der 3- bis 17-Jährigen gerade einmal 27,5 Prozent die von der WHO empfohlenen 60 Minuten Bewegung pro Tag erreichen.

Ein zunehmendes Problem ist auch, dass Menschen immer mehr Zeit im Sitzen verbringen. Zum Beispiel durch Freizeitaktivitäten wie Fernsehen, Spielen von Videospielen oder die Nutzung von Smartphone und Tablet. Generell empfiehlt das BMG die Nutzung von Medien am Bildschirm so gering wie möglich zu halten. Bei Grundschulkindern sollten es maximal 60 Minuten pro Tag sein, bei Jugendlichen 120 Minuten pro Tag.

### **Bewegung im Alltag**

Besonders wirkungsvoll ist natürlich gezieltes Training wie Laufen, Schwimmen, Fußballspielen, Fitness-training etc., im Verein oder auch alleine. Daneben gibt es aber auch eine Reihe von Möglichkeiten wie

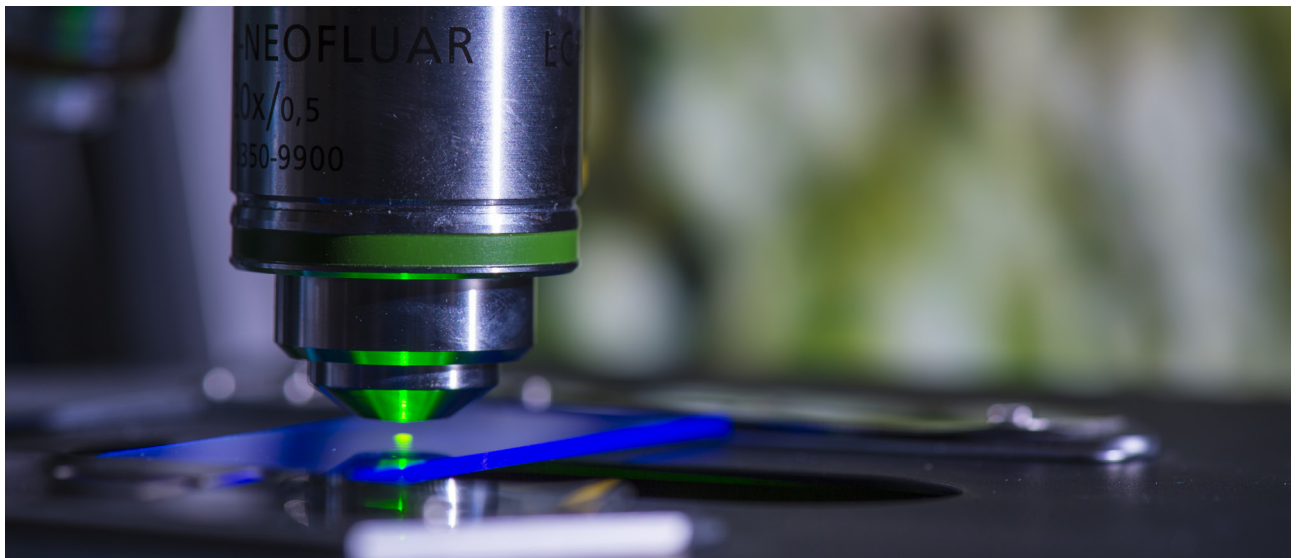
man sich im Alltag mehr bewegen kann:

- für kleine Besorgungen und kürzere Strecken öfter mal das Fahrrad nehmen oder flott zu Fuß gehen.
- in öffentlichen Verkehrsmitteln einfach mal eine Haltestelle früher aussteigen und den Rest der Strecke zu Fuß zurückzulegen.
- statt Aufzug oder Rolltreppe, die herkömmliche Treppe nehmen.
- auch Hausarbeit bietet genügend Gelegenheit für körperliche Aktivität. Staub saugen, Fenster putzen, Rasen mähen...
- regelmäßig Spaziergänge oder Familienausflüge

Eine gute Möglichkeit, mehr Bewegung in den Alltag zu bringen, kann auch ein Schrittzähler sein, der die Aktivität aufzeichnet. Er motiviert dazu, deutlich mehr Schritte zurückzulegen.

Studien zur Bewegung bei Kindern und Jugendlichen zeigen, dass sowohl individuelle als auch umweltbezogene Faktoren Einfluss auf die körperliche Aktivität haben. So wirken sich jüngeres Alter, männliches Geschlecht und ein hoher sozioökonomischer Status positiv auf das Sporttreiben im Kindes- und Jugendalter aus. Außerdem treiben Kinder und Jugendliche statistisch häufiger Sport, wenn sich ein gut erreichbarer Sportplatz in Wohnortsnähe befindet oder wenn auch ihre Eltern sportlich aktiv sind.

Grundsätzlich gilt: Jeder Schritt zählt – möglichst viele Wege sollten zu Fuß zurückgelegt werden.



