

## Diabetes Skript

Diabetes-Therapie mit Pen und Pumpe – von der Funktionellen Insulintherapie (FIT) bis zum Hybrid-Closed-Loop (HCL)



# Inhaltsverzeichnis

Das Diabetesprogramm an der Kinderklinik Bern	3
Was ist Diabetes	4
Normaler Stoffwechsel	5
Stoffwechsel bei Insulinmangel, Ketoazidose	6
Behandlung des Diabetes	7
Insulinprofil	8
Therapievarianten im Überblick	9
Therapieziele der Diabetesbehandlung	10
Hypoglykämie	11
Hypoglykämisches Koma	12
Die funktionelle Insulintherapie (FIT)	13
Nächtlicher Zuckerverlauf bei FIT	15
Insulinpumpen Therapie und Hybrid-Closed-Loop-Systeme (HCL)	17
Urinkontrollen	20
Sport/körperliche Aktivität	22
Krankheit	23
Erziehung, Schule, Berufswahl	24
Verlauf	25
Fremdwörter	27
Lernkontrolle	28
Zusammenfassung: meine persönliche Insulintherapie vom ...	31

# Das Diabetesprogramm an der Kinderklinik Bern

Ihr Kind ist an Diabetes mellitus Typ 1 erkrankt. Möglicherweise weckt diese Diagnose in Ihnen Angst und Verunsicherung. Es ist uns deshalb wichtig, Sie und Ihr Kind auf dem weiteren Weg mit einer chronischen Erkrankung zu begleiten und Ihnen hierfür alle nötigen Informationen zu geben. Sie werden lernen, die Verantwortung für die Blutzucker-Einstellung zu übernehmen und selbstständig zu handeln. Die Erstinstruktion geschieht in aller Regel während eines Spitalaufenthaltes über ca. 10-14 Tage. Im weiteren Verlauf finden 3-monatliche Kontrollen in der Poliklinik statt.

Zu unserem Diabetes-Team gehören ausgebildete Personen aus verschiedenen Disziplinen:

- FachärztInnen
- Pflegefachfrauen
- Diabetesberaterinnen
- Ernährungsberaterinnen
- Sozialberaterinnen
- Psychologin

Wir alle möchten Sie in den verschiedenen Gesichtspunkten der Diabetes-Therapie unterstützen.

Wir sind für Sie da:

<b>Diabetesberatung</b>	+41 31 632 98 36 (Mo - Fr, 8:00 – 17:00) kinderdiabetes@insel.ch (Mo - Fr, 8:00 – 17:00)
<b>Terminvereinbarung Poliklinik</b>	+41 31 664 29 00 (Mo – Fr, 08:00 – 17:00)
<b>Station K</b>	+41 31 632 93 94 (ausserhalb Bürozeiten)
<b>Notfallstation</b>	+41 31 632 92 77
<b>Post</b>	Pädiatrische Endokrinologie / Diabetologie Universitätsklinik für Kinderheilkunde Julie-von-Jenner-Haus Inselspital, 3010 Bern
<b>Internet</b>	<a href="https://kinderklinik.insel.ch/de/unser-angebot/diabetologie">https://kinderklinik.insel.ch/de/unser-angebot/diabetologie</a>
<b>Leitung</b>	PD Dr. Claudia Böttcher, Leitende Ärztin Prof. Dr. Christa E. Flück, Abteilungsleiterin

# Was ist Diabetes

## Wie kommt es zu Diabetes?

Diabetes mellitus Typ 1 ist eine Autoimmunerkrankung. Als Zeichen der Autoimmunität lassen sich sogenannte Antikörper nachweisen. Diese richten sich gegen Anteile der eigenen Bauchspeicheldrüse (Pankreas) und sind Zeichen einer Entzündung des Pankreas, die zur Zerstörung der Insulinproduzierenden Zellen, den sogenannten  $\beta$ -Zellen, führt. Die Folge ist, dass der Körper immer weniger und schliesslich gar kein Insulin mehr produzieren kann. Dieser Prozess ist derzeit nicht umkehrbar oder aufhaltbar. Weitere Funktionen der Bauchspeicheldrüse bleiben aber erhalten. Die Ursachen der Entzündung sind multifaktoriell und bis heute nur teilweise geklärt.

## Wer ist schuld am Diabetes meines Kindes? Hätten wir ihn verhindern können?

Niemand ist schuld! Das Auftreten eines Typ-1-Diabetes kann nicht beeinflusst werden. Auch wenn Sie gewusst hätten, dass sich der Diabetes bei Ihrem Kind anbahnt, hätten weder Sie noch wir die Krankheit derzeit verhindern können.

## Ist der Typ-1-Diabetes eine Erbkrankheit?

Eine genetische Grundlage für Typ-1-Diabetes ist vorbestehend und wird von den Eltern an die Kinder weitergegeben. Diese kann man sich vorstellen wie Blutgruppenmerkmale. Ein Kind mit dieser genetischen Grundlage erkrankt aber nicht zwingend an einem Diabetes, es hat jedoch ein etwas erhöhtes Risiko, daran zu erkranken.

## Ist der Diabetes ansteckend?

Nein.

## Typ 1 Diabetes – Was nun?

Die fünf Lernvideos geben Antworten auf die wichtigsten Fragen bei Typ 1 Diabetes im Kinder- und Jugendalter.

## Geht der Diabetes wieder vorbei?

Nein, es handelt sich nach heutigem Wissensstand um eine lebenslange Erkrankung.

## Was ist der Unterschied zwischen Typ 1 und Typ 2 Diabetes?

Im Gegensatz zum Typ-1-Diabetes, bei dem ein absoluter Insulinmangel besteht, liegt beim Typ-2-Diabetes zunächst kein Insulinmangel, sondern eine Insulinresistenz vor. Das heisst, dass zwar Insulin gebildet wird, dieses aber ungenügend wirksam ist. Hier können zumindest zu Beginn der Erkrankung auch Tabletten wirksam sein – bei Typ-1-Diabetes gibt es diese Möglichkeit nicht.

## Was ist die Remissionsphase?

Nach Beginn der Insulintherapie arbeiten die noch vorhandenen  $\beta$ -Zellen kräftig mit. Diese Phase nennt man auch Honeymoon-Phase. Bemerkbar macht sie sich durch einen sinkenden Insulinbedarf bei dennoch stabilem Blutzucker. Die Dauer dieser Phase ist sehr unterschiedlich und kann von wenigen Wochen bis zu mehreren Monaten betragen. Sicher ist sie aber immer vorübergehend.

## Ist mein Kind nun in seinem weiteren Werdegang eingeschränkt?

Ihr Kind kann aufwachsen wie jedes andere Kind, fast jeden Beruf erlernen und ausüben, jede erdenkliche Sportart betreiben, eine Familie gründen und ein „normales“ Leben führen. Der Diabetes wird jedoch in den Alltag mit eingebaut.



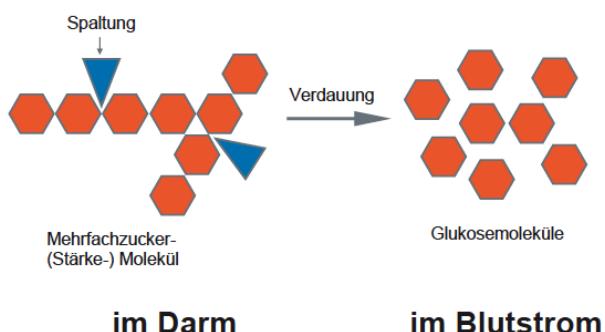
[www.kinderdiabetes.ch](http://www.kinderdiabetes.ch)

# Normaler Stoffwechsel

Vergleichbar mit einem Motor, zu dessen Betrieb Brennstoff (Benzin) nötig ist, braucht auch der menschliche Körper Energie zum Leben, Bewegen, Spielen, Denken... Die Substanzen, aus denen unser Organismus Energie generieren kann, beziehen wir hauptsächlich aus der Nahrung.

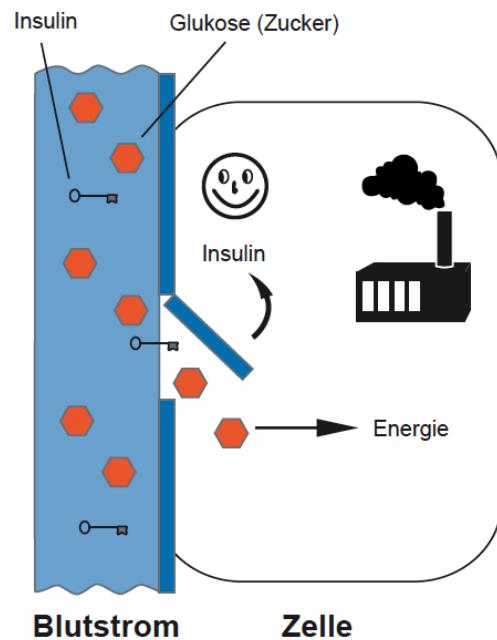
Eine ausgeglichene Ernährung besteht vor allem aus:

- Kohlenhydrate (Energiespender): *siehe unten*
- Eiweißen (Bausubstanz): Fleisch, Fisch, Milch und Milchprodukte, Soja
- Fetten (Reservestoffen): Öle, Butter, Avocado



im Darm

im Blutstrom



Blutstrom Zelle

## Kohlenhydrate = Energiespender

In einer ausgewogenen Ernährung sind Kohlenhydrate einer der Haupt-Energielieferanten. Kohlenhydrat ist ein Überbegriff für verschiedene Arten von „Zucker“. Sie kommen vor allem in Früchten, Kartoffeln, Mehl, Brot, Teigwaren, Reis, Mais und allen anderen Getreideprodukten sowie Kristall-, Traubenzucker und Süßigkeiten vor. Damit aus diesen Kohlenhydraten Energie gewonnen werden kann, müssen sie zuerst im Magen-Darm-Trakt in Einzelteile zerlegt und in dieser Form in den Blutkreislauf aufgenommen werden. Im Blut zirkulierende Kohlenhydrate sind verantwortlich für die Blutzuckerkonzentration.

## Insulin

Die Umwandlung von Zucker (Glucose) in Energie findet nicht im Blut, sondern im Zellinneren statt. Damit Zucker in die Zellen eintreten kann, wird Insulin benötigt. Ohne Insulin bleibt der Blutzucker hoch! Insulin kann mit einem Schlüssel verglichen werden, der die Zellen für den Eintritt der Glucose öffnet.

# Stoffwechsel bei Insulinmangel, Ketoazidose

Bei einem Insulinmangel ist dem Zucker der Weg in die Zelle versperrt. Somit steigt die Zuckerkonzentration im Blut an. Ab einer gewissen Höhe des Blutzuckers (ca. 10mmol/l) wird die so genannte Nierenschwelle überschritten, und die Niere scheidet mit dem Urin Zucker aus (Glukosurie).

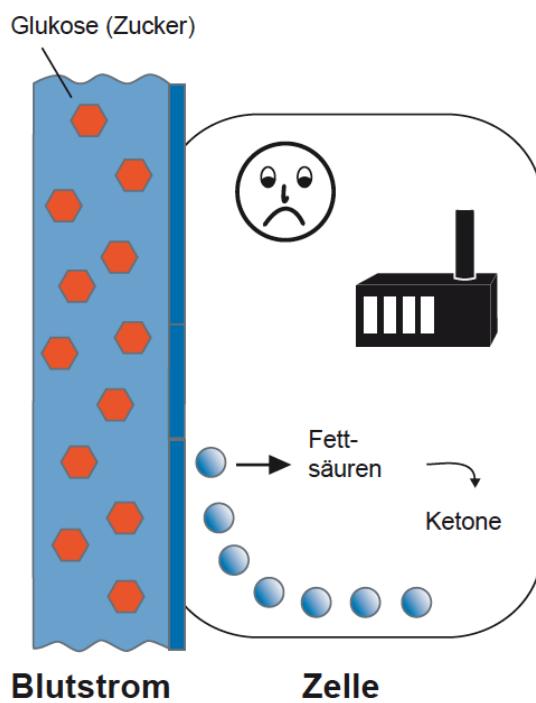
Stark zuckerhaltiger Urin kann von der Niere nicht mehr konzentriert werden, sodass viel Wasser und Salze damit verlorengehen. Das Kind muss häufiger Wasser lösen, hat deswegen starken Durst und beginnt vielleicht wieder einzunässen. Verliert das Kind mehr Flüssigkeit, als es aufnehmen kann, kann es zur Austrocknung (Dehydratation) mit Gewichtsverlust kommen.

