

Nie zuvor haben sich die Menschen so viele Gedanken über ihr Gewicht gemacht. Die einen sind zu dick, die anderen zu dünn.

Ganz unabhängig von tatsächlichen gesundheitlichen Problemen, haben eigentlich alle ihre Problemzonen.

Dass die Fettpölsterchen bei den einen so hartnäckig sind, während andere kaum etwas auf ihre Knochen bekommen, scheint auf den ersten Blick unverständlich. Ja, sogar ungerecht!

Doch wenn du dir mal genauer anschaust, wie die Fettzellen (Adipozyten) funktionieren und welche Aufgaben sie übernehmen, wirst du bald feststellen, dass dieses komplexe Wechselspiel aus Stoffwechselfvorgängen, Rezeptoren, Hormonen und Nerven durchaus logisch agiert.

Genau das schauen wir uns heute an.

In diesem ersten Teil geht es zunächst nur um den Aufbau des Fettgewebes und der Fettzelle. Aber wir werfen auch schon einen Blick darauf, wie Fette aufgenommen und wieder abgegeben werden.

Im zweiten Teil schauen wir dann etwas genauer hin, wie die Fettzelle mit dem Rest des Körpers interagiert und welche Faktoren Auf- und Abbau beeinflussen.

Im dritten Teil dieser Reihe wagen wir dann den Versuch, die Erkenntnisse in konkrete Praxis umzusetzen.

### **Der unbeliebteste Teil des menschlichen Körpers - das Fettgewebe**

Fettgewebe an sich ist eigentlich etwas vollkommen normales und nicht per se schlecht. Es ist einfach eine besondere Art des Bindegewebes, das aus einem Verbund mehrerer Fettzellen aufgebaut ist.

Grundsätzlich unterscheidet man zwei Arten von Fettgewebe: Das weiße und das braune Fett. In diesem Artikel geht es in erster Linie um das weiße Fettgewebe, deshalb wird das braune Fettgewebe hier nur kurz angerissen.

#### **Schmeiß den Ofen an - braunes Fettgewebe**

Das braune Fett ist genau das, was sich die meisten von uns Wünschen:

Fettzellen, die Energie aus Fett verschwenden, indem sie Wärme erzeugen.

Anders als die weißen Fettzellen hat das braune Fett viele kleinere Lipidtropfen und sehr viele Mitochondrien.

Das brauchen sie auch, denn die Mitochondrien wandeln die Energie aus dem Fettsäureabbau in Wärme um.

Dieser Prozess wird einfach durch Kälte ausgelöst.

Super Sache nicht wahr?

Leider bildet sich das braune Fett nach der Geburt immer weiter zurück.

Es bleiben nur noch wenige Rückstände an verschiedenen Stellen, wie den großen Arterien.

Trotzdem kann man durch gezielte Kälteeinwirkung das Abnehmen unterstützen.

Mehr will ich dazu hier gar nicht sagen. Kommen wir lieber direkt zum weißen Fett.

### Segen und Fluch - das weiße Fettgewebe

Die weißen Fettzellen sind diejenigen, die wir meinen, wenn wir uns über den Bauch, die Oberschenkel oder den Hintern beschweren.

Die einzelnen Fettzellen bilden netzartige Strukturen, die als Gruppe zwischen den Kollagenfasern liegen.

Sie sind überall im Körper in das lockere Bindegewebe eingelagert und speichern dort Fett und Wasser.

Das ist nicht unbedingt schlecht, denn als Isolierfett schützen sie uns vor der Kälte.

Und auch unsere Organe, Gefäße und Gelenke schützt eine Fettschicht als Polster vor Schädigung.

Das übrige Fett dient als Reserve für schlechte Zeiten.

Wie auch das Isolierfett liegt ein Teil dieses Speicherfetts in der Unterhaut. Deshalb nennt man es subkutanes Fett.