## 4. Diabetesforschung: Moderne Möglichkeiten der Früherkennung, Prävention und Therapie

### Hintergrundinformationen

*Lehrpläne: Funktion von Stammzellen und ihre Bedeutung für die medizinische Forschung;*

Nur wenn es Forscherinnen und Forschern gelingt, genau zu entschlüsseln, welche Mechanismen und Risikofaktoren zur Entstehung von Typ-1- und Typ-2-Diabetes beitragen, wird man in Zukunft erfolgreiche Strategien zur Vorbeugung und – so ist zu hoffen – auch zur Heilung entwickeln können.

Weltweit arbeiten Wissenschaftsteams an möglichen Präventionsmöglichkeiten und therapeutischen Konzepten um Diabetes zu bekämpfen.

In diesem Kapitel sollen einige ausgewählte Forschungsprojekte vorgestellt werden. Schülerinnen und Schülern sollen so verschiedene Ansätze wie z. B. der Einsatz von Stammzellen oder große Bevölkerungsstudien und ihre Bedeutung für die medizinische Forschung, näher gebracht werden.

#### Inhalt „Diabetesforschung: Moderne Möglichkeiten der Früherkennung, Prävention und Therapie“

##### Verlorene Beta-Zellen ersetzen

- Moderne/alternative Therapieansätze
- Forschung: Regenerative Therapieansätze

##### Personalisierte Therapieansätze entwickeln

- Epidemiologie: Ursachen und Risikofaktoren erkennen
- Genetik
- Neue Wirkstoffe

##### Forschungsansätze zur Früherkennung und Prävention

##### Verlorene Beta-Zellen ersetzen

Sowohl bei Typ-1-Diabetes als auch beim fortgeschrittenen Typ-2-Diabetes verlieren insulinproduzierende Beta-Zellen ihre Funktion oder gehen komplett zugrunde, wodurch kein oder nicht mehr ausreichend Insulin produziert wird. Medikamente stehen zwar zur Verfügung, können aber Blutzuckerschwankungen und damit auch Folgeerkrankungen nicht immer verhindern. Ein wesentliches Ziel der Diabetesforschung ist es deshalb, verlorengegangene Beta-Zellen zu ersetzen bzw. die vorhandenen Zellen und ihre Funktion zu erhalten.

##### Moderne/alternative Therapieansätze

In der Therapie des Typ-1-Diabetes gibt es bereits einige moderne Behandlungsansätze, um zerstörte Beta-Zellen zu ersetzen. Bei Patienten, die mit der

herkömmlichen Insulintherapie keine ausreichende Stoffwechselkontrolle erreichen, können diese im Einzelfall auch schon eingesetzt werden. Zwei Methoden stehen zur Verfügung:

- eine Organtransplantation der kompletten Bauchspeicheldrüse eines Spenders
- oder eine sogenannte Inselzelltransplantation.

Ziel beider Methoden ist es, den Blutzucker durch eine wiederhergestellte körpereigene Insulinausschüttung zu stabilisieren, so Notfallsituationen und Diabetes-bedingte Spätfolgen zu vermeiden und damit auch die Lebensqualität der Betroffenen zu verbessern. Um Abstoßungsreaktionen zu vermeiden, müssen Betroffene sowohl nach der Organ- als auch nach einer Inselzelltransplantation lebenslanglich Medikamente einnehmen, die die normale Funktion des Immunsystems unterdrücken. Eine sorgfältige Nutzen-Risiko-Abwägung ist daher entscheidend.

Die Transplantation der kompletten Bauchspeicheldrüse ist ein relativ großer chirurgischer Eingriff, der wie alle Operationen gewisse Risiken mit sich bringt. Im Gegensatz dazu ist die Inselzelltransplantation ein wenig invasives Verfahren. Bei dieser Methode werden zunächst die Langerhans'schen Inseln aus einer Spender-Bauchspeicheldrüse gewonnen. Also die Zellbereiche, in denen die insulinproduzierenden Beta-Zellen sitzen. Das Gewebe wird im Labor aufbereitet und entweder durch eine gezielte Leberpunktion oder über einen minimalen Bauchschnitt (Mini-Laparotomie) in die Pfortader der Leber eingebracht. Dort siedeln sie sich als eine Art Mini-Organ an und beginnen mit der Insulinproduktion.

Die einmalige Transplantation von Inselzellen reicht allerdings meist nicht aus, um so viel Insulin herzustellen, dass die Patienten das Hormon nicht mehr zuspritzen müssen. Daher wird die Methode häufig stufenweise durchgeführt, mit bis zu drei Präparationen von Inseln mehrerer Spender. In Ländern wie Deutschland sind Spenderorgane allerdings Mangelware, sodass eine Mehrfach-Transplantation nicht umgesetzt werden kann. Anstelle einer kompletten Insulinunabhängigkeit, sind daher die Therapieziele bei uns von vorne herein eher die Stabilisierung des Blutzuckerspiegels durch eine einigermaßen ausreichende Insulinproduktion und die Vermeidung von Unterzuckerungen (Hypoglykämien).