Steht der Zelle kein Zucker zur Energiegewinnung zur Verfügung (bei Insulinmangel, siehe oben), steigt die Zelle auf alternative Energieträger um: die Verbrennung von Fetten. Bei diesem Vorgang werden Abbaustoffe (Ketone) gebildet, die als Energieträger dienen, aber zu einer Übersäuerung (Ketoazidose) führen können. Der Körper scheidet Ketone im Urin und über den Atem aus. Ketone im Körper verursachen Unwohlsein, Übelkeit, Erbrechen und Bauchschmerzen. Auch beim gesunden Kind können Ketone entstehen, wenn es fastet oder über längere Zeit stark erhält.

# Symptome des Diabetes (Hyperglykämie)

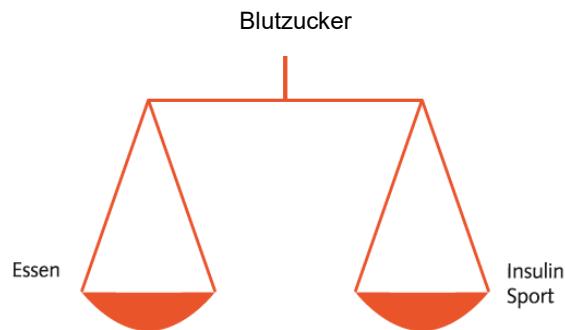
- Häufiges Wasserlöschen, allenfalls Bettnässen
  - Durst (auch in der Nacht), trockener Mund
  - Gewichtsverlust
  - Müdigkeit und Schwäche
  - Übelkeit und Erbrechen
  - Bauchschmerzen
  - Verschwommenes Sehen
  - Tiefe Atmung mit Azetongeruch (faulige Äpfel, Nagellack)

Wird der Insulinmangel nicht früh genug erkannt und behandelt, trocknet der Körper zunehmend aus und die Übersäuerung nimmt zu. Das Kind wird schwer krank, da viele körpereigene Mechanismen in der Übersäuerung nicht mehr gut funktionieren. Es kann schliesslich sogar zu einer Bewusstlosigkeit (diabetisches Koma) kommen. Wenn die Behandlung mit Insulin nicht rechtzeitig einsetzt, kann dieser Zustand sehr schnell lebensbedrohlich werden.



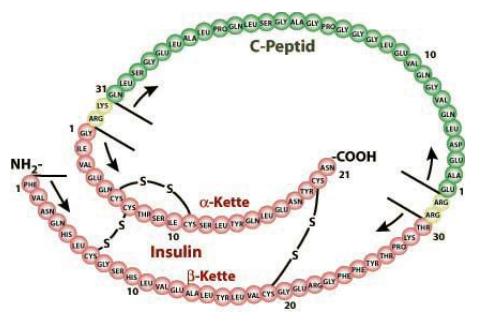
# Behandlung des Diabetes

Die Diabetestherapie besteht aus mehreren Komponenten, mit dem Ziel die bestmögliche Stoffwechsellage zu erreichen: Insulin, Ernährung, Stoffwechselselfkontrolle (Zuckermessung im Blut oder Gewebe) und körperliche Aktivität.



## Insulin

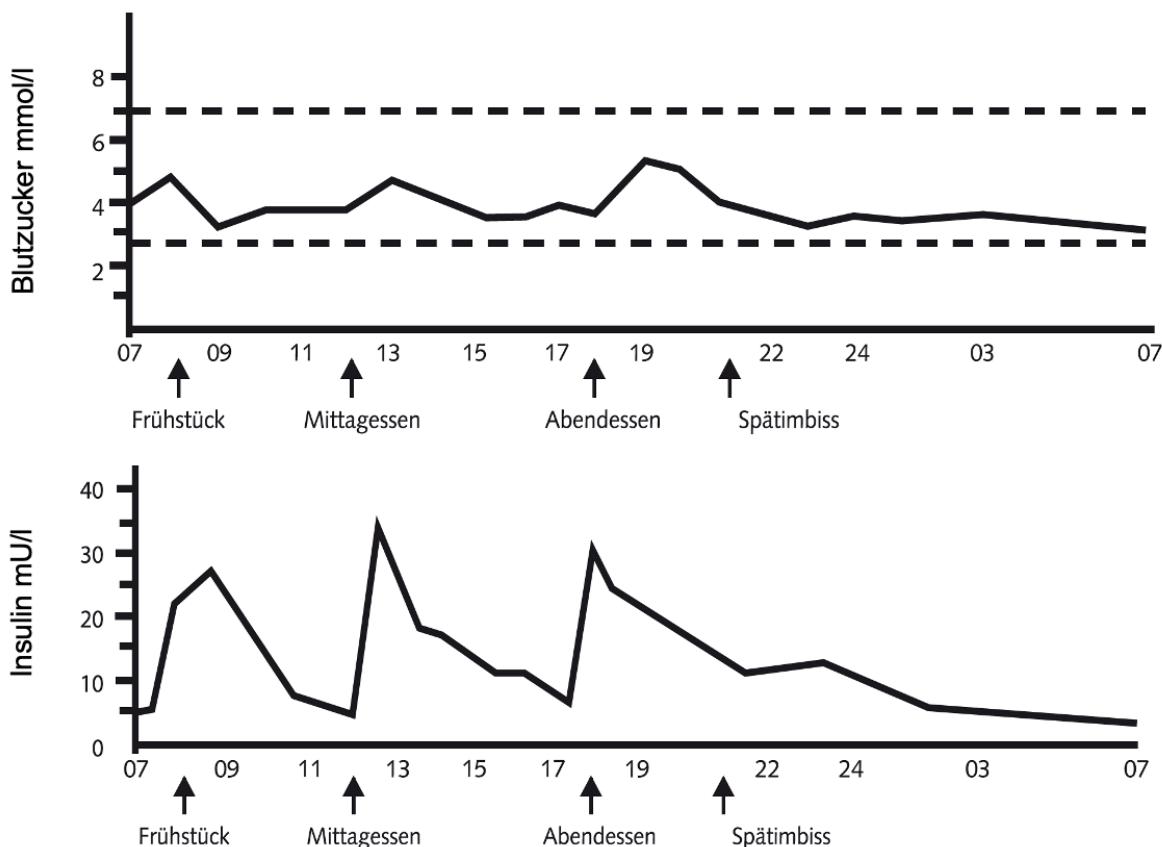
Seit 1921 ist die Eiweißstruktur des Insulins bekannt. Dieses kann seit langem gentechnologisch hergestellt werden und steht somit uneingeschränkt zur Therapie des Diabetes zur Verfügung. Unter richtiger Insulindosierung, regelmässiger Kontrolle der Zuckerwerte und gesunder Ernährung können Kinder und Jugendliche mit Diabetes ein weitgehend normales Leben führen. Dies beinhaltet aber, dass, je nach Behandlungsschema, 4-6 Mal am Tag Insulin gespritzt oder (kontinuierlich) über eine Pumpe abgegeben werden muss. Eine orale Gabe von Insulin ist nicht möglich, da dieses im Magen verdaut und damit unwirksam würde.



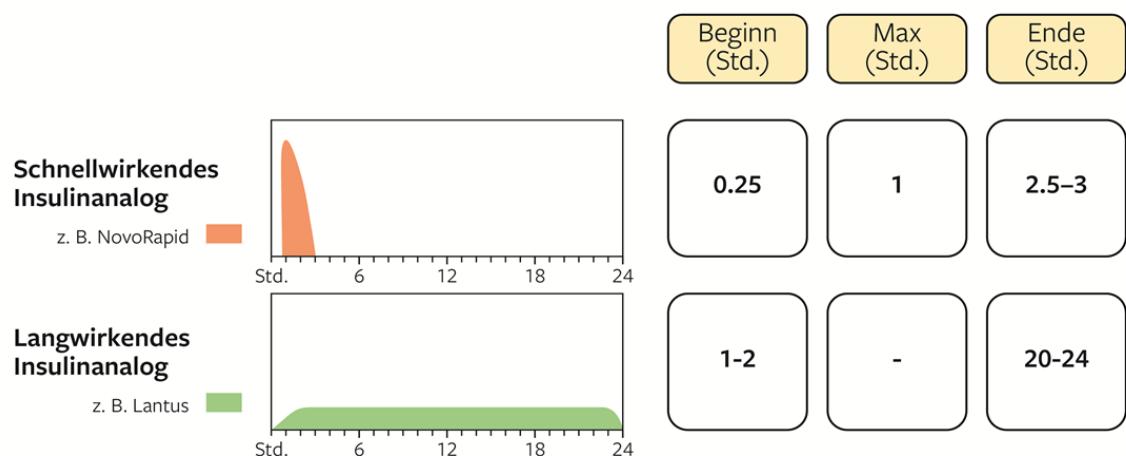
# Insulinprofil

## Blutzucker- und Insulinprofil beim Gesunden

Der Blutzucker bewegt sich in engen Grenzen. Während der Mahlzeiten steigt er leicht an. Sofort wird von den  $\beta$ -Zellen Insulin ins Blut abgegeben, welches bewirkt, dass der Zucker vom Blut in die Zellen gelangen kann und dort zu Energie verarbeitet wird.

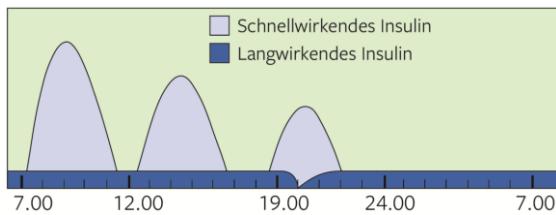


## Insuline und ihr Wirkprofil



# Therapievarianten im Überblick

## Funktionelle Insulintherapie (FIT)



Mit der FIT soll die physiologische Insulinsekretion nachgeahmt werden. Der Insulingrundbedarf wird dabei abends, selten zusätzlich morgens in Form eines langwirkenden Insulins verabreicht. Vor Mahlzeiten und zur Korrektur hoher Zuckerwerte wird ein rasch wirkendes Insulin gespritzt.

### Vorteile

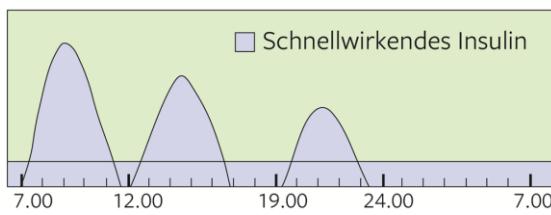
Freie Wahl der Essensmenge und -zeit, fixe Zwischenmahlzeiten sind nicht unbedingt nötig (wenn auch empfohlen). Insgesamt viel Flexibilität im Alltag.

### Nachteile

Mehrfach tägliche Insulininjektionen



## Insulinpumpe



Über eine elektronische Pumpe wird kontinuierlich ein schnellwirkendes Insulin in das Unterhautfettgewebe abgegeben (= Basalrate) um den Insulingrundbedarf des Körpers abzudecken. Zudem wird zu den Mahlzeiten und zur Korrektur hoher Zuckerwerte Insulin als Bolus abgegeben.

### Hybrid-Closed-Loop-Systeme (HCL) / Hypoglykämieabschaltung

Moderne Insulinpumpen können heute zusammen mit einem Sensor zur kontinuierlichen Glucosemessung (CGM) die Basalinsulinabgabe automatisch anpassen. Man spricht von „Hybrid“, weil Mahlzeiten weiterhin «von Hand» eingegeben werden müssen.

Es gibt auch Pumpen, die lediglich vor einer vorhergesagten Hypoglykämie die Insulinzufluss pausieren, nicht aber eigenständig auf erhöhte Zuckerwerte reagieren können. Diese Pumpen sind meist bei Kindern < 2 Jahren im Einsatz.

### Vorteile

Es sind keine Insulininjektionen mit dem Pen nötig (ausser bei drohender Entgleisung). Der Katheter muss allerdings alle zwei bis drei Tage gewechselt werden. Bei manchen Systemen ist eine längere Tragedauer von bis zu 7 Tagen möglich.

### Nachteile

Es erfordert regelmässige Kontrolle der Zuckerwerte, damit ein z.B. abgeknickter Katheter rasch bemerkt wird und somit der Gefahr einer ketoazidotischen Entgleisung gegengesteuert werden kann. Die Pumpe muss Tag und Nacht getragen werden (Ausnahme: z.B. Sport, Duschen).

# Therapieziele der Diabetesbehandlung

Das Ziel der Therapie ist, dass sich die Kinder psychisch, sozial und körperlich normal entwickeln können und der Zuckerwert im Blut oder Gewebe möglichst wenig schwankt. Er soll einerseits nicht zu hoch ansteigen (Hyperglykämie), andererseits nicht zu tief abfallen (Hypoglykämie). Der mittlere Zuckerwert sollte gegenüber Gesunden nur wenig erhöht sein.