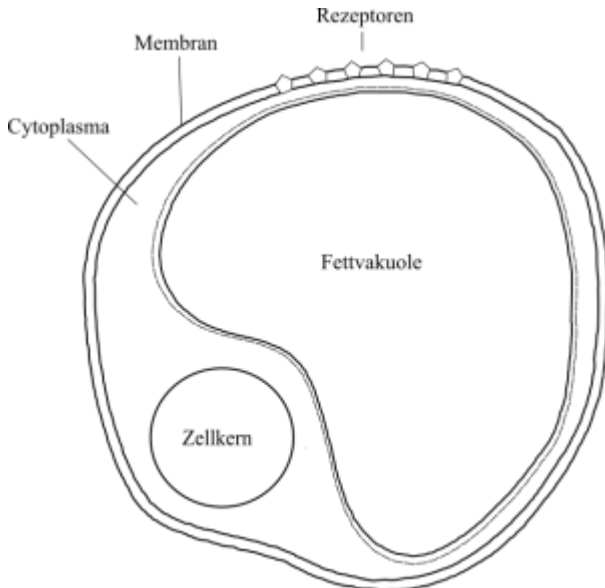
Das übrige Fett liegt jedoch in der Bauchhöhle - das viszerale Fett.

Diese Unterscheidung ist nicht so unwichtig, wie du jetzt vielleicht denkst.

Denn das viszerale Fett ist viel aktiver in den Stoffwechsel des Körpers eingebunden als das subkutane Fett, weshalb letzteres schwierig loszuwerden ist.

### Adipozyten - der Aufbau der Fettzelle

Wie du in der Abbildung siehst, sieht die Fettzelle ähnlich aus wie eine normale Zelle aus dem



#### Adipozyte

menschlichen Gewebe.

Nur dass eine riesige Vakuole aus Fett das Zytoplasma, den Zellkern und alle anderen Zellorganellen an den Rand drückt.

Diese Fettvakuole liegt ohne Membran im Zytosol, ist aber von Intermediärfilamenten umspinnen, die sie zusammen halten.

Außerdem liegt eine Schicht aus dem Protein Perlipin um das Fett herum. Aber das werden wir uns

später noch genauer anschauen.

Obwohl viele ja meinen, dass Fettpolster eher überflüssigen Lagerräumen gleichen, sind die Zellen mit vielen Blutgefäßen durchzogen, die einen regen Austausch ermöglichen.

### Der Stoffwechsel der Fettzellen

Beim Ab- oder Zunehmen verändert sich die Adipozyten-Anzahl kaum.

Wenn eine größere Fettmenge gespeichert wird, dann vergrößern sich die Fettvakuolen in den einzelnen Zellen. Dadurch werden auch die Fettzellen insgesamt größer.

Zwar werden Fettzellen abgebaut, doch sogleich durch neue ersetzt.

Pro Jahr erneuern sich etwa 10% deiner Fettzellen.

Diskutiert wird noch, ob sich die Anzahl der Fettzellen dabei verändern.

Es gibt aber anschauliche Hinweise darauf, dass die Anzahl der Adipozyten bis etwa zum 20.

Lebensjahr beständig, aber angepasst an den Lebensstil steigt und danach relativ konstant bleibt.

Das bedeutet nicht unbedingt, dass Menschen schlank bleiben, wenn sie bis in ihre 20er schlank waren.

Aber es könnte einen Hinweis darauf geben, warum es für Menschen, die immer etwas mehr auf den Hüften hatte, so schwierig ist, abzunehmen. Und wer trotzdem abnimmt, wird immer eine Tendenz dazu haben, wieder zuzunehmen. Muss also etwas mehr aufpassen.

Ob das wirklich stimmt, ist noch nicht endgültig geklärt. Es gibt auch immer wieder Wissenschaftler, die behaupten, man könne Einfluss auf die Anzahl der Adipozyten nehmen.

Wie du schon weißt, nehmen die Adipozyten Fettsäuren aus dem Blut auf.