### „Bio-Reaktor“ – Die künstliche Bauchspeicheldrüse

Ein relativ neuer Forschungsansatz, der langfristig eine dritte Option neben Inselzell- und Bauchspeicheldrüsentransplantation werden könnte, sind sogenannte „Bio-Reaktoren“, eine Art künstliche Bauchspeicheldrüse. Neben zahlreichen Arbeitsgruppen weltweit, arbeitet in Deutschland ein Forscherteam der Universität Dresden an diesem System.

Grundlage bildet eine Kapsel aus Kunststoff, die nach außen hin von einer speziellen Teflonmembran abgeschirmt ist und in die insulinproduzierende Inselzellen eingebracht werden können. Die Membran ermöglicht den Einstrom von körpereigenen Nährstoffen und in die Gegenrichtung den Ausstrom des gebildeten Insulins. Sie verhindert aber, dass Zellen des Immunsystems die körperfremden Inselzellen erreichen, attackieren und zerstören. Um die Inselzellen optimal mit Sauerstoff zu versorgen, enthält der Bioreaktor einen zentralen Sauerstofftank, der von außen über einen Port befüllt werden kann. Die momentane Version des Bioreaktors ist eine knapp sechs Zentimeter lange flache Dose, die direkt unter die Bauchdecke eingesetzt wird.

Dass die transplantierten Zellen in diesem System vom Immunsystem abgeschirmt sind, bietet gleich mehrere Vorteile: So würde zum einen die lebenslange Einnahme von Medikamenten gegen Abstoßungsreaktionen entfallen. Zum anderen könnten sogar tierische Beta-Zellen in den Bioreaktor eingebracht werden (Xenotransplantation). Diabetespatienten erhielten bereits vor 90 Jahren von Schweinen und Rindern gewonnenes Insulin. Auf diese Weise könnte man auch das Problem der fehlenden Spenderorgane umgehen. In ersten Studien am Tiermodell wurden bereits Bio-Reaktoren mit Schweine-Inselzellen getestet. Sowohl die Sicherheit als auch die Wirksamkeit des Systems wurden sehr positiv bewertet. Bevor aus diesem Konzept jedoch eine tatsächliche Therapieoption wird, sind noch viele Fragen in weiteren Studien zu klären.

### Forschung: Regenerative Therapieansätze

Neben der Transplantation insulinproduzierender Zellen von menschlichen Spendern oder aus tierischem Gewebe, könnten auch Stammzellen als Quelle für Transplantate dienen.

Die Stammzellforschung bzw. die regenerative Forschung ist großer Hoffnungsträger der Diabetes-Forschenden. Ziel ist es, Beta-Zellen aus Stammzellen herzustellen (Zellersatztherapie) oder verbliebene Zellen zur Regeneration anzuregen (Regeneration körpereigener Beta-Zellen).

#### Zellersatztherapie:

Für die Zellersatztherapie versucht man, im Labor neue Beta-Zellen aus Stammzellen zu gewinnen um mit ihnen verlorengewandene Beta-Zellen zu ersetzen.

Stammzellen besitzen einerseits eine hohe Selbsterneuerungsrate und andererseits die Fähigkeit, sich in beliebige Arten von Körperzellen entwickeln (differenzieren) zu können. Die molekularen Schlüsselmechanismen, durch die Stammzellen zu gewebespezifischen funktionellen Zellen heranreifen, stehen im Fokus der Stammzellforschung. Hat man diese Mechanismen einmal verstanden, soll es möglich werden, Stammzellen künstlich zu einer bestimmten Reifung anzuregen.

Neben den molekularen Mechanismen muss man auch herausfinden, welche Art von Stammzellen sich besonders gut eignet.

Eine Möglichkeit sind sogenannte pluripotente (von lateinisch ‚plus‘, mehr, und ‚potens‘, mächtig, fähig) menschliche embryonale Stammzellen. Sie werden aus undifferenzierten Zellen des Embryos in einem frühen Entwicklungsstadium gewonnen und anschließend in Zellkulturen nahezu unbegrenzt vermehrt. Jedoch gibt es bei diesen Stammzellen große rechtliche und ethische Fragen und Hürden.

Daneben gibt es adulte (erwachsene) gewebespezifische Stammzellen. Diese Vorläuferzellen (z. B. aus dem Knochenmark) bilden im Körper bestimmte Zelltypen als Ersatz für geschädigtes Gewebe. Im Vergleich zu embryonalen Stammzellen haben adulte Stammzellen jedoch eine geringere Teilungsrate und damit begrenzte Differenzierungsmöglichkeiten.