## Bestimmung des Zuckerwertes

### Kapilläre Blutzuckermessung (Fingerpieks):

Diese Messmethode wird zu Beginn nach Diagnosestellung regelmäßig durchgeführt und bleibt auch später in besonderen Situationen notwendig (z.B. bei auffälligen Symptomen oder zur Kontrolle der Sensorwerte). Ohne CGM (siehe unten) sind mindestens 5-6 Messungen/Tag notwendig.

**Kontinuierliche Glucosemessung (CGM) im Unterhautfettgewebe:** Ein feines Filament misst den Gewebezucker automatisch rund um die Uhr und überträgt die Zuckerwerte alle 1–5 Minuten an ein Empfänger oder Smartphone. CGM ist heute Standard zur Zuckerwert Bestimmung, liefert neben Einzelwerten auch Trends, Tagesprofile und den Anteil der Zeit im Zielbereich („Time in Range“). Der Sensor wird je nach Modell alle 7–15 Tage gewechselt; die Daten können bei Bedarf über eine App auch von den Eltern eingesehen werden.

## Zuckerwert Ziele für einzelne Messungen

Vor den Hauptmahlzeiten und > 2.5 h nach der Mahlzeit	4-6 mmol/l
Während der Mahlzeit und bis 2.5 h danach	Zuckerwert wird vorübergehend höher liegen (bis ca. 10 mmol/L)

## Wann soll der Zuckerwert kontrolliert werden:

Bei Verdacht auf Hypoglykämie	Sofort
Mit CGM (heute Standard)	Der Sensor misst kontinuierlich, Alarne und Trendpfeile unterstützen den Alltag. Zusätzliche kapilläre Messungen bei: Symptomen, die nicht zum Sensorwert passen (z.B. auffällig oder unerklärlicher Wert), nach Setzen eines neuen Sensors, vor wichtigen Korrekturen bei sehr hohen Werten/Ketonen.
Mit kapillärer Blutzucker-messung (nur Fingerpieks, ohne CGM)	Vor jeder Hauptmahlzeit und vor dem Schlafengehen (täglich) Zusätzlich bei Symptomen einer Hypo- oder Hyperglykämie, bei Krankheit, Sport oder ungewohnten Belastungen. <u>Nachts:</u> mind. 1x pro Monat und falls abends eine Erhöhung des Insulins erfolgte, nach Sport oder wenn 2x morgens >6mmol/l. <u>Tagesprofil (vor und 2 Stunden nach jeder Mahlzeit):</u> bei Verschlechterung der Stoffwechsellsage oder mind. alle 3 Monate.

## Einflussfaktoren auf den Insulinbedarf

Der Insulinbedarf ist individuell und verändert sich situationsbedingt und im Verlauf:

- Honeymoon-Phase nach Diagnosestellung
- Körperliche Aktivität
- Ernährung und Tagesrhythmus
- Krankheiten, Infekte, Stress
- Alter und Pubertätstatus
- weitere, manchmal unbekannte Gründe

All diese Faktoren machen eine regelmäßige Anpassung der Insulindosis notwendig.

## Verantwortung und Dokumentation

Kind und Eltern übernehmen gemeinsam die Diabetestherapie inklusive Insulinanpassung. Ab etwa 12 Jahren können Kinder zunehmend selbst Verantwortung übernehmen, während die Eltern weiterhin bis ins junge Erwachsenenalter (Mit-) Verantwortung tragen. und als wichtige Begleiter fungieren. Alle Diabetes-Daten (Blutzucker- bzw. CGM-Werte, Insulindosen, Kohlenhydrate, Hypoglykämien, Bewegung und besondere Ereignisse) sollen konsequent schriftlich oder elektronisch dokumentiert werden. Sie bilden die Grundlage für eine sichere Therapieanpassung.

Das Diabetesteam steht bei Fragen jederzeit per Mail oder Telefon zur Verfügung.

# Hypoglykämie



Von einer Hypoglykämie (Unterzuckerung, «Hypo») spricht man bei Zuckerwerten  $\leq 3.5 \text{ mmol/l}$  oder  $3.6\text{-}4 \text{ mmol/l}$  mit entsprechenden Hypozeichen (siehe unten). Zum Schutz vor einem Zuckermangel besitzt der Körper ein Sicherheitssystem, wobei spezielle Hormone ausgeschüttet werden, die bewirken, dass die Zuckerreserven ins Blut abgegeben werden – als Gegenregulation zur Hypoglykämie. Diese Hormone sind auch für die Symptome bei einer Unterzuckerung verantwortlich (siehen unten).

Leichte Hypoglykämien kommen bei den meisten Kindern gelegentlich vor. Es ist wichtig, dass das Kind selbst und die Begleitpersonen diese erkennen, auch mit Hilfe der heutigen Technik. Durch Gegenmassnahmen wird verhindert, dass die Hypoglykämie andauert oder der Blutzucker noch tiefer absinkt und somit die Gefahr eines Bewusstseinsverlustes (=hypoglykämisches Koma) besteht.

## Ursachen einer Hypoglykämie

- weniger gegessen als berechnet
- mehr Sport / Bewegung als geplant
- Zu viel Insulin
- Alkohol
- akute Erkrankungen wie Magen-Darm-Grippe

## Symptome der Hypoglykämie

- Blässe
- Müdigkeit
- Schwitzen
- Zittern
- Heißhunger
- Auffallend ruhig oder aggressiv
- Kopfschmerzen
- Sehstörungen
- Schwindel
- Bewusstlosigkeit
- (hypoglykämisches Koma)
- Krampfanfälle

## Was tun bei Hypoglykämie

1. Blutzucker messen
2. Kohlenhydrate geben, insbesondere bei FIT (siehe unten)
3. Blutzucker-Kontrolle innert 15 Minuten
4. Bei Zuckerwert  $< 4 \text{ mmol/l}$  solange wiederholen, bis normalisiert.

Zuckerwert	Kohlenhydratwert (KHW)
3.6-4 mmol/l mit Hypozeichen oder 3.0-3.5 mmol/l	0.5-1 schneller KHW
2.0-2.9 mmol/l	0.5-1 schneller KHW + 0.5-1 langsamer KHW
< 2.0 mmol/l	0.5-1 schneller KHW + 1-2 langsamer KHW

< 7 Jahre 0.5 KHW; > 7 Jahre 1 KHW

1 schneller KHW: z.B. 1dl Orangensaft, 3 Stück (DextroEnergen®) oder 5 Stück (Sidroga Synergy®) Traubenzucker

1 langsamer KHW: z.B. 3 Darvida, 4 Blevita, 20g Ruchbrot



## Wichtig

- Notfallausweis immer mitführen
- Wichtige Betreuungspersonen über Diabetes informieren
- Nahrungsmittel, um eine Hypoglykämie zu korrigieren (Traubenzucker, Darvida®), immer mitführen und auch der Lehrperson, Sporttrainer oder anderen Betreuungspersonen abgeben
- Fettreiche Nahrungsmittel (z.B. Schokolade) sind zur Akutbehandlung einer Hypoglykämie nicht geeignet.

# Hypoglykämisches Koma



## Bei Bewusstlosigkeit: Ruhe bewahren! Nichts zu trinken geben!

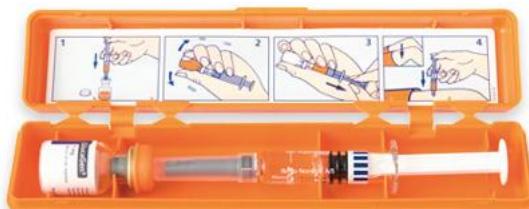
1. Weckversuch mittels Schmerzreiz (z.B. Klemmen)
2. Blutzucker messen, bei schwerer Hypoglykämie unter Pumpentherapie diese unterbrechen (Pumpe stoppen oder Katheter abkoppeln/-ziehen)
3. Falls das Kind, der/die Jugendliche erwacht: Traubenzucker geben oder Orangensaft trinken lassen.
4. Falls er/sie nicht innerhalb einiger Minuten erwacht: Glukagon verabreichen
  - Ab 4 Jahren: Baqsimi® Nasenspray
  - Unter 4 Jahren oder wenn Baqsimi® nicht verfügbar: GlucaGen Hypokit® spritzen (bei Kindern >25 kg ganze Ampulle senkrecht in Oberschenkel injizieren; bei Kindern <25 kg eine halbe Ampulle)
5. 10 min warten. Wenn das Kind, der/die Jugendliche erwacht: Nahrung geben, da die Glucosespeicher geleert sind.
6. Wenn das Kind nach 10 min nicht erwacht: Arzt oder Ambulanz rufen; bei Unsicherheit natürlich auch schon vorher.
7. Bitte informieren Sie uns nach einer schweren Hypoglykämie, damit wir gemeinsam die Ursachen besprechen und die Therapie allenfalls anpassen können.

## Glukagon

Glukagon bewirkt eine Ausschüttung der Zucker- bzw. Stärkereserven aus der Leber und wirkt innerhalb weniger Minuten. Es ist ein natürliches Hormon, das auch in der Bauchspeicheldrüse hergestellt wird. Bei schwerer Hypoglykämie geben wir Glukagon ab 4 Jahren als Nasenspray (Baqsimi®), vorher steht GlucaGen Hypokit® für die intramuskuläre Injektion zur Verfügung.

Sobald das Kind, der/die Jugendliche wieder wach ist, sollte er/sie schluckweise zuckerhaltige Getränke (z.B. O-Saft) zu trinken bekommen und Traubenzucker essen. Anschliessend sind langwirksame Kohlenhydrate nötig, um die Zuckerspeicher wieder aufzufüllen. Glukagon kann Nebenwirkungen wie Übelkeit, Erbrechen und Kopfschmerzen verursachen. Falls keine Nahrungsaufnahme möglich ist, muss das Kind, der/die Jugendliche ins Spital und erhält dort eine Glucoseinfusion.

Nach einer schweren Hypoglykämie kann der Zuckerkwert vorübergehend ansteigen (reaktive Hyperglykämie). Diese muss in der Regel nicht zusätzlich mit Insulin korrigiert werden.



GlucaGen® Hypokit



Baqsimi®

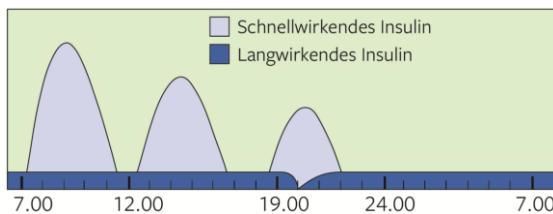
## WICHTIG

Eine schwere Hypoglykämie ist ein sehr seltenes Ereignis, wenn man gut auf die Hypozeichen des Körpers achtet, den Blutzucker misst und allfälligen Hypoglykämien gegensteuert. Symptomlose oder -arme Hypoglykämien können mit CGM-Alarmen aufgedeckt und ebenfalls korrigiert werden.

Sowohl schnelle, als auch langsame Kohlenhydrate (Traubenzucker, Darvida/Blevita®) sollten immer in ausreichender Menge mitgenommen werden! Erhöhte Achtsamkeit ist bei in Serie auftretenden Hypoglykämien geboten.

# Die funktionelle Insulintherapie (FIT)

Die funktionelle Insulintherapie besteht aus drei Komponenten: Basalinsulin, Essensinsulin und Korrekturinsulin. Hierfür verwenden wir ein langwirksames (z.B. Lantus®) und ein kurzwirksames Insulin (z.B. Novorapid®).



Novorapid® hat seinen Wirkungsbeginn bereits nach 15 Minuten, das Wirkmaximum liegt bei 60 Minuten und die maximale Wirkdauer liegt bei ca. 3 Stunden.

Lantus® beginnt nach 1-2 Stunde zu wirken. Es zeigt ein flaches Wirkprofil ohne Peak und hat eine Wirkdauer von bis zu 24 Stunden. In der Regel reicht eine Injektion pro Tag (meist am Abend vor dem Schlafengehen). In besonderen Situationen kann eine zweimal tägliche Gabe sinnvoll sein.

## Basalinsulin

Zur Aufrechterhaltung der Organfunktionen (Atmung, Herzschlag, Bewusstsein, Verdauung, Körpertemperatur und vieles mehr) braucht unser Körper immer Energie. Wenn wir nicht gerade Kohlenhydrate gegessen haben, wird diese Energie für einige Stunden aus den Zuckerreserven der Leber mobilisiert. Zur Zuckerverwertung ist stets etwas Insulin nötig.