Sie werden in der Fettvakuole gespeichert (Lipogenese), bis der Körper Energiemangel signalisiert. Dann werden die Fettsäuren wieder aufgespalten und ans Blut abgegeben (Lipolyse).

Beides passiert ständig und zeitgleich in jeder Fettzelle.

Es kommt deshalb eher darauf an, was von beidem gerade überwiegt.

Die effizienteste Form der Speicherung von Fettzellen sind die Triglyceride.

Das sind je drei Fettsäuremoleküle, die durch ein Glycerinmolekül zusammengehalten werden.

Für diesen Vorgang braucht die Fettzelle aber wie alle anderen Zellen auch Energie.

Deshalb kann sie Glucose aus dem Blut aufnehmen.

Das geschieht zum einen stetig, aber kann auch passiv über den Glut-1-Transporter oder mithilfe von Insulin über den Glut-4-Transporter erfolgen.

In der Regel landen hier etwa 2% der Glucose.

Wenn die Fettzelle genug Glucose aufgenommen hat, kann der Überschuss aber auch gespeichert werden.

Ansonsten synthetisiert sie daraus [ATP](#) über die Glykolyse und mitochondriale Oxidation.

Praktischerweise entsteht hierbei auch das benötigte Glycerin-3-Phosphat (G3P).

Schauen wir uns die Lipogenese jetzt mal genauer an.

### Lipogenese

Bevor die Fettzelle Triglyceride synthetisieren kann, muss sie zunächst Fettsäuren aus dem Blut

aufnehmen.

Die sind an Lipoproteine gebunden, für die es Andockstellen an der Zellmembran der Adipozyten gibt.

Die Lipoproteinlipase (LPL) spaltet die Fettsäuren von den Lipoproteinen ab. Dieses Enzym wird im Fettgewebe selbst produziert. Obwohl die Synthese durch Insulin und Glucocorticoide stimuliert wird, führen besonders fettreiche Mahlzeiten zu einer gesteigerten LPL-Aktivität.

Übrigens wird LPL im subkutanen Fett stärker stimuliert als im viszeralen Fett. Ein weiterer Grund, weshalb das subkutane Fett so viel hartnäckiger ist.

Sind drei Fettsäuren in der Adipozyte, werden sie über die Acetyltransferase mit dem G3P verbunden und in die Lipidvakuole gebracht.

Acylation stimulating-Protein (ASP) bindet an spezifischen Rezeptoren und wirkt ähnlich wie Insulin, indem sie die Glucoseaufnahme und die Veresterung der Fettsäuren zu Triglyceriden fördert.

Entgegensetzt wirkt die AMP-stimulierte Proteinkinase (AMPK).

Dieses Enzym soll die Zelle vor einem Energie-Mangel bewahren, indem es die Acetyltransferase und ASP hemmt.

Je mehr ATP verbraucht und je höher dadurch das Aufkommen an [AMP](#) ist, desto mehr AMPK ist in der Zelle vorhanden.

Stark aktiviert wird AMPK beispielsweise beim Fasten oder körperlicher Aktivität.

Die Lipogenese braucht also vor allem Fettsäuren, Glucose beziehungsweise G3P und LPL.

Normalerweise kommt der größte Teil der Fettsäuren aus dem Blut, also vor allem aus der Nahrung. Aber auch die Leber und die Adipozyten können etwa ein bis zwei Gramm Fettsäuren am Tag produzieren.

Für den Notfall sind in den Adipozyten auch alle notwendigen Enzyme vorhanden, mit denen sie Fettsäure aus Glucose synthetisieren können.

Diesen Prozess nennt man De-novo-Lipogenese.

Nur ein kleiner Bruchteil der Fettsäuren wird so hergestellt. Aber gerade bei kohlenhydratreicher Ernährung und hohem Insulinspiegel wird diese Synthese gefördert.

Dagegen hemmen Glucagon und ungesättigt Fettsäuren die De-novo-Lipogenese.