Die dritte Möglichkeit, auf die Forschende zurzeit große Hoffnung setzen sind sogenannte induzierte pluripotente Stammzellen (iPS-Zellen). Sie entstehen mittels künstlicher Reprogrammierung aus adulten gewebespezifischen Stammzellen, im Falle von

Diabetes aus der Bauchspeicheldrüse. Funktionell ähneln iPS-Zellen den embryonalen Stammzellen. Mit ihnen könnten sowohl die ethischen Probleme der humanen embryonalen Stammzellen umgangen, als auch individuelle, maßgeschneiderte Therapien entwickelt werden. Für die Entdeckung, dass reife Zellen in embryonale Stammzellen zurückgewandelt werden können, wurde 2012 der Nobelpreis für Medizin verliehen.

Eine Therapie mit körpereigenen Zellen kann die Gefahr einer Abstoßungsreaktion deutlich senken und auch das Problem mit limitierten Spenderorganen könnte man mit diesem Ansatz umgehen. Allerdings kann eine Stammzelltherapie auch Risiken mit sich bringen, z. B. die Gefahr von Tumorbildungen aufgrund der hohen Zellteilungsrate. Daher ist es unerlässlich, die genauen Mechanismen erst intensiv zu erforschen, bevor Stammzellen tatsächlich in der Behandlung des Diabetes angewendet werden. Wann dies soweit sein wird, ist bisher nicht absehbar.

Generell würde die Zellersatztherapie vor allem bei Typ-1-Diabetes in Frage kommen, da hier die insulinproduzierenden Beta-Zellen durch fehlgeleitete Immunzellen zerstört werden. Ein Problem ist allerdings, dass eben diese fehlgeleiteten Immunzellen auch die Ersatzzellen angreifen können. Parallel zu einer Zellersatztherapie müsste daher auch die Autoimmunität bekämpft werden. In verschiedenen Therapiestudien werden daher auch Ansätze erprobt, die Immunreaktion aufzuhalten.

#### Regeneration körpereigener Beta-Zellen:

Neben der Herstellung neuer Beta-Zellen aus Stammzellen zielt die „Zellregeneration“ darauf ab, verbliebene Beta-Zellen wieder zur Funktion oder zum Wachstum anzuregen. Denn sowohl bei Typ-1-, aber insbesondere auch bei Typ-2-Diabetes gibt es Hinweise darauf, dass sich Beta-Zellen zu einem nicht funktionalen Vorläuferstadium zurückentwickeln und deshalb kein Insulin mehr produzieren. Es wird vermutet, dass sie sich aus diesem Zustand auch wieder erholen können. Die Betazellfunktion wiederherzustellen ist ein komplexes Unterfangen, denn man muss verstehen, über welche Mechanismen das Betazellwachstum und ihre Funktion reguliert werden.

Ein Ansatz aus der Forschung ist zum Beispiel, die vorhandene Betazellmasse zu vergrößern, z. B. durch wachstumsanregende Botenstoffe. Bei älteren Menschen ist dies jedoch nahezu ausgeschlossen, da sich die vorhandenen Zellen im hohen Alter kaum noch teilen. Zudem birgt ein überschießendes Zellwachstum auch die Gefahr eines Tumorwachstums.

Auch die Bildung von Beta-Zellen aus Vorläuferzellen für andere Gewebe (zum Beispiel dem Bauchspeicheldrüsenorgan) wird diskutiert.

## Personalisierte Therapie- und Präventionsansätze entwickeln

Forschende suchen natürlich auch abseits der Regeneration von Beta-Zellen nach neuen therapeutischen Konzepten zur Behandlung von Diabetes. Ansätze hierfür finden sich in vielen Teilgebieten der Forschung, von der Genetik über die Immunologie bis hin zur Epidemiologie. Ziele der Forschung sowohl für Typ-1 als auch für Typ-2 sind unter anderem:

- Risikofaktoren identifizieren (Gene, Umwelteinflüsse etc.)
- Molekulare Ursachen der Erkrankungen verstehen, um neue Angriffspunkte für Arzneimittel zu finden und neue Wirkstoffe zu entwickeln
- Biomarker für die frühe Diagnose finden

## Epidemiologie: Ursachen und Risikofaktoren erkennen

Die Epidemiologie befasst sich mit der Verbreitung und den Ursachen von Krankheiten wie Diabetes in verschiedenen Bevölkerungsgruppen. Um herauszufinden, welchen Einfluss Gene sowie Umwelt- und Lebensstilfaktoren auf die Krankheitsentstehung, den Verlauf und die Folgen haben, nutzt die Epidemiologie große Bevölkerungsstudien. Dies sind langfristig angelegte Gesundheitsstudien in die meist mehrere tausend Menschen in sogenannte Kohorten aufgenommen und regelmäßig zu Folgeuntersuchungen und -befragungen eingeladen werden. Für die Studienauswertung werden moderne Methoden der klinischen Diagnostik, Genomik, Metabolomik, Mikrobiom-Analyse, Genexpressionsanalysen oder Nutri-genomik herangezogen.

Auch für die Entwicklung vorbeugender Maßnahmen ist es wichtig herauszufinden, wie die Erkrankung verläuft und welche Gene und Umweltfaktoren die Entstehung des Diabetes sowohl positiv als auch negativ beeinflussen. Nur wenn man weiß, welche Faktoren im Zusammenhang mit einem erhöhten Diabetesrisiko stehen, können gezielte Präventionsmaßnahmen entwickelt werden.