Diesen einigermassen konstanten Insulinbedarf nennen wir Basisbedarf. Er beträgt ca. 30 (-40) % der gesamten Insulin-Tagesdosis. In die Basalinsulin-Dosis sind keine Mahlzeiten eingerechnet. Es muss also auch an einem Tag, an dem nichts gegessen wird (Krankheit, Fasten), Basalinsulin gespritzt werden. Wir verwenden als Basalinsulin meist das lang- und konstant wirkende Insulin Lantus®.

## Lantus®

Das Basalinsulin Lantus® (Insulin Glargin) wird in der Regel einmal täglich injiziert, vorzugsweise am Abend vor der Bettruhe. Der Wirkbeginn erfolgt nach ca. 1–2 Stunden. Es zeigt ein flaches Wirkprofil ohne ausgeprägten Peak. Die Wirkdauer beträgt bis zu 24 Stunden. Zeitliche Flexibilität: Die Injektion sollte möglichst immer zur gleichen Uhrzeit erfolgen. Sollte die Injektion einmal vergessen gegangen sein, kann die Gabe bis ca. 4h später mit der gleichen Dosis erfolgen. Fällt die vergessene Injektion erst später auf, sollte die Lantus® Dosis um ca. 30% reduziert werden (spätestens am nächsten Morgen).

Zweimal tägliche Gabe: Nur in besonderen Situationen, z.B. bei kürzerer Wirkdauer, sehr unterschiedlichem Insulinbedarf oder in der Pubertät mit erhöhtem Insulinbedarf, kann Lantus® auch zweimal täglich gespritzt werden mit einem Abstand von ca. 12 Stunden (z.B. am Abend vor der Bettruhe und am Morgen nach dem Aufstehen).

## Dosisanpassung:

- Wenn der Zuckerwert am Morgen wiederholt > 6 mmol/l liegt und der nächtliche Wert (02–03 Uhr) nicht unter 4 mmol/l fällt, soll die abendliche Dosis um 0.5–1 E erhöht werden.
- Kommt es in der Nacht (02–03 Uhr) zu Hypoglykämien (<4 mmol/l), muss die Abenddosis entsprechend reduziert werden.

Am genauesten lässt sich die Tagesdosis prüfen, indem man einen Fastenhalbtag durchführt:

- Steigt der Zuckerwert während des Fastens langsam an → Dosis um 0.5–1 E erhöhen.
- Kommt es unter Fastenbedingungen zu Hypoglykämien (<4 mmol/l) → Dosis um 0.5–1 E reduzieren.

Ziel der richtigen Dosis des Langzeitinsulines ist es, den Zuckerwert außerhalb der Mahlzeiten und während der Nacht stabil zu halten.

## Mahlzeiteninsulin

Generell gilt: vor jeder Kohlenhydrat-Einnahme muss ein schnell wirksames Insulin z.B. Novorapid® gespritzt werden. Die Dosis wird berechnet, indem man seine individuellen Faktoren mit der Anzahl Kohlenhydratwerte (KHW) multipliziert. Die Faktoren werden zu Beginn der Therapie im Rahmen der Erstinstruktion bei uns eruiert. Sie sind nicht während des ganzen Tags gleich, da der Körper nicht zu jeder Tageszeit gleich insulinempfindlich ist. Auch sind sie abhängig vom Insulinbedarf und ändern sich somit im Verlauf einer Therapie. Ob die Essensinsulindosis stimmt, kann man überprüfen, indem man ca. 2.5 h nach der Mahlzeit den Zuckerwert kontrolliert. Ziel ist, dass der Zuckerwert vor und 2.5 h nach dem Essen ungefähr gleichbleibt (wenn man nicht korrigiert hat, heisst im Idealfall 4-6 mmol/l). Steigt dieser mehrfach 2.5h nach einer Mahlzeit an, wird der Faktor um 0.25 E/KHW erhöht. Kommt es zu Hypoglykämien wird er entsprechend reduziert. Diese Anpassungen können Sie selbstständig oder auch in Rücksprache mit dem Diabetesteam machen.

Bei FIT gibt es 3 Situationen, in denen für die Kohlenhydrat- Einnahme **kein** Insulin gespritzt werden muss:

- Bei kleinen Kindern kann teilweise 1 KHW zum Znüni gegessen werden, ohne dass der Zuckerwert dabei zu hoch ansteigt. Ob dies zutrifft, muss immer wieder ausprobiert werden.
- Vor körperlicher Aktivität kann ein KHW ohne Insulingabe eingenommen werden, wenn der Zuckerwert <6 mmol/l beträgt. (s. Kapitel „Sport/ körperliche Aktivität“)
- Bei Hypoglykämien müssen Kohlenhydrate eingenommen werden, um den Zuckerwert wieder in den Normbereich anzuheben (s. Kapitel „Hypoglykämie“). Verständlicherweise wird dafür kein Insulin gespritzt.

## Spritz-Essabstand

Der Zeitabstand zwischen Insulininjektion und Mahlzeit hängt vom Zuckerwert ab:

Je höher der Zuckerwert, desto länger soll der Spritz-Essabstand sein. Umgekehrt soll bei Hypoglykämie ggf. zuerst gegessen werden, bevor Insulin gespritzt wird.

Zuckerwert	Spritz-Essabstand
≤ 3.5 mmol/l	zuerst essen, dann spritzen.
3.6-6 mmol/l	spritzen und sofort essen
> 6 mmol/l	spritzen und erst nach 15-20 Min essen

## Korrekturinsulin

Liegt der Zuckerwert zu einem beliebigen Zeitpunkt, jedoch mindestens 2.5 h nach der letzten Novorapid®-Injektion, >6 mmol/l, soll mit Novorapid® nach untenstehender Formel korrigiert werden.

Zuckerwert – 6

X

X ist ein Faktor (bei dir aktuell ....) und bedeutet, dass eine Einheit Novorapid® den Zuckerwert um X mmol/l senkt. Der Korrekturfaktor ist individuell verschieden und abhängig von der Gesamtinsulinmenge sowie dem Alter und Gewicht des Kindes. Er verändert sich im Laufe der Zeit. Der individuelle Wert, ab dem Du korrigieren solltest liegt bei ..... .

Der Zielwert 2.5 h nach der Korrektur beträgt etwa 6 mmol/l. Bei FIT gilt: Entspricht die berechnete Insulinmenge ≥ 1 E, wird Insulin gespritzt, sofern die letzte Novorapid®-Injektion mindestens 2.5 h zurückliegt. Beträgt die Menge < 1 E (½ E), wird nicht korrigiert (Ausnahme: es wird gleichzeitig Novorapid® zum Essen gegeben und die Korrektur-Dosis kann addiert werden).

Etwa 2.5 h nach der Korrektur sollte der Zuckerwert kontrolliert werden; liegt dieser weiterhin > 6 mmol/l, erfolgt eine erneute Korrektur nach derselben Formel. Tritt dies häufiger auf, ist der Korrekturfaktor anzupassen. Liegt der Zuckerwert zweimal > 15 mmol/l oder einmal > 20 mmol/l und sind Ketone im Urin positiv, besteht Insulinmangel und es muss die doppelte Korrekturdosis gespritzt werden. Ein Kontakt zum Diabeteszentrum ist in dieser Situation notwendig.

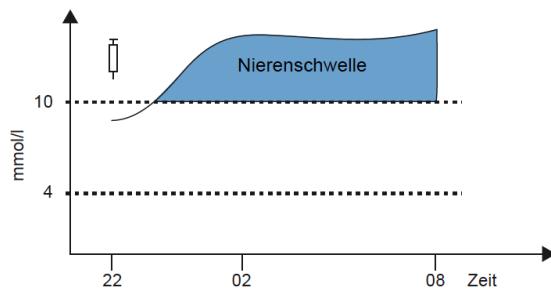
**Achtung:** Korrekturinsulin darf nur gespritzt werden, wenn seit der letzten Novorapid®-Gabe mehr als 2.5 h vergangen sind (d.h., wenn die maximale Wirkdauer vorbei ist).

# Nächtlicher Zuckerverlauf bei FIT

Ein erhöhter Zuckerwert beim Aufstehen kann verschiedene Gründe haben. Zur Klärung der Situation sollte der nächtliche Zuckerverlauf im CGM angesehen werden oder nachts um 2-3 Uhr der Blutzucker gemessen werden.

## Insulinmangel

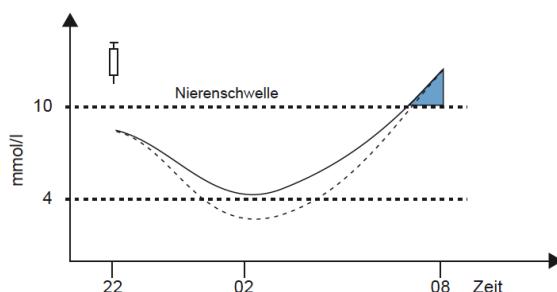
Der Zuckerwert steigt im Verlauf der Nacht an.



**Therapie:** Langwirksames Insulin vor der Bettruhe erhöhen

## Dawn-Phänomen

Nach einem normalen Zuckerwert nachts um 2-3 Uhr, kommt es aufgrund der Ausschüttung von Blutzucker-steigernden Hormonen (Wachstumshormon, Cortisol) am frühen Morgen zu einem Anstieg des Zuckerwertes. Dieses Phänomen wird v.a. während der Pubertät beobachtet.

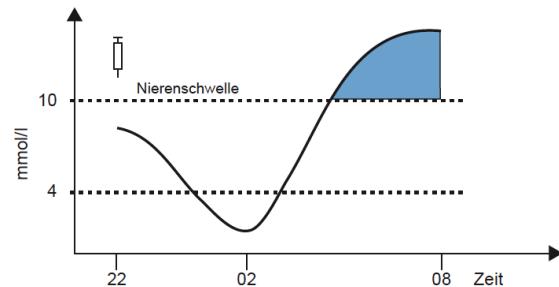


**Therapie:** Bei Zuckerwerten >4 mmol/l um 2-3 Uhr kann man versuchen, das langwirksame Insulin vor der Bettruhe zu erhöhen. Kommt es in der folgenden Nacht jedoch zu einer Hypoglykämie, soll die Dosis wieder zurückgenommen werden.

Die einzige Möglichkeit, das Dawn-Phänomen sicher zu beeinflussen, ist eine Insulinpumpentherapie.

## Somogy-Effekt

Bei (unerkannten) nächtlichen Hypoglykämien kann es aufgrund der physiologischen Gegenregulation (Adrenalin, Glukagon etc.) zu einem Blutzuckeranstieg am Morgen kommen, da der Körper seine Zuckerreserven mobilisiert.



**Therapie:** Langwirksames Insulin vor der Bettruhe reduzieren.

**Symptome unerkannter nächtlicher Hypoglykämien:** nächtliche Hungerattacken, unruhige Nacht, schlechte Träume, starkes Schwitzen im Schlaf, morgendliche Kopfschmerzen.

# Praktisches Vorgehen zur Insulinanpassung

Bei jeder Messung des Zuckerwertes muss berechnet werden, wieviel Novorapid® zur Korrektur des Zuckerwertes und wieviel für das Essen gespritzt werden muss. Man sollte sich immer 3 Fragen stellen:

- Ist der Zuckerwert zu hoch, zu tief oder normal (Ziel 4-6mmol/l)?
- Muss ich sofort etwas machen (Hypoglykämie oder Hyperglykämie korrigieren)?
- Muss ich mir etwas für die nächsten Tage merken (Anpassung der Therapie nach wiederholt notwendigen Korrekturen)?