Was rein geht, muss auch wieder raus.

Schauen wir uns also den umgekehrten Prozess an.

### Lipolyse

Bei der Lipolyse werden die Triglyceride über hydrolytische Spaltung wieder abgebaut.

Die Fettsäuren können dann über die  $\beta$ -Oxidation zur [Energiegewinnung](#) benutzt werden.

Wie auch die Lipogenese findet die Lipolyse basal, also stetig statt. Aber durch bestimmte Signale kann sie deutlich verstärkt ablaufen.

Das liegt vor allem an dem Protein [Perlipo](#).

Es umhüllt die Lipidvakuole und hemmt dadurch das Enzym HSL, das also nicht zum Fett gelangen kann.

Durch bestimmte Hormonzusammensetzungen, die wir uns im zweiten Teil anschauen werden, wird

das Perlipin phosphoryliert und lässt die Lipasen hindurch.

Ist dieser Torwächter aus dem Weg geräumt, kann die Lipolyse beschleunigt ablaufen.

Im ersten Schritt wird hierbei eine Fettsäure durch die Adipozyten-Triglycerid-Lipase (ATGL) abgetrennt.

Die Aktivität der ATGL ist bei der gesamten Lipolyse der geschwindigkeitsbestimmende Faktor, weil sie sehr langsam agiert.

Es entsteht ein Diglycerid aus zwei Fettsäuren und einem Glycerinmolekül.

Die Hormon-sensitive Lipase (HSL) spaltet wiederum ein Fettsäuremolekül ab.

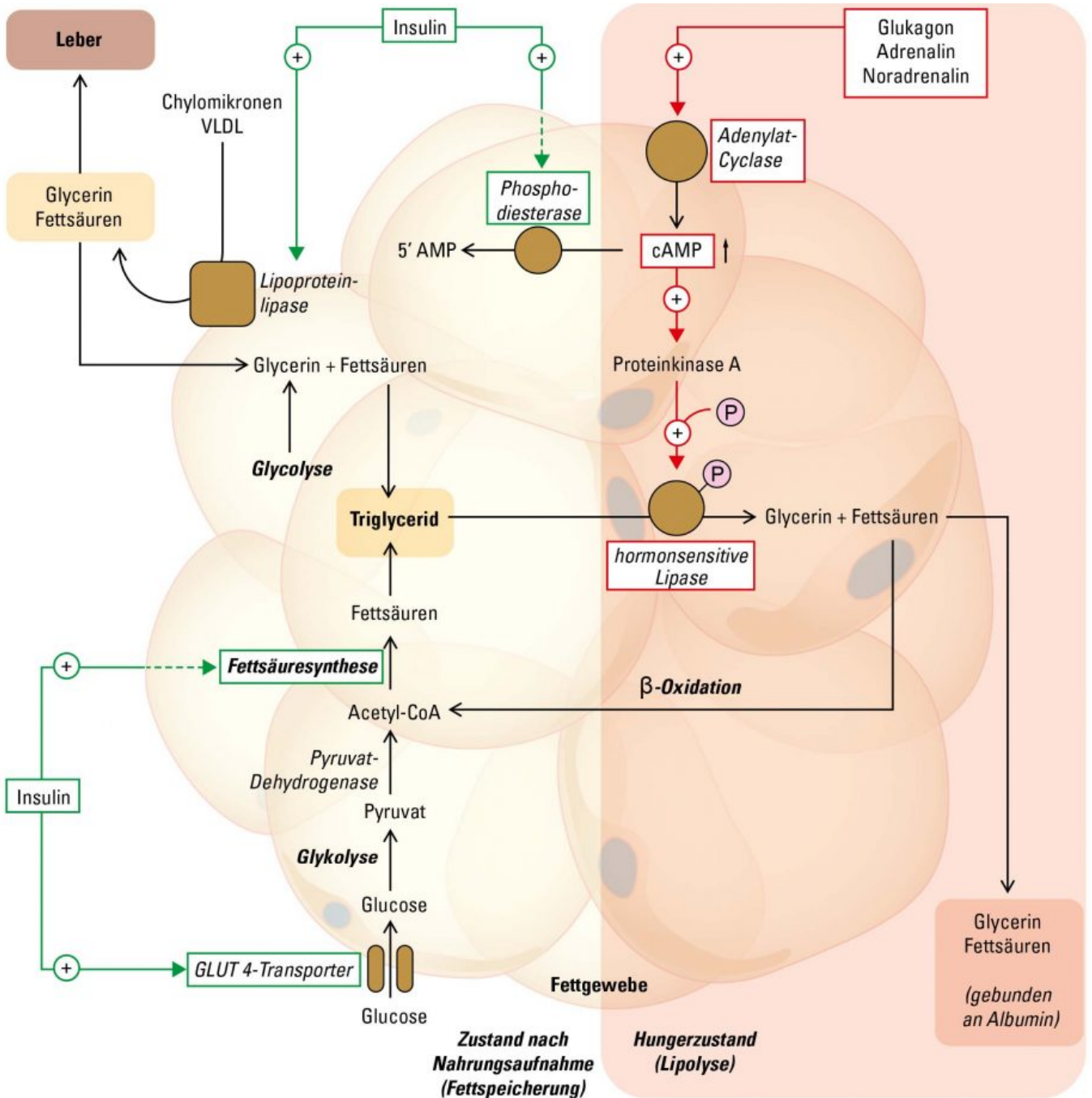
Jetzt haben wir also nur noch ein Monoglycerid, das durch die Monoglyceridlipase (MGL) weiter aufgespalten wird.

