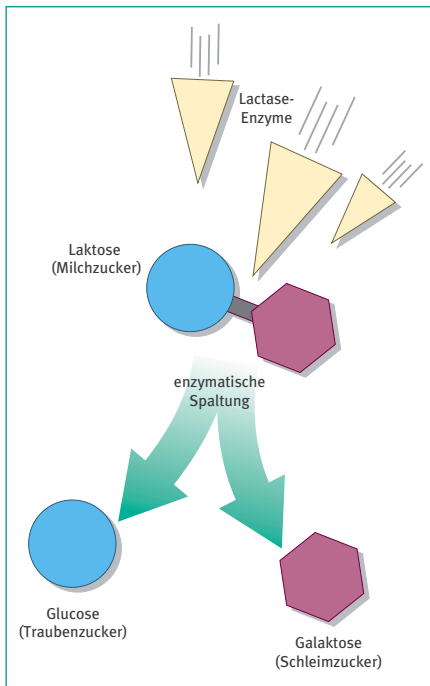


Was passiert im Körper nach dem Genuss von Milchzucker?

In diesem Abschnitt werden die funktionellen und chemischen Vorgänge, die nach dem Verzehr laktosehaltiger Nahrung im menschlichen Körper stattfinden, näher erläutert. Zum besseren Verständnis der bisweilen etwas komplizierten Zusammenhänge wird im Folgenden zu-

nächst auf das Zusammenspiel zwischen Laktose und dem Enzym Lactase eingegangen. Darüber hinaus erhalten Sie eine kurze Übersicht über das menschliche Verdauungssystem, und im Anschluss daran werden die Gründe für die Entstehung der körperlichen Beschwerden im Detail erklärt.



▲ Laktose wird von dem Enzym Lactase in Glucose und Galaktose aufgespalten.

Laktose und Lactase

Wie bereits erwähnt, ist Laktose ein so genanntes Disaccharid (Zweifachzucker), das man auch als Milchzucker bezeichnet. Ein Disaccharid besteht aus zwei Monosacchariden (Einfachzuckern). Disaccharide sind für die Ernährung von großer Bedeutung. Das Disaccharid Laktose besteht aus den Molekülen Glucose (Traubenzucker) und Galaktose (Schleimzucker).

Für den menschlichen Organismus ist die Laktose in ihrer ursprünglichen Form nicht von Nutzen, da sie vom Verdauungstrakt nicht oder nur in geringem Maße resorbiert wird. Erst im aufgespaltenen Zustand können die Einzelmoleküle verwertet werden und kommen so dem Stoffwechsel zugute. Zu diesem Zweck wird die Laktose im Darm von dem Enzym Lactase in seine beiden Einzelbestandteile zerlegt.

Die Lactase, fachsprachlich auch Disaccharidase oder β -Galaktosidase genannt, ist ein Enzym des menschlichen Verdauungstrakts. Sie ist in den Epithelzellen des Dünndarms – das heißt, in der Dünndarmschleimhaut – lokalisiert. Die größte Lactase-Aktivität findet im Jejunum, dem längsten Abschnitt des Dünndarms, statt. Befindet sich zu wenig oder gar keine Lactase im Verdauungskanal, dann kann der durch die Nahrung aufgenommene Milchzucker nur unvollständig oder überhaupt nicht verarbeitet werden. Es kommt dann zu Unverträglichkeitsreaktionen, die sich in Form der eben beschriebenen Symptome äußern.

Die Laktose-Intoleranz stellt also einen Mangel an Lactase dar. Für einen solchen Mangel kann es verschiedene Ursachen geben. – Sie werden eingehend in Kapitel 3 dieses Buches erläutert.

Wie kommt es zu den Beschwerden?

Nimmt ein gesunder Mensch mit einer funktionierenden Lactase-Aktivität Milchzucker zu sich, so findet im Dünndarm eine Fermentierung statt. Darunter versteht man eine unter dem Einfluss von Enzymen ablaufende chemische Reaktion. Die mit der Nahrung aufgenommene Laktose wird dabei von den im menschlichen Verdauungstrakt befindlichen Lactase-Enzymen aufgespalten.

Da die Dünndarmschleimhaut aufgrund ihrer durch Falten und Zotten vergrößerten Oberfläche eine Gesamtgröße von rund 200 m^2 (!) besitzt, geraten die Laktose-Moleküle im Verlauf der Darmpassage früher oder später in Kontakt mit den Lactase-Enzymen des Dünndarms und werden von ihnen in ihre Bestandteile Glucose und Galaktose aufgespalten. Diese Monosaccharide können aufgrund ihrer geringen Größe die Darmwand passieren und stehen damit dem Stoffwechsel zur Verfügung.