## Beispiel 1

Zuckerwert vor dem Mittagessen: 12 mmol/l  
Mittagessen: 5 KHW

Kohlehydratfaktor für Mittagessen: 1 E/KHW  
Korrekturfaktor: (Zuckerwert-6)/3

### Berechnung:

- Korrektur:  $(12-6)/3 = 2 \text{ E}$
- Essensinsulin:  $5 \times 1 \text{ E} = 5 \text{ E}$
- Total 2 E + 5 E = 7 E Novorapid®
- Spritz-Ess-Abstand 15 - 20 min

## Beispiel 2

Zuckerwert vor dem Zvieri: 5.6 mmol/l  
Zvieri: 2 KHW

Kohlehydratfaktor für Zvieri: 1.25 E/KHW  
Korrekturfaktor: (Zuckerwert-6)/2

### Berechnung:

- Korrektur: 0
- Essensinsulin:  $2 \times 1.25 \text{ E} = 2.5 \text{ E}$
- Total 2.5 E Novorapid®
- Kein Spritz-Ess-Abstand

## Beispiel 3

Zuckerwert vor Abendessen: 3.1 mmol/l  
Abendessen: 6 KHW

Kohlehydratfaktor für Abendessen: 1 E/KHW  
Korrekturfaktor: (Zuckerwert-6)/2

### Berechnung:

- Korrektur: sofort 1dl Orangensaft
- Essensinsulin:  $6 \times 1 \text{ E} = 6 \text{ E}$
- Total 6 E
- Zuerst essen, dann spritzen

## Beispiel 4

Zuckerwert vor Morgenessen: 12 mmol/l  
Morgenessen: 4 KHW

Kohlehydratfaktor für Morgenessen: 2 E/KHW  
Korrekturfaktor: (Zuckerwert-6)/2

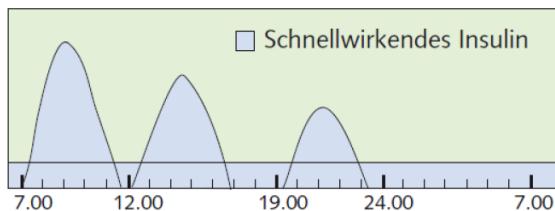
### Berechnung:

- Korrektur:  $(12-6)/2 = 3 \text{ E}$
- Essensinsulin:  $4 \times 2 \text{ E} = 8 \text{ E}$
- Total 3 E + 8 E = 11 E
- Spritz-Ess-Abstand 15-20 min
- Achtung: falls Zuckerwert am Morgen wiederholt >6 mmol/l, nächtliche Hypoglykämie ausschliessen (Sensor ablesen oder Blutzucker um 03:00 Uhr messen) und dann Lantus® am Abend um 0.5-1 E erhöhen. Falls Zuckerwert um 03:00 Uhr <4 mmol/l Lantus® um 0.5-1 E reduzieren.

# Insulinpumpentherapie und Hybrid-Closed-Loop-Systeme (HCL)

## Was ist eine Insulinpumpe?

Eine Insulinpumpe ist ein kleines elektronisches Gerät, das über einen feinen Katheter kontinuierlich schnellwirksames Insulin ins Unterhautfettgewebe abgibt. Diese Abgabe, die sogenannte **Basalrate**, läuft Tag und Nacht. Zu den Mahlzeiten oder bei erhöhtem Zuckerwert gibt man zusätzlich **Boli** über die Pumpe ab. Damit entfällt das langwirksame Basalinsulin und in der Pumpe wird ausschliesslich ein schnellwirksames Insulin verwendet (z.B. Novorapid®).



Man muss sich bewusst sein, dass bei Ausfall der Pumpe oder Unterbruch der Insulinzufuhr bereits nach ca. 2.5h (Wirkdauer des Novorapid®) kein wirksames Insulin mehr im Körper ist und somit die Gefahr einer ketoazidotischen Entgleisung besteht. Regelmässige Kontrollen der Zuckerwerte sind deshalb unabdingbar, um Notfallsituationen zu vermeiden.

## Hybrid-Closed-Loop-Systeme (HCL)

Moderne Insulinpumpen arbeiten heute zusammen mit einem kontinuierlichen Glucosesensor (CGM). Ein Algorithmus berechnet automatisch, wie viel Insulin die Pumpe abgeben soll, um im idealen Glucosebereich zu bleiben. „Closed-Loop“ bedeutet, dass Sensor und Pumpe miteinander verbunden sind und sich die Insulinzufuhr automatisch an die gemessenen Werte anpasst. „Hybrid“ heisst: Die Basalinsulinabgabe wird vom System selbst gesteuert, die Mahlzeiten-Boli müssen jedoch weiterhin vom Kind/Jugendlichen oder den Eltern in Gramm Kohlenhydraten eingegeben werden. **Ein HCL-System ist also wie ein Autopilot der den Kurs hält, aber starten und landen muss man selbst.**

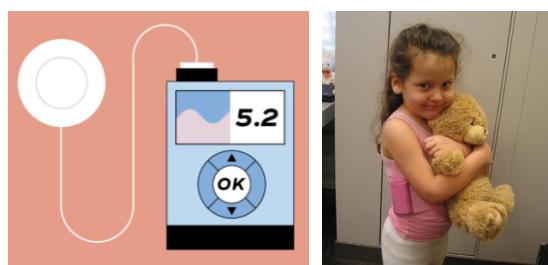
Es gibt verschiedene HCL-Systeme. Alle funktionieren prinzipiell ähnlich, haben aber eigene Besonderheiten. Welches System passt, entscheidet das Diabetesteam gemeinsam mit Familie und Kind/Jugendlichem. Die Erstinstruktion zur technischen Handhabung der Insulinpumpe erfolgt über die VertreterInnen der jeweiligen Firma. Eine Umstellung von FIT erfolgt meistens ambulant mit 3 Schulungen vor Ort über 2 Wochen.

**Merke:** Moderne HCL-Systeme verbessern die Stoffwechsellsage. Dennoch gilt: Entscheidend für den Therapieerfolg ist nicht nur die Technik, sondern vor allem, wie konsequent und zuverlässig sie im Alltag angewendet wird.

## Was bleibt die Aufgabe der Familie/des Kindes/Jugendlichen?

Auch mit Hybrid-Closed-Loop müssen weiterhin Aufgaben übernommen werden:

- Kohlenhydrate bei Mahlzeiten möglichst korrekt und **immer** vor der Mahlzeit eingeben (abwiegen, gut schätzen)
- Bei hohen Werten Korrekturen kontrollieren, teils auch selbst abgeben (je nach Pumpenmodell)
- Katheter, Reservoir und Sensor regelmässig wechseln
- Auf Alarne reagieren (z.B. Signalverlust, Unterbruch der Insulinzufuhr)
- Vertraut mit der Technik der Insulinpumpe sein und bleiben



## Basalrate

Zur Aufrechterhaltung lebenswichtiger Funktionen (Atmung, Herzschlag, Bewusstsein, Verdauung) benötigt der Körper ständig Energie. Fehlen Kohlenhydrate, wird sie aus den Zuckerreserven der Leber gewonnen – zur Verwertung ist immer etwas Insulin nötig. Dieser Grundbedarf („Basis“) macht etwa 30 % der täglichen Insulindosis aus und ist unabhängig von Mahlzeiten, also auch bei Krankheit oder Fasten erforderlich. Während bei der funktionellen Insulintherapie (FIT) das Basalinsulin 1(–2) x täglich als Verzögerungsinsulin gespritzt wird, gibt die Insulinpumpe kontinuierlich kurzwirksames Insulin ab.

In allen Pumpensystemen ist eine Basalrate hinterlegt. Bei modernen HCL-Pumpen dient sie als Grundlage des Algorithmus oder als Backup bei dessen Ausfall. Der Algorithmus passt die Insulinzufuhr automatisch an die gemessenen Glukosewerte an – sie kann erhöht, reduziert oder vorübergehend gestoppt werden. Ziel einer individuellen, passenden Basalrate ist ein stabiler Glukosespiegel ausserhalb der Mahlzeiten und in der Nacht. Viele Systeme bieten zudem spezielle Modi (z.B. „Sport“ oder „Krankheit“), die die Basalzufuhr automatisch anpassen und unterschiedliche Zielwerte erlauben.

## Mahlzeitenboli

Für jede Mahlzeit muss weiterhin ein Bolus mit schnellwirksamem Insulin abgegeben werden, da das System (noch) nicht erkennt, wann gegessen wird.

Die Insulin Dosis wird über einen integrierten Bolusrechner bestimmt, indem die eingegebenen Kohlenhydrate mit dem individuellen Mahlzeitenfaktor berechnet werden. Mahlzeitenfaktoren sind tageszeitabhängig und müssen regelmässig überprüft werden.

Nach einer Mahlzeit sollte der Zuckerwert nach ca. 2.5 Stunden wieder im Zielbereich liegen (4–6 mmol/l). Wenn der Zuckerwert regelmässig nach Mahlzeiten hoch bleibt oder auch zu tief absinkt, soll der Mahlzeitenfaktor angepasst werden.

In Insulinpumpen/HCL-Systemen ist meist der sogenannte Insulin-Kohlenhydrat-Quotient

(ICR) hinterlegt. Er beschreibt, wie viele Gramm Kohlenhydrate mit 1 IE Insulin abgedeckt werden. Dies bedeutet: Je kleiner der Quotient, desto mehr Insulin wird pro KHW abgegeben.

## Insulinabgabe-Essabstand

Der Zeitabstand zwischen Insulinabgabe und Mahlzeit hängt vom Zuckerwert ab:

Je höher der Zuckerwert, desto länger soll der Insulinabgabe-Essabstand sein. Umgekehrt soll bei Hypoglykämie zuerst gegessen werden, bevor Insulin abgegeben wird.

Zuckerwert	Insulinabgabe-Ess-abstand
< 6 mmol/l	Insulin abgeben und essen
≥ 6 mmol/l	Insulin abgeben und erst nach 10 Min essen

**Beachte:** Das Diabetesteam informiert, wie bei bereits gestoppter Insulinzufuhr unter HCL-Pumpentherapie bei niedrigem Zuckerwert vorzugehen ist.

## Korrekturinsulin

Auch bei HCL-Pumpen kann es Situationen geben, in denen der Zuckerwert zu hoch bleibt und ein zusätzlicher Korrekturbolus nötig ist (z.B. nach grossen Mahlzeiten, ungenauer Kohlenhydrateingabe, Katheterproblemen oder während Krankheit).

Moderne HCL-Systeme unterstützen dabei mit Bolus-Empfehlungen. Einige Systeme geben zudem automatische Korrekturboli ab. Ebenso ist es teils möglich auch manuelle Boli, berechnet nach individuellem Korrekturfaktor, abzugeben.

Wichtig ist, zu unterscheiden, ob der hohe Zuckerwert eine erklärbare Ursache hat oder ob ein Unterbruch der Insulinzufuhr vorliegt (z.B. durch abgeknickten oder herausgerutschten Katheter, leeres Reservoir, nicht mehr intaktes Insulin, leere Batterie der Pumpe etc.).

- Bei intakter Insulinzufuhr: Korrekturbolus über die Pumpe abgeben.
- Bei Verdacht auf Unterbruch: Korrekturbolus mit Pen und Katheter/Infusionsset wechseln
- (siehe nächste Seite)

## Vorgehen bei Verdacht auf unterbrochene Insulinzufluhr

Bei der Insulinpumpentherapie wird ausschliesslich schnellwirksames Insulin verwendet. Dadurch ist kein Depotinsulin im Körper vorhanden. Wird die Insulinzufluhr unterbrochen, steigt das Risiko für eine **rasche Stoffwechselentgleisung (Ketoazidose)**. Schon nach 2-4 Stunden ohne Insulin kann der Zuckerwert deutlich ansteigen, und innerhalb von weniger als 24 Stunden kann eine gefährliche Ketoazidose entstehen. Wichtig bei Ketonnachweis ist eine Korrektur mit dem **Pen (keinesfalls über die Insulinpumpe) nach folgender Formel:**

Gesamtinsulin (= Basis + Bolus der letzten 24h) x 0.2

und eine Neuanlage des Pumpensystems.

Regelmässige Kontrollen der Zuckerwerte sind notwendig, um eine beginnende Entgleisung zu erkennen und frühzeitig zu behandeln.

### Zeichen einer ketoazidotischen Entgleisung

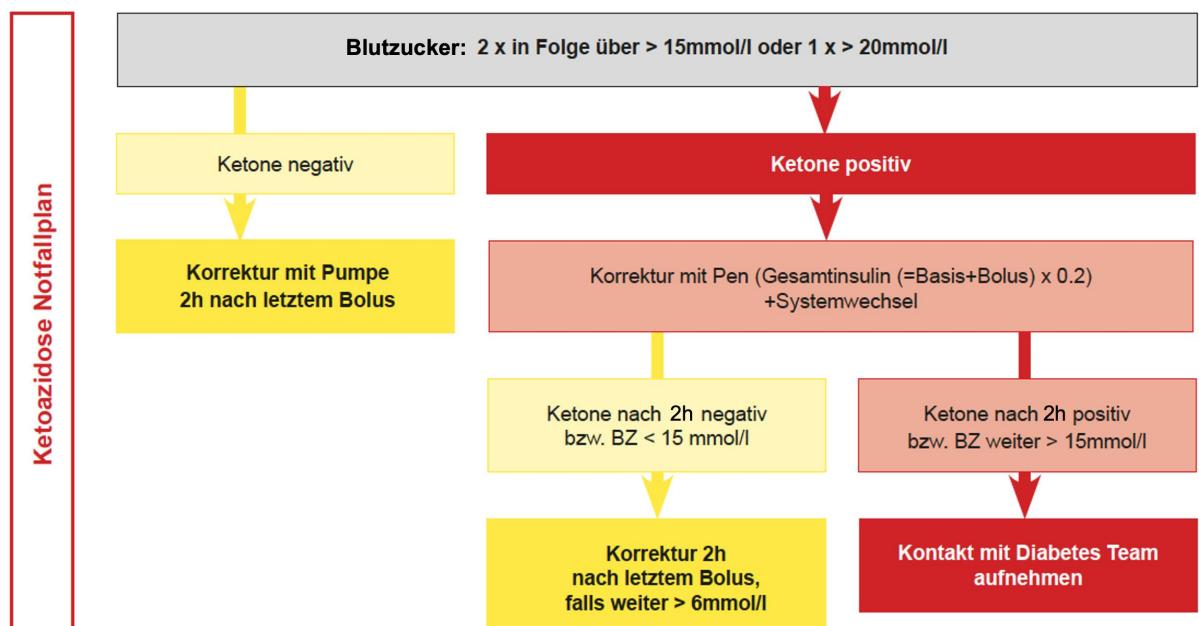
- deutlich erhöhte Zuckerspiegel
- Keton Nachweis im Urin
- Durst, häufiges Wasserlöschen
- Übelkeit, Erbrechen
- Bauchschmerzen
- Azetongeruch
- Krampfanfälle

Falls die Insulinzufluhr mit der Pumpe nicht wiederhergestellt werden kann, muss auf eine funktionelle Insulintherapie mittels Pen umgestellt werden. Am einfachsten geht dies, wenn man ein Depotinsulin als Basis abends spritzt und die Mahlzeiten wie üblich mit schnellwirksamen Insulinbolus abdeckt. Ist kein Basisinsulin vorhanden oder dauert der Unterbruch weniger als 24h, kann alle 2-3h z.B. Novorapid injiziert werden (ungefähr in der Dosis, die die Pumpe über die entsprechende Zeit abgeben würde).