Ein großer Schritt hin zu personalisierten Therapien ist erst kürzlich mit Hilfe großer Kohortenstudien gelungen. Denn es wird aktuell darüber diskutiert, ob man die Diabetes-Typen neu einteilen und erweitern sollte. 2018 veröffentlichten skandinavische Forschende eine Studie, auf Basis der Daten von fast 15.000 Patientinnen und Patienten, die im Erwachsenenalter an Diabetes erkrankten. In ihren Untersuchungen zeigten die Studienautoren, dass sich die Krankheitsbilder und -verläufe stark unterscheiden können. Anhand sechs verschiedener Parameter (Alter bei Diagnose, Body-Mass-Index (BMI), Langzeitblutzuckerwert (HbA1c-Wert), Betazell-Funktion, Insulinsekretion (HOMA2 B), Insulinresistenz (HOMA2 IR) und Autoantikörper gegen Glutamat-decarboxylase (GADA)) konnten sie die Probanden in fünf verschiedene Subgruppen einteilen, die sich hinsichtlich ihres Risikos für diabetesbedingte Folgeschäden unterscheiden. Untermauert wird die vorgeschlagene Einteilung durch erste genetische Tests, die typische Unterschiede zwischen den verschiedenen Subgruppen ergaben.

Anhand der neuen Einteilung ließen sich Komplikationen und die Entwicklung von Diabetes-Spätfolgen besser voraussagen, so die Autoren. So könnte eine differenzierte Diabetestherapie, die sich an individuellen Risiken orientiert, möglich werden. Jedoch müssen zunächst weitere Studien zeigen, ob sich die Subgruppen tatsächlich bestätigen lassen.

## Beispiele für Bevölkerungsstudien zu Diabetes

**NAKO Gesundheitsstudie (Nationale Kohorte):** Im Fokus der größten deutschen Bevölkerungsstudie stehen Volkskrankheiten, darunter auch Typ-2-Diabetes. In die Langzeit-Studie mit einer vorgesehenen Dauer von 20 bis 30 Jahren sollen deutschlandweit an insgesamt 18 Studienzentren 200.000 zufällig ausgewählte Bürgerinnen und Bürger zwischen 20 und 69 Jahren umfassend medizinisch untersucht und

nach ihren Lebensgewohnheiten befragt werden. Die NAKO ging 2013 an den Start, bis 2018 sollen alle Teilnehmenden eine Basisuntersuchung erhalten, bis 2022 eine Folgeuntersuchung mit demselben Untersuchungsprogramm. Alle zwei bis drei Jahre werden zusätzlich Fragebögen verschickt. <https://nako.de/>

**EPIC-Potsdam-Studie:** Die European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC)-Potsdam-Studie am Deutschen Institut für Ernährungsforschung (DIfE) in Potsdam hat zum Ziel, den Einfluss der Ernährung auf die Entstehung von Krebs und chronischen Krankheiten wie Typ-2-Diabetes zu erforschen. Die deutsche Studie mit über 27.000 Teilnehmerinnen und Teilnehmern, ist Teil einer europäischen Kohortenstudie mit insgesamt etwa 521.000 Studienteilnehmenden. Die 1994 begonnene EPIC-Potsdam-Studie wurde als Langzeitstudie mit einer Nachbeobachtungszeit von 20 Jahren konzipiert. <http://www.dife.de/forschung/abteilungen/epic-potsdam-studie.php>

**KiGGS-Studie:** Die „Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland“ (KiGGS) des Robert Koch-Instituts (RKI) wurde erstmals von 2003 bis 2006 durchgeführt (Basiserhebung). Seit 2009 wird sie als Langzeitstudie fortgeführt. Die Gesundheitsdaten werden dabei sowohl mit Hilfe von Befragungen als auch mittels medizinischer Untersuchungen, Tests und Laboranalysen erhoben. Zudem beinhaltet die Studie eine Kohorte: Kinder und Jugendliche der Basiserhebung werden bis ins Erwachsenenalter hinein wiederholt eingeladen, um gesundheitliche Veränderungen im Lebenslauf zu erkennen und mögliche Ursachen analysieren zu können. Die KiGGS-Studie gibt zum Beispiel Auskunft darüber, wie viele Kinder und Jugendliche an Übergewicht, Adipositas oder Typ-1- bzw. Typ-2-Diabetes erkrankt sind. <https://www.kiggs-studie.de/deutsch/studie.html>

**TEDDY-Studie:** Die internationale TEDDY-Studie (The Environmental Determinants of Diabetes in the Young) untersucht den Einfluss verschiedener Faktoren auf die Entstehung von Inselautoimmunität und Typ-1-Diabetes. Im Fokus stehen genetische Faktoren, aber auch Einflüsse aus der frühen Kindheit wie Ernährung, Kinderkrankheiten sowie Umwelteinflüsse. Ziel ist es, neue Strategien zu entwickeln, die die

Typ-1-Diabetes-Entstehung verhindern, verzögern oder sogar rückgängig machen könnten. Über 8000 Kinder mit Risikogenen für Typ-1-Diabetes werden im Rahmen von TEDDY bis zum 15. Lebensjahr nachuntersucht. <https://teddy.epi.usf.edu/>

### Genetik

Sowohl Typ-1- als auch Typ-2-Diabetes sind polygenetische Erkrankungen, d.h. an der Krankheitsentstehung sind neben Umweltfaktoren viele verschiedene Gene bzw. Genvarianten beteiligt, in denen die Baupläne der einzelnen Komponenten des Zuckerstoffwechsels festgelegt sind.