Insgesamt wurden also die drei Fettsäuren und das Glycerinmolekül wieder getrennt.

Die HSL kann aber auch die ebenfalls im Fettgewebe gespeicherten Cholesterin- und Retinylester abbauen, wodurch wiederum Fettsäuren freigesetzt werden.

Die genaue Kontrolle über die Lipolyse und Lipogenese schauen wir uns erst im nächsten Artikel an. Aber als kleinen Vorausblick kann ich schon mal sagen, dass sie eng mit der Regulation des Blutzuckerspiegels zusammen hängt.

## Warum das Fett an Bauch und Hüften so hartnäckig ist Teil 1



MEDI-LEARN Skript Biochemie 7 – Abbildung 16

www.medi-learn.de/bc7

### Lipolyse und Fettspeicherung

Da dies der erste Teil der Reihe zum Fettaufbau und -abbau ist, gibt es von mir noch keine Empfehlungen. Das muss bis zum nächsten Artikel warten.

Wenn du aber Anmerkungen oder Fragen hast, dann schreib sie doch einfach in die Kommentare.

Den zweiten Artikel zum Funktionieren der Fettzellen findest du [hier](#).

### Quellen & weiterführende Literatur:

Fanghänel, J. et al.: *Waldeyer Anatomie des Menschen*. 17. Auflage. 2003.

Wabitsch, M. & Fischer-Posovszky, P.: *Entwicklung und Funktion des Fettgewebes*. 2004.

[Das Beharrungsvermögen der Adipozyten oder warum alle Diäten versagen](#). In: Deutsches Ärzteblatt. 2008.

Drenkhahn, D.: *Anatomie*. 2003.

Kasper, H.: *Ernährungsmedizin und Diätetik*. 2004.

Löffler, G. et al.: *Biochemie & Pathobiochemie*. 2014.

Zechner R. et al.: *Adipose triglyceride lipase and the lipolytic catabolism of cellular fat stores*. The Journal of Lipid Research. 2009 Jan;50(1):3-21.

Wirth, A.: *Adipositas : Ätiologie, Folgekrankheiten, Diagnostik, Therapie*. 2008.

Zimmermann R. et al.: *Fat mobilization in adipose tissue is promoted by adipose triglyceride lipase*. Science. 2004; 306(5700):1383-1386.