Die Hotline der Pumpenfirma sollte bei technischen Schwierigkeiten kontaktiert werden. Sollten Zweifel bestehen, wie umstellen auf FIT, bitte das betreuende Diabetesfachteam zu Rate ziehen.

### Mögliche Ursachen der unterbrochenen Insulinzufluhr:

- Kanüle oder Katheter verstopft oder herausgerutscht
- Grössere Menge Luft im Katheter
- Insulinreservoir leer oder undicht
- Insulin nicht mehr wirksam (überwärmte, gefrorene, alt)
- Technischer Defekt (gibt meist Fehlermeldung auf Pumpe)
- Batterie leer



# Urinkontrollen

Die Urinkontrollen sollten durchgeführt werden:

- bei wiederholten Hyperglykämien z.B., wenn die letzten zwei Zuckerwerte  $>15$  mmol/l waren
- das Kind krank ist (Übelkeit, Erbrechen, Fieber, etc.)

Mittels Urinkontrollen können sowohl Zucker als auch Ketone gemessen werden.

## Urinzucker

Der Urin enthält normalerweise keinen Zucker. Wird Zucker im Urin nachgewiesen, bedeutet dies, dass der Blutzucker deutlich erhöht ist und die Nierenschwelle für den Zucker überschritten wurde. In der Regel ist diese Schwelle bei einer Blutzuckerhöhe von ca. 10 mmol/l.

## Urin-Ketone

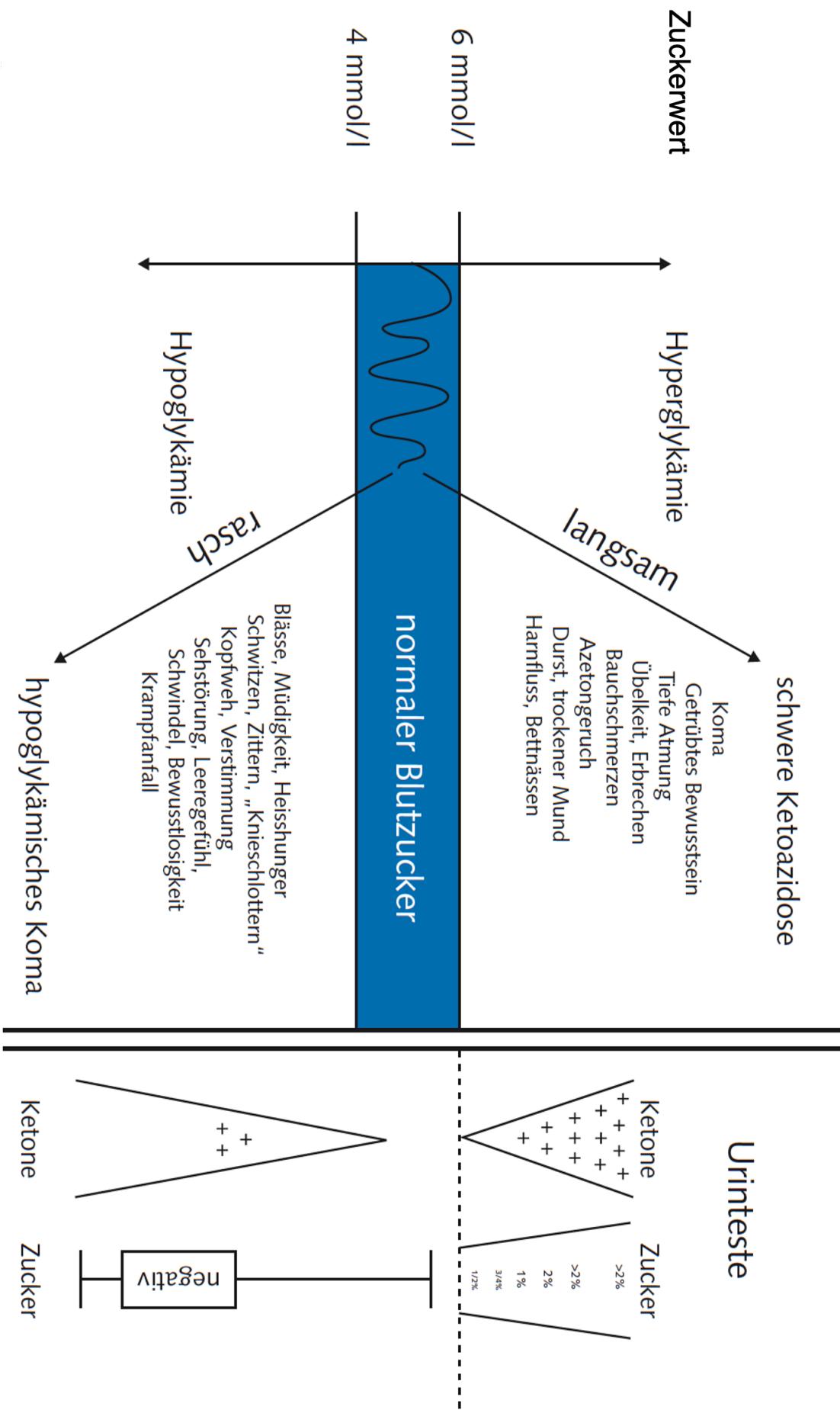
Das Auftreten von Ketonen bedeutet, dass die Zelle auf Fettverbrennung umgestellt hat. Dies kommt vor:

- bei Insulinmangel (Hyperglykämie, Alarmstufe Rot!)
- bei „Zuckermangel“ (Fastenzustand)



## Interpretation

Zucker	negativ	Keine Gefahr im Verzug
Keton	negativ	
Zucker	positiv	Zuckerwert zu hoch, aber noch keine Ketoazidose
Keton	negativ	
Zucker	positiv	Der Stoffwechsel ist schwer gestört, eine beginnende Ketoazidose ist möglich → Insulin spritzen nach Korrekturformel, ggf. doppelte Korrektur, viel zuckerfreie Flüssigkeit zu trinken geben. Urin erneut kontrollieren bis Ketone wieder negativ.
Keton	positiv	
Zucker	negativ	Hinweis auf Fastenzustand
Keton	positiv	



# Sport/körperliche Aktivität

Regelmässige körperliche Aktivität wirkt sich positiv auf die Stoffwechsellage bei Kindern mit Diabetes aus. Sie sind genauso leistungsfähig wie ihre Altersgenossen beim Turnen, Wandern, Skifahren etc. Auch in Sportvereinen können und sollen sie aktiv mitmachen (dürfen). Allerdings sollten Sportarten wie Klettern, Hochgebirgstouren und Schwimmen nur gemeinsam mit anderen Personen ausgeübt werden, die über die Krankheit orientiert sind und wissen, was im Notfall zu tun ist.

Körperliche Betätigung vermindert den Insulinbedarf, da die Insulinempfindlichkeit in den Muskeln steigt und die Glucose schneller verbraucht wird. Bei unveränderter Insulingabe kann es deshalb zu Hypoglykämien während und auch mehrere Stunden nach dem Sport kommen. Geleerte Zuckerspeicher müssen nach einer Anstrengung zunächst einmal wieder aufgefüllt werden, sodass auch Stunden nach dem Sport noch mehr Glucose verbraucht wird und es zu Hypoglykämien kommen kann.

Der Zuckerwert kann aber auch beim Sport ansteigen – dies vor allem bei Wettkämpfen oder Turnieren, wenn Stresshormone wie Adrenalin und Kortisol ausgeschüttet werden, welche den Zuckerwert ansteigen lassen. Diese erhöhten Werte sinken meist spontan wieder. Eine Korrektur nach dem Sport sollte daher sehr vorsichtig dosiert werden.

## Sportwertregel

Unmittelbar vor der sportlichen Betätigung soll je nach Zuckerwert (siehe Tabelle) 0.5-1 KHW (am besten Brot oder Obst) zusätzlich eingenommen oder bei der Mahlzeit vor dem Sport das Insulin reduziert werden – insbesondere bei FIT. Bei länger dauernder körperlicher Aktivität empfehlen wir in ca. stündlichen Abständen erneut 0.5-1 KHW zusätzlich zu essen, falls die Insulindosis vor dem Sport nicht reduziert worden ist oder bei HCL-Pumpen nicht ein höherer Zielwert/Sportmodus gewählt wurde.

Zuckerwert	Empfohlenes Vorgehen
< 6 mmol/l	Bei FIT: 0.5-1 KHW (Sportwert) vor dem Sport einnehmen Bei: HCL individuelle Absprache, wie verfahren
6-15 mmol/l	Sport ohne zusätzlichen Sportwert möglich
15-20 mmol/l	Zuckerwert korrigieren, Sport ist danach möglich
> 20 mmol/l	Kein Sport; zuerst Korrektur der Hyperglykämie und Wirkung des Insulins abwarten, bevor mit dem Sport begonnen wird.

Wenn in Situation mit Zuckerwert > 20mmol/l Sport gemacht wird, ohne zu korrigieren, wird der Zuckerwert noch weiter ansteigen, da ein Insulinmangel vorliegt.

Bei geplanter ganztägiger Aktivität (z.B. Sporttag, längere Wanderung, Fussballturniertag...) kann bei FIT am Morgen die Insulindosis auf ca. 2/3 reduziert werden. Bei HCL-Therapie kann der Zielwert erhöht bzw. der Sportmodus gewählt werden. Regelmässige Kontrollen der Zuckerwerte während des Tages sind dann folgend notwendig. Es ist zu beachten, dass jeder Mensch individuell auf Sport reagiert und auch die Art des Sportes einen Einfluss auf den Zuckerwert hat. Bei Krafttraining beispielsweise wird der Zuckerwert weniger sinken, als bei einem Ausdauertraining.

**Achtung:** Zeichen von Hypoglykämie und Müdigkeit nach Sport können sehr ähnlich sein. Nach einem anstrengenden Tag sollte der Zuckerwert abends beobachtet werden; bei Bedarf ist ein Spätimbiss und eine nächtliche Kontrolle sinnvoll.



# Krankheit

Bei Krankheit und Unfällen steigt der Insulinbedarf meistens an. Auf das Insulin darf, auch wenn gar nichts gegessen wird, nie ganz verzichtet werden. Der Zuckerwert sollte in solchen Zeiten besonders regelmässig kontrolliert und bei Bedarf korrigiert werden.

Bei einer **Magen-Darm-Grippe** soll bei FIT nur das Langzeitinsulin gespritzt werden, das Essensinsulin wird zunächst weggelassen, wenn das Kind nicht essen mag. Bei der Pumpentherapie wird die Basalrate laufen gelassen. Ein Magen-Darm-Infekt kann mit der Gefahr der Unterzuckerung einhergehen. Um den Zuckerwert stabil zu halten, kann z.B. mit Traubenzucker angereicherter Tee gegeben werden. Auch Rehydratationslösungen empfehlen sich (z.B. Normolytoral).

**Fieberhafte Infekte** wie Erkältungen hingegen gehen häufig mit erhöhtem Zuckerwerten einher. Hier sind regelmässige Kontrollen der Zuckerwert und allenfalls Korrekturen mit schnell wirksamem Insulin nötig.