Übergeordnetes Ziel der Genforschung zu Diabetes ist es, die Ursachen und Entstehungsmuster der Erkrankung aufzuklären. Insbesondere suchen die Forschenden nach neuen Genen als Biomarker, die eine individuelle Risikovorhersage ermöglichen und die Diagnose verbessern sollen.

Um den Einfluss von Genen zu untersuchen, stehen verschiedene Ansätze zur Verfügung:

- Von krankhaft veränderten Körperfunktionen auf die dafür verantwortlichen Kandidatengene schließen.
- In großen Bevölkerungsgruppen nach Genveränderungen suchen, die sich zwischen Menschen mit Diabetes und Gesunden unterscheiden.
- Analyse veränderter Gene in speziellen Mausmodellen, um daraus Schlüsse für das menschliche Genom zu ziehen.

Mit Hilfe von genomweiten Assoziationsstudien konnten allein beim Typ-2-Diabetes schon über 80 Gene identifiziert werden, die einen Einfluss auf das Erkrankungsrisiko haben. Die Genveränderungen beeinflussen unter anderem die Insulinsekretion, die Körperfettmasse, die Energieaufnahme und den Insulinabbau. Ihre exakte Rolle bei der Krankheitsentstehung muss aber noch eingehender erforscht werden. Auch für Typ-1-Diabetes sind inzwischen über 50 verschiedene Genregionen bekannt, die scheinbar einen Einfluss auf die Immunantwort haben und mit der Krankheitsentstehung in Verbindung gebracht werden können.

Wenn es gelänge, Personen mit genetisch bedingt er-



höhtem Diabetesrisiko zu identifizieren, wäre es möglich, mittels maßgeschneiderter Präventionsmaßnahmen den Ausbruch von Diabetes zu verhindern oder zumindest hinauszuzögern. Zudem nehmen bestimmte Genvarianten Einfluss auf die Wirksamkeit medikamentöser Therapien. Denkbar wäre daher, diese Therapien auf die individuellen Genvarianten der Patienten abzustimmen, um eine optimale Wirkung zu erzielen.

Auch die Epigenetik steht im Fokus der Diabetes-Forschung, denn eine genetische Veranlagung alleine kann nicht verantwortlich sein für den schnellen Anstieg der weltweiten Typ-2-Diabetes-Zahlen. Grundlage der Epigenetik sind chemische Modifikationen an den Chromosomen, die sich auf die Aktivität einzelner oder mehrerer Gene auswirken. Die Veränderungen sind vererbbar, verändern im Gegensatz zu Mutationen aber nicht die DNA-Sequenz, sondern die dreidimensionale Struktur der Chromosomen.

Die Epigenetik gilt als Bindeglied zwischen der Umwelt und den Erbinformationen, denn es wird vermutet, dass Umweltfaktoren, Ernährung und Lebensumstände mögliche Auslöser der Veränderungen am Erbgut sind. Im Mausmodell konnten Forschende z. B. zeigen, dass durch Ernährung verursachte Fettleibigkeit und Diabetes sowohl über Eizellen als auch über Spermien epigenetisch an die Nachkommen vererbt werden können.

### Neue Wirkstoffe

Die Suche nach neuen Wirkstoffen ist natürlich ebenfalls ein essentieller Punkt der Diabetesforschung. Ein aktueller Ansatz in der Behandlung des Typ-2-Diabetes sind z. B. synthetische Hormonmoleküle, die jeweils die Wirkung von zwei oder drei natürlichen Darm- oder Bauchspeicheldrüsen-Hormonen gleichzeitig besitzen. So haben Forschende beispielsweise einen Wirkstoff entwickelt, der die Wirkungen der drei Magen-Darm-Pankreas-Hormone GLP-1, GIP und Glukagon auf sich vereint. Das Dreifachhormon, senkt im Tiermodell nicht nur Blutzuckerspiegel, Appetit und Körperfett deutlich, sondern verbessert auch Leberverfettung, Cholesterinwerte und Kalorienverbrennung – und das noch effektiver als es mit bisher verfügbaren mono-aktiven oder dual wirksamen Molekülen möglich war.

## Forschungsansätze zur Früherkennung und Prävention

Je früher Diabetes erkannt wird, desto besser, denn durch eine gute Blutzuckereinstellung kann z. B. das Risiko für Folgeerkrankungen reduziert werden.