Das Enzym Lactase (auch Disaccharidase oder β -Galaktosidase) spaltet die mit der Nahrung aufgenommene Laktose in Glucose und Galaktose.

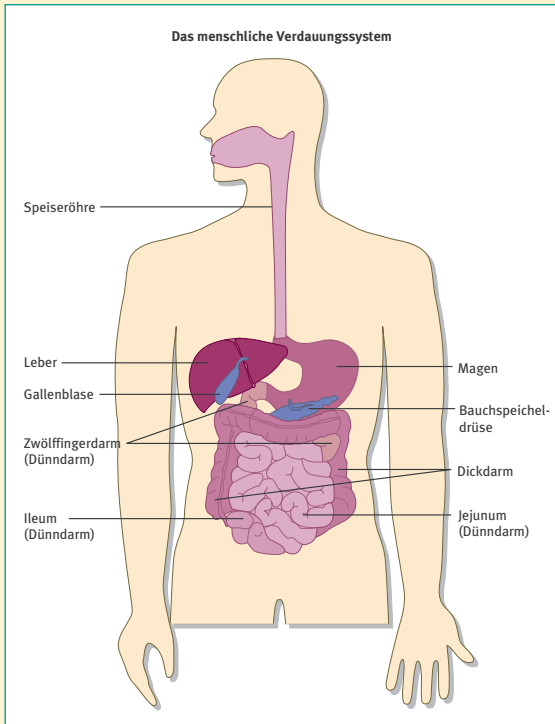
Bei Laktose-Intoleranz ist der Dickdarm der eigentliche Entstehungsort der Beschwerden, die durch den Vergärungsprozess der hier eintreffenden ungespaltenen Milchzuckermoleküle entstehen.

(Fortsetzung auf Seite 36)

Hintergrundwissen: Wie Verdauung funktioniert

Die meisten Menschen schenken ihrem Verdauungssystem nicht viel Aufmerksamkeit. Sie nehmen die Vorgänge, die sich darin abspielen, als gegeben hin und verschwenden keine weiteren Gedanken an diesen höchst effizienten Mechanismus. Doch die Verwertung von Nährstoffen im menschlichen Körper lässt sich nicht nur auf die drei Vorgänge Essen, Verdauen und Ausscheiden reduzieren. Die komplexen Verdauungsvorgänge bis ins Detail zu erklären, würde den Rahmen dieses Buches bei Weitem sprengen; daher soll an dieser Stelle lediglich ein grober Überblick über die Anatomie dieses Systems gegeben werden:

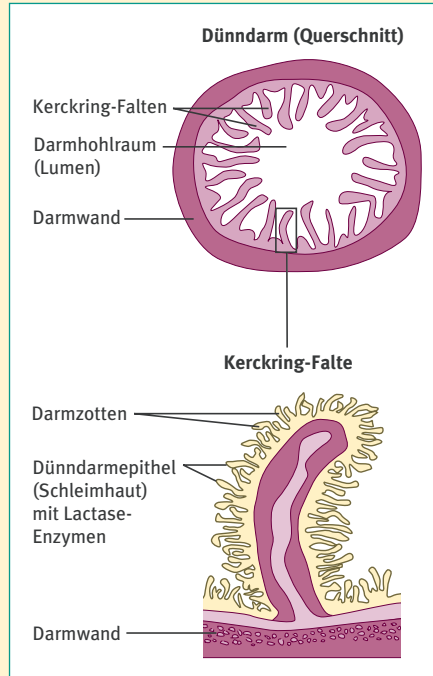
▼ Das menschliche Verdauungssystem



- **Mund:** Die Verdauung des Menschen beginnt im Mund und endet am Darmausgang. Die aufgenommene Nahrung wird durch Kauen zerkleinert und mit Speichel vermengt.
- **Speiseröhre:** Beim Schlucken schließt sich die Luftröhre und der Nahrungsbrei gelangt in die geöffnete Speiseröhre (Ösophagus), durch die er in den Magen rutscht.
- **Magen:** Der Magen ist im leeren Zustand überraschend klein. Da er jedoch sehr flexibel ist, kann er über zwei Liter an Nahrung und Flüssigkeit auf einmal aufnehmen. Der Nahrungsbrei wird im Ma-

gen mit Hilfe von Muskelkontraktionen zermalmt und durch Magensäure zersetzt, bevor er in den ersten Teil des Dünndarms, den Zwölffingerdarm, gelangt.

- **Zwölffingerdarm (Duodenum):** Dieser verdankt seinen Namen der Tatsache, dass er etwa so lang ist, wie zwölf Finger breit sind (ca. 25–30 cm). Hier findet die wichtigste Verdauungsarbeit