Achtung: Eine Ketoazidose kann sich einmal wie eine Magen-Darm-Grippe mit wiederholtem Erbrechen (ohne Durchfall) präsentieren. Im Zweifel Ketone (und Glucose) im Urin messen und Kontakt mit dem Diabetesteam aufnehmen.

Eine ärztliche Kontrolle ist notwendig bei:

- Unsicherheit
- anhaltendem Erbrechen, verweigern jeder Nahrungsaufnahme
- sehr stark schwankenden Zuckerwerten
- persistierendem Nachweis von Ketonen im Urin
- Verschlechterung des Zustandes

## Merke

Übelkeit und Erbrechen können die ersten Zeichen einer ketoazidotischen Entgleisung sein.

Eine Urinkontrolle (Ketone) hilft, den Schweregrad einzuschätzen

# Erziehung, Schule, Berufswahl

Für Kind und Eltern kann es schwierig sein, den Diabetes als chronische Krankheit anzunehmen. Entscheidend ist die Erkenntnis, dass jedes Kind mit Diabetes weiterhin die üblichen Aktivitäten von Kindern seiner Altersgruppe ausüben kann. Die Mehrheit der betroffenen Kinder meistert ihre Erkrankung in bewunderswerter Weise, vor allem wenn sie erkennen, dass sie bei Zuckerwerten im Zielbereich in ihrem Wohlbefinden und in ihrer Leistungsfähigkeit nicht beeinträchtigt sind. Kinder und Jugendliche mit Diabetes sollten gleich behandelt werden, wie alle anderen Kinder. Gesprächsbereitschaft und Mitgefühl sind wichtig und hilfreich, Mitleid hingegen hilft nicht weiter. Es hat sich bewährt, beim Kind schon früh Interesse und Verantwortung für die zuverlässige Durchführung der Stoffwechselsebstkontrolle und Behandlung zu wecken. Schon kleine Kinder können das Kontrollbüchlein unter Anleitung und Mithilfe der Eltern teilweise selber führen. Bereits mit 8-10 Jahren können viele Kinder die Insulininjektionen selber durchführen. Dies gibt dem Kind eine gewisse Unabhängigkeit, was im Hinblick auf später sehr zu begrüßen ist. Fast alle Kinder naschen einmal heimlich. Strafe verhindert dies nicht. Mehr wird erreicht, wenn das Kind bei der Zusammenstellung der Ernährung selber mithelfen darf und lernt, für die Kohlenhydratwerte, die es isst (auch Süßigkeiten) zu spritzen. Auf diese Weise lernt es, mit Essgelüsten besser umzugehen. Nach Möglichkeit sollte sich die ganze Familie an die gesunde Mischkost und regelmässige Mahlzeiten halten. Kinder und Jugendliche mit Diabetes sind ebenso gute Schüler wie andere Kinder und bedürfen keiner besonderen Behandlung. Der Diabetes sollte kein Grund für eine verspätete Einschulung sein. Der Lehrer/die Lehrerin sollte jedoch durch die Eltern über den Diabetes des Kindes informiert werden, damit das nötige Verständnis aufgebracht werden kann, wenn das Kind gelegentlich dem Unterricht fernbleiben muss (z.B. für ärztliche Kontrolluntersuchungen) oder auch während des Unterrichtes den Zuckerwert kontrollieren bzw. auf allfällige Alarme seines Sensors oder Pumpe reagieren muss.

Auch sollte der Lehrer über die Zeichen und das Vorgehen bei Hypoglykämien instruiert werden. Dazu gibt es die Broschüre „Kinder mit Diabetes in der Schule“, welche wir Ihnen gerne abgeben. Bei Bedarf bieten wir auch Schulungen für Betreuungspersonen bei uns am Kinderspital in Bern an, wobei der initiale Kontakt mit den Betreuungspersonen immer die Eltern sein sollten.

Während der Zeit in Kindergarten oder Schule steht vor allem die Sicherheit im Vordergrund: wichtig ist das rechtzeitige Erkennen und Behandeln von Hypoglykämien. Bei kleineren Kindern ist es hilfreich, wenn Betreuungspersonen kleineren Kindern bei der Insulininjektion oder Bedienung der Insulinpumpe helfen können.

Es ist ratsam, dass sich Jugendliche mit (und ohne) Diabetes rechtzeitig mit der Berufswahl befassen und sich unter Umständen an einen Berufsberater wenden. Wie auch in der Schule, ist die/der Jugendliche mit Diabetes im Beruf genauso leistungsfähig wie alle anderen auch. Es gibt wenige Berufe, die aufgrund des Diabetes eher ungeeignet sind. Dies sind Tätigkeiten, bei denen sich das Auftreten einer plötzlichen Hypoglykämie verheerend auswirken könnte (Pilot, Chauffeur, Lokführer, Flugsicherung, Bergführer, Bundeswehr, Polizei) oder solche, bei denen Ganzkörperanzüge getragen werden müssen (Berufstaucher, Feuerwehrleute). Bei Tätigkeiten mit hohem Absturzrisiko (Dachdecker) kann durch passende Diabetesschulung, die richtige Therapie und zusätzliche Sicherung das Unfallrisiko verringert werden. Bei der Wahl eines solchen Berufes hängt es zudem stark von jedem selbst ab, wie zuverlässig und sicher er seine Diabetestherapie im Griff hat.

Auch der Erwerb eines Führerausweises für Töffli, Töff oder Auto ist für Jugendliche mit Diabetes möglich. Hier ist aber eine Bescheinigung vom Diabetologen notwendig.



# Verlauf

## Folgeerkrankungen

Ziel der Insulintherapie ist es, möglichst viel Zeit im Zielbereich des Zuckerwertes zu verbringen – so bleiben Fitness und Leistungsfähigkeit wie bei Gesunden. Kinder und Jugendliche mit Diabetes sind nicht anfälliger für Infekte. Regelmässige Kontrollen helfen, Ketoazidose und schwere Hypoglykämien zu vermeiden oder früh zu erkennen.

Langfristig erhöhte oder stark schwankende Werte können Gefässe und Nerven schädigen, insbesondere an Augen, Nieren, Nervenbahnen der Beine und Herzkratzgefassen. Bei gut kontrolliertem Zuckerwert sind solche Folgeerkrankungen weitgehend vermeidbar. Neben den Zuckerwerten beeinflussen auch Faktoren wie Rauchen, Ernährung, Bewegung, Körpergewicht und genetische Veranlagung das Risiko.

## HbA1c und Time in Range

Der HbA1c-Wert ist das „Gedächtnis des Blutzuckers“. Ein kleiner Anteil des roten Blutfarbstoffes (Hämoglobin) verbindet sich mit dem Blutzucker (glykosyliertes Hämoglobin, kurz HbA1c genannt). Wenn der Blutzucker über längere Zeit erhöht ist, steigt der HbA1c-Gehalt an. Entsprechend ist bei normalem Blutzucker der HbA1c-Wert nicht erhöht. Bei erhöhtem mittleren Blutzucker ist er über dem Normbereich.

Die Bestimmung des HbA1c-Wertes im Labor gibt eine rückblickende Übersicht über die Blutzuckerwerte der vergangenen 10–12 Wochen. Bei Kindern und Jugendlichen wird ein **HbA1c-Zielwert von <6.5 %** empfohlen (Normalbereich bei Gesunden: 4.1–5.7 %). Man weiss heute, dass die Entwicklung von Folgeerkrankungen eng mit dem HbA1c-Wert korreliert.

Neben dem HbA1c ist heute die Auswertung der kontinuierlichen Glucosemessung (CGM) entscheidend. Dabei wird beurteilt, wie viel Zeit der **Zuckerwert im Zielbereich liegt (Time in Range, TIR)**: **>70 %** der Werte sollten im Bereich **3.9–10 mmol/l** liegen, **<4 %** der Zeit sollte unter **3.9 mmol/l** liegen (Hypoglykämien) bzw. **<1 %** der Zeit sollte unter **3.0 mmol/l**

liegen. Je mehr Zeit im Zielbereich und je weniger Ausreisser nach oben oder unten, desto besser ist die Stoffwechselkontrolle.

## Lipodystrophie

Wird während einer längeren Zeit das Insulin immer an ähnlicher Stelle gespritzt oder der Katheter der Insulinpumpe gelegt, führt dies zu einer Gewebeveränderung mit Einlagerung von Fett und Bindegewebe. Es entsteht eine tast- und sichtbare Verhärtung, was kosmetisch nicht schön ist und insbesondere bewirkt, dass das Insulin an dieser Stelle nicht mehr gut aufgenommen wird. Daher sollte die Spritz/Katheterstelle bei jeder Injektion gewechselt werden. Falls eine Lipodystrophie auftritt, soll dieses Areal so lange gemieden werden, bis sich die Verhärtung wieder vollständig zurückgebildet hat.

## Kontrollen

Nach Spitalaustritt begleiten wir Sie und Ihr Kind weiter in der Behandlung. Alle **3 Monate** findet eine ambulante Sprechstunde statt mit Besprechung des Blutzuckertagebuchs und Auswertung der CGM- und Pumpendaten, HbA1c-Bestimmung, körperlicher Untersuchung und Blutdruckmessung. Bei Bedarf werden Ernährungs-, Sozialberatung oder Psychologin hinzugezogen.

Eimmal jährlich erfolgt eine erweiterte Kontrolle mit Blut- und Urinuntersuchung, um Folge- oder Begleiterkrankungen zu erkennen. Dazu gehören auch Autoimmunerkrankungen, die bei Kindern mit Diabetes häufiger sind (z. B. Zöliakie, Schilddrüsenunterfunktion, Nebennierenschwäche).

Zusätzlich zur ärztlichen Betreuung findet eine ambulante Beratung durch die Diabetesberaterin statt und unsere Psychologin fragt Bedürfnisse ab. Ab dem Pubertätsalter oder 5 Jahre nach Erstdiagnose bei Kindern vor dem Pubertätsalter, sind zudem jährliche augenärztliche Kontrollen empfohlen (mit erweiterter Pupille). Diese Untersuchung kann auf Wunsch auch bei uns am Inselspital durchgeführt werden.

## Diabetikerlager

Die regionalen Diabetesgesellschaften bieten für schulpflichtige Kinder jeweils im Juli ein Sommerlager an. Die Lager sind unvergessliche Erlebnisse für die Teilnehmer und für das begleitende Team. Es geht dabei darum, gemeinsam Spass zu haben und Aktivitäten zu unternehmen, wie Kinder ohne Diabetes dies auch tun. Der Diabetes soll dabei nicht im Zentrum stehen. Gleichwohl wird versucht, den Kindern im Lager mehr

Selbstständigkeit in der Handhabung ihrer Therapie zu vermitteln und zu erleben, wie andere Kinder mit ihrem Diabetes umgehen. Sie werden im Lager durch einen Arzt/eine Ärztin, eine Pflegefachperson und Ernährungsberaterinnen begleitet. Die Anmeldung soll möglichst frühzeitig an die entsprechende Diabetes-Gesellschaft geschickt werden.