Bei Typ-2-Diabetes können bestimmte Stoffwechselprodukte und Proteine im Blut bereits im Vorstadium (Prädiabetes) ein erhöhtes Risiko für Typ-2-Diabetes anzeigen. Mit Hilfe dieser Biomarker sollen einfache diagnostische Laborverfahren für die Frühdiagnose von Typ-2-Diabetes entwickelt werden. Wird die Erkrankung früh genug erkannt, kann eine individuell auf den jeweiligen Stoffwechsel abgestimmte Präventionstherapie – bestehend aus Gewichtsreduktion, Bewegung und Ernährungsumstellung – greifen und den Ausbruch einer Typ-2-Diabeteserkrankung stark verzögern oder gar verhindern.

### Präventionsstrategien bei Typ-1-Diabetes

Auch bei Typ-1-Diabetes spielen Biomarker eine entscheidende Rolle für die frühe Diagnose. Denn die Autoimmunreaktion gegen die Beta-Zellen verläuft lange Zeit schleichend und ohne Symptome. Allerdings lassen sich die entsprechenden Antikörper (Inselautoantikörper) bereits schon Jahre vor Ausbruch des Diabetes mittels Blutuntersuchung nachweisen.

Noch früher setzt die genetische Risikobestimmung ein: Mithilfe eines Gentests kann bereits bei Säuglingen bestimmt werden, ob sie ein erhöhtes Risiko für die Entwicklung eines Typ-1-Diabetes tragen.

Aufbauend auf diesen Früherkennungsmöglichkeiten laufen aktuell mehrere klinische Studien, die zum Ziel haben, den Ausbruch der Erkrankung bei den oft sehr jungen Risikoträgern zu verhindern. Unter dem Schlagwort ‚A World Without 1‘ – also eine Welt ohne Typ-1-Diabetes, haben sich dabei Forschende weltweit zusammengeschlossen.

Der allgemeine Ansatz der Präventionsstudien: Durch orale Gabe von Insulinpulver (in der Nahrung) soll dem Immunsystem eine Toleranz gegenüber dem körpereigenen Insulin antrainiert werden – ähnlich der Desensibilisierung bei einer Allergiebehandlung. Dadurch soll die krankmachende Immunreaktion verzögert oder bestenfalls verhindert werden. Das mit

der Nahrung aufgenommene Insulin hat dabei keinerlei Einfluss auf den Blutzuckerspiegel.

Weitere Ansatzpunkte der Forschung zur Prävention bzw. Verzögerung von Typ-1-Diabetes sind zum Beispiel auch Wirkstoffe, die das Immunsystem beeinflussen (z.B. Antikörper) und so den Autoimmunprozess unterdrücken sollen.

Auch die Gabe von Insulin per Nasenspray oder sogar eine Art Impfung, bei der Insulin injiziert wird, sind Gegenstand aktueller Forschung, mit dem Ziel Typ-1-Diabetes zu verhindern bzw. zu verzögern.

**Bildnachweise:**

S. 2 © Helmholtz Zentrum München, S. 7 © Helmholtz Zentrum München, S. 15 © Clemens Schüssler - Fotolia.com, S. 20 © Helmholtz Zentrum München

**Quellenverzeichnis:**

**Quellen Kapitel 1:**

Campbell, N./ Reece J. B.: *Biologie*, 6. Auflage, 2006, Pearson Studium, ISBN 3-8273-7180-5  
 Biesalski, H. K. et al.: *Ernährungsmedizin*. 3., erweiterte Auflage, 2004, Georg Thieme Verlag, ISBN 3-13-100293-X  
 Schek, A.: *Ernährungslehre kompakt*, 3. Aktualisierte und ergänzte Auflage, 2009, Umschau Zeitschriftenverlag GmbH, ISBN-10: 3-930007-22-3

**Quellen Kapitel 2:**

Deutsche Diabetes Gesellschaft und diabetesDE – *Deutsche Diabetes-Hilfe: Deutscher Gesundheitsbericht Diabetes 2019*  
 Deutsche Diabetes Gesellschaft: *S3-Leitlinie Therapie des Typ-1-Diabetes*, 2. Auflage, 2018  
 Heidemann C & Scheidt-Nave C. *Prävalenz, Inzidenz und Mortalität von Diabetes mellitus bei Erwachsenen in Deutschland – Bestandsaufnahme zur Diabetes-Surveillance*. Robert Koch-Institut: *Journal of Health Monitoring* 2017  
 Hemmingsen, B. et al.: *Diet, physical activity or both for prevention or delay of type 2 diabetes mellitus and its associated complications in people at increased risk of developing type 2 diabetes mellitus*. In: *Cochrane Database Syst Rev*. 2017  
 Jacobs, E. and Rathmann, W.: *Epidemiologie des Diabetes*. In: *Diabetologie und Stoffwechsel* 2017; 12(06): 437-446.  
 Nauck, M. et al.: *DDG Praxisempfehlung: Definition, Klassifikation und Diagnostik des Diabetes*. *Diabetologie* 2017; 12 (Suppl 2): S94–S100.  
 NVL *Therapie des Typ-2-Diabetes Langfassung* 1. Auflage, Version 4, 2014