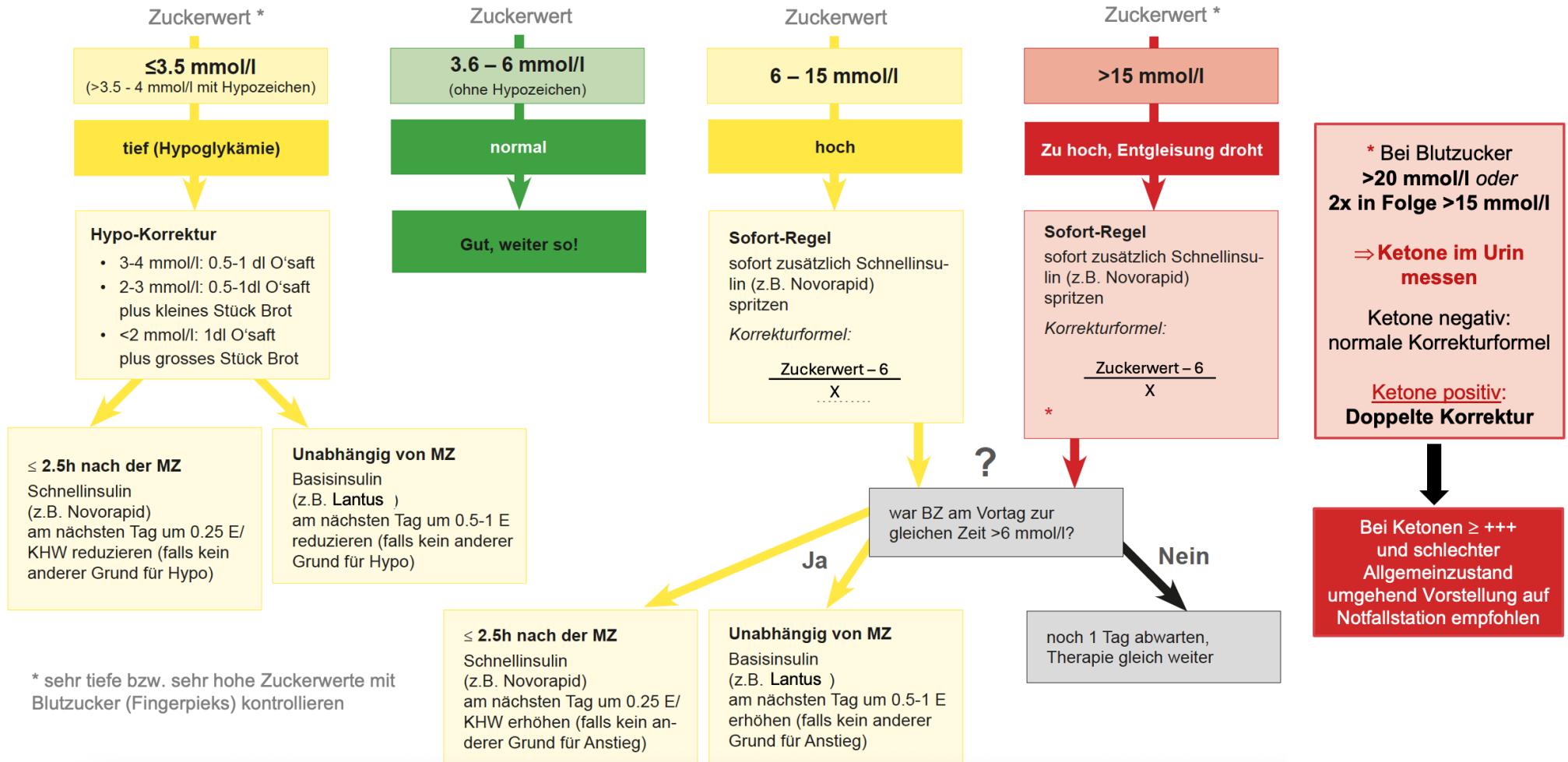
# Fremdwörter

Autoimmunität	Antikörperbildung gegen körpereigene Zellen
Azidose	Saure Stoffwechsellage
CGM	Kontinuierliches Glucosemonitoring, d.h. ein Sensor misst fortlaufend den Zuckerwert im Gewebe. Auffällige oder unklare Messwerte sollte mittels Blutzuckerwert (Fingerpieks) kontrolliert werden.
Glukagon	Hormon, das in der Bauchspeicheldrüse gebildet und ins Blut abgegeben wird. Bewirkt über den Weg der Zuckeraufgabe aus den Reserven der Leber einen Anstieg des Blutzuckers.
Glukoneogenese	Neubildung von Glucose in der Leber
Glucose	Zucker
Glucosurie	Zucker im Urin
Glykogen	Speicherform der Glucose in der Leber und im Muskel
Glykogenolyse	Abbau der Glucosespeicher in der Leber zu Glucose
Hämoglobin	Roter Blutfarbstoff
HbA1c	glykosyliertes Hämoglobin = glucosehaltiges Hämoglobin
HCL	Hybrid Closed Loop Pumpe
Hyperglykämie	zu hoher Blutzucker
Hypoglykämie	zu tiefer Blutzucker
Hypoglykämisches Koma	Bewusstlosigkeit infolge zu tiefem Blutzucker
Insulin	Hormon, das in der Bauchspeicheldrüse gebildet und ins Blut abgegeben wird. Bewirkt eine Senkung des Blutzuckers. Ist wichtig für den normalen Stoffwechsel und das normale Wachstum.
Ketoazidose	Entgleisung des Stoffwechsels infolge vermehrter Fettverbrennung und Übersäuerung als Folge von Insulinmangel.
Keton	Schlackenstoff, der bei Verbrennung von Fett entsteht.
Koma	Bewusstlosigkeit
Lipodystrophie	Schwellung des Fettgewebes an der Stelle der Insulininjektionen, infolge ungenügendem Wechsel der Injektionsstelle
Pankreas	Bauchspeicheldrüse
Zuckerwert	Bezeichnet allgemein den Zuckerspiegel im Körper, unabhängig vom Messort, z.B. im Blut gemessen über Fingerpieks (= Blutzucker) oder im Gewebe gemessen über einen Sensor (= Gewebezucker)

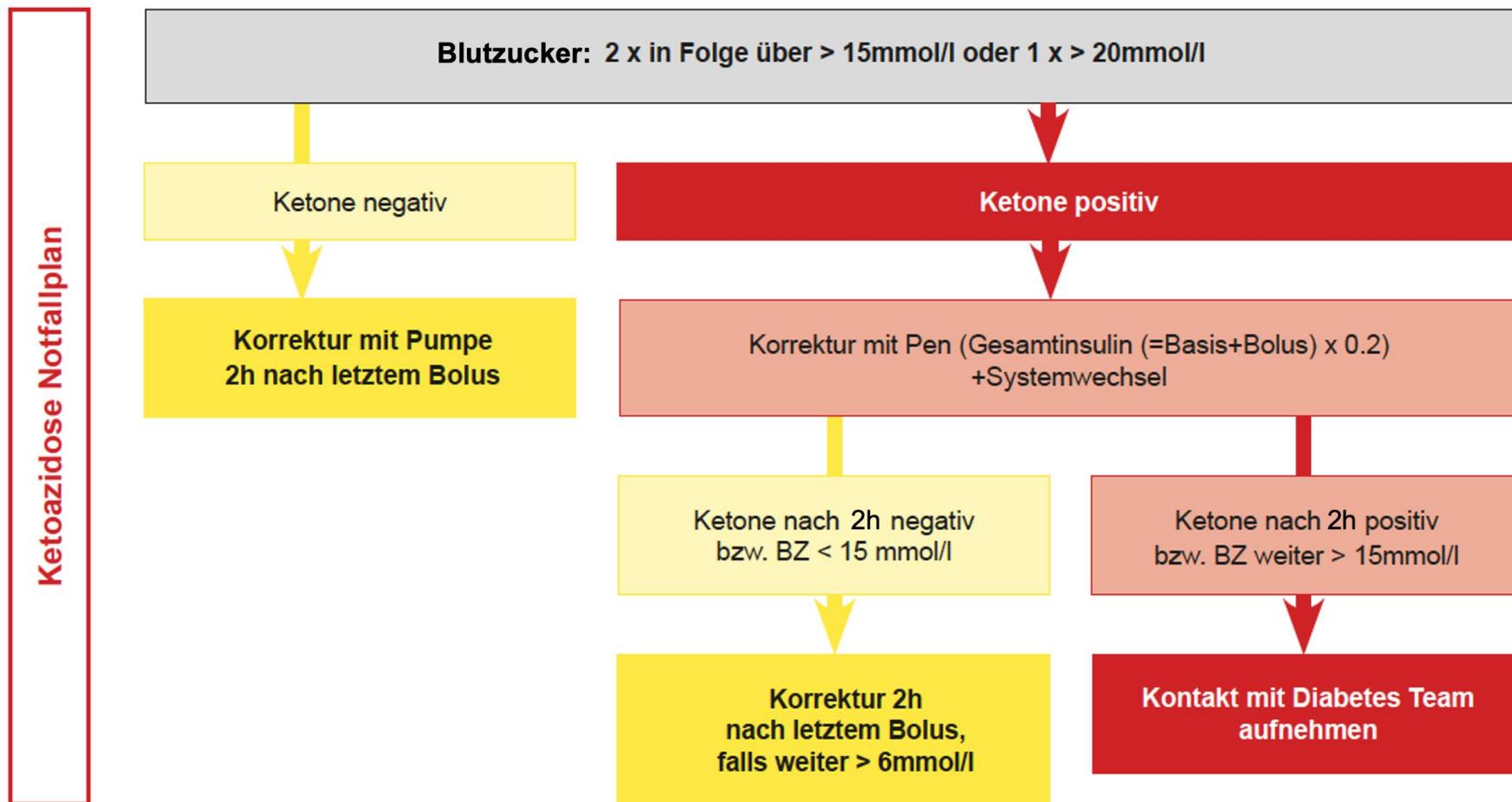
# Lernkontrolle

1. Wo wird das Insulin produziert? Wann wird es ins Blut ausgeschüttet?
2. Welches ist die Funktion des Insulins?
3. In welchen Nahrungsmitteln finden sich Kohlenhydrate?
4. Welche Stoffe werden für die Energiegewinnung verwendet?
5. Weshalb kann beim Diabetes der Zucker nicht mehr in die Zelle gelangen?
6. Weshalb nehmen Kinder mit unbehandeltem Diabetes an Gewicht ab (2 Gründe)?
7. Was sagt der Nachweis von Zucker im Urin aus?
8. Was sagt der Nachweis von Ketonen im Urin aus? Wann kommt dies vor (2 Gründe)?
9. Was ist ein diabetisches Koma (Ketoazidose)?
10. Wann spricht man von guter Stoffwechselkontrolle?
11. Worin unterscheiden sich die einzelnen Insulinpräparate?
12. Von welchen Umständen hängt der Insulinbedarf ab? Nennen Sie Situationen, in denen der Bedarf höher oder tiefer liegen kann.
13. Wann soll eine Zuckerwert Bestimmung durchgeführt werden?
14. Welche Insuline sind für welche Zuckerwerte verantwortlich?
15. Welche Zuckerwerte möchte man erreichen? Vor der Mahlzeit, in der Nacht, vor der Spätmahlzeit?
16. Wann und weshalb führt man einen Urinstreifentest durch?
17. Warum wird nach einer Hypoglykämie schon am nächsten Tag korrigiert und um wie viel?
18. Worauf ist bei Sport zu achten?
19. Woran denkt man, wenn ein Kind mit Diabetes erbricht?
20. Wie viel Insulin soll gespritzt werden, wenn das Kind wegen Krankheit das Morgenessen verweigert?
21. Wie geht man vor, wenn das Insulin bereits morgens gespritzt wurde und das Kind anschliessend zu erbrechen beginnt?
22. Welche Gefahr droht bei hohem Urinzucker, positiven Urin-Ketonen und hohem Zuckerwert und wie kann dieser Gefahr begegnet werden?
23. Welches sind die Zeichen einer Hypoglykämie und wie muss einer leichten oder schweren Hypoglykämie begegnet werden?
24. Was ist Glukagon, wie wirkt es, und wann wird es gespritzt?
25. In welchen gefährlichen Situationen gehört ein Kind mit Diabetes sofort ins Spital?

# Mind-Map Funktionelle Insulintherapie



# Mind-Map Hyperglykämie unter Pumpentherapie



## Zusammenfassung: meine persönliche Insulintherapie vom ...

### Meine Mahlzeiteninsulinangaben (Novorapid®)

Frühstück: ..... E / KH-Wert  
Znüni oder Brunch: ..... E / KH-Wert  
Mittagessen: ..... E / KH-Wert  
Zvieri: ..... E / KH-Wert  
Abendessen: ..... E / KH-Wert  
Spätmahlzeit: ..... E / KH-Wert

### Mein Basisinsulin (Lantus®)

Morgen: ..... E  
Abend: ..... E

### Mein Korrekturfaktor (Novorapid®)

Tags: Zuckerwert – 6  
.....  
Nachts Zuckerwert – 6  
.....

Korrekturinsulin spritze ich, wenn der Zuckerwert vor der Mahlzeit > 6 mmol/l ist. Falls ich nicht gerade Essensinsulin spritze, korrigiere ich erst, wenn ich mindestens 1 E spritzen kann. Liegt die letzte Insulingabe weniger als 2.5 h zurück, korrigiere ich nicht.

### Meine Hypoglykämie-Korrektur

Zuckerwert	Kohlenhydratwert (KHW)
3.6-4 mmol/l mit Hypozeichen oder 3.0-3.5 mmol/l	0.5-1 schneller KHW
2.0-2.9 mmol/l	0.5-1 schneller KHW + 0.5-1 langsamer KHW
< 2.0 mmol/l	0.5-1 schneller KHW + 1-2 langsamer KHW

< 7 Jahre 0.5 KHW; > 7 Jahre 1 KHW

1 schneller KHW: z.B. 1dl Orangensaft, 3 Stück (DextroEnergen®) oder 5 Stück (Sidroga Synergy®)  
Traubenzucker; 1 langsamer KHW: z.B. 3 Darvida, 4 Blevita, 20g Ruchbrot