*S3-Leitlinie der DDG und AGPD: Diagnostik, Therapie und Verlaufskontrolle des Diabetes mellitus im Kindes- und Jugendalter, Aktualisierung 2015*

**Quellen Kapitel 3 (Ernährung):**

Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE): *Vollwertig essen und trinken nach den 10 Regeln der DGE*, 10. Auflage 2017, Bonn. <https://www.dge.de/ernaehrungspraxis/vollwertige-ernaehrung/10-regeln-der-dge/>  
 Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V.: *Ballaststoffe – wertvoll für Ihre Gesundheit*. 1. Auflage, 2013 <https://www.dge-medienservice.de/ballaststoffe.html>  
 Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V.: *5 am Tag*. <https://www.dge.de/ernaehrungspraxis/vollwertige-ernaehrung/5-am-tag/>

Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V.: *Stellungnahme - Gemüse und Obst in der Prävention ausgewählter chronischer Krankheiten*. 2012 <https://www.dge.de/fileadmin/public/doc/ws/stellungnahme/DGE-Stellungnahme-Gemuese-Obst-2012.pdf>

Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V.: *Fettzufuhr und ernährungsmitbedingte Krankheiten - DGE veröffentlicht 2. Version der evidenzbasierten Leitlinie*. Presseinformation vom 20.01.2015 <https://www.dge.de/presse/pm/fettzufuhr-und-ernaehrungsmitbedingte-krankheiten/>

Toeller, M.: *Evidenzbasierte Empfehlungen zur Ernährungstherapie und Prävention des Diabetes mellitus*, 2005, *Ernährungs-Umschau* 52, Heft 6

Toeller, M.: *Evidenz-basierte Ernährungsempfehlungen zur Behandlung und Prävention des Diabetes mellitus*. 2005, *Diabetes und Stoffwechsel* 14 <https://www.dge.de/fileadmin/public/doc/ws/EBL-Ernaehrung.pdf>

Helmholtz Zentrum München: *Diabetesinformationsdienst*

**Quellen Kapitel 3 (Bewegung):**

Bundesministerium für Gesundheit: *Bewegungsempfehlungen* <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/service/begriffe-von-a-z/b/bewegungsempfehlungen.html>  
 WHO: *Physical Activity* <https://www.who.int/dietphysicalactivity/pa/en/>  
 WHO: *Physical Activity and Health in Europe* [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0011/87545/E89490.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0011/87545/E89490.pdf?ua=1)  
 Robert Koch-Institut: *KIGGS – Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland* <https://www.kiggs-studie.de/deutsch/home.html>  
 Robert Koch-Institut: *Sport- und Ernährungsverhalten bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland – Querschnittergebnisse aus KiGGS Welle 2 und Trends*. *Journal of Health Monitoring* · 2018 3(2)  
 DOI 10.17886/RKI-GBE-2018-065 [https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsJ/Focus/JoHM\\_02\\_2018\\_Sport\\_Ernaehrungsverhalten\\_KiGGS-Welle2.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsJ/Focus/JoHM_02_2018_Sport_Ernaehrungsverhalten_KiGGS-Welle2.pdf?__blob=publicationFile)  
 Helmholtz Zentrum München: *Diabetesinformationsdienst*  
 IN FORM - *Deutschlands Initiative für gesunde Ernährung und mehr Bewegung* <https://www.in-form.de/>

**Quellen Kapitel 4:**

Bundesministerium für Gesundheit: *Bewegungsempfehlungen* <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/service/begriffe-von-a-z/b/bewegungsempfehlungen.html>  
 WHO: *Physical Activity* <https://www.who.int/dietphysicalactivity/pa/en/>  
 WHO: *Physical Activity and Health in Europe* [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0011/87545/E89490.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0011/87545/E89490.pdf?ua=1)  
 Robert Koch-Institut: *KIGGS – Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland* <https://www.kiggs-studie.de/deutsch/home.html>  
 Robert Koch-Institut: *Sport- und Ernährungsverhalten bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland – Querschnittergebnisse aus KiGGS Welle 2 und Trends*. *Journal of Health Monitoring* · 2018 3(2)  
 DOI 10.17886/RKI-GBE-2018-065 [https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsJ/Focus/JoHM\\_02\\_2018\\_Sport\\_Ernaehrungsverhalten\\_KiGGS-Welle2.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsJ/Focus/JoHM_02_2018_Sport_Ernaehrungsverhalten_KiGGS-Welle2.pdf?__blob=publicationFile)  
 Helmholtz Zentrum München: *Diabetesinformationsdienst*  
 IN FORM - *Deutschlands Initiative für gesunde Ernährung und mehr Bewegung* <https://www.in-form.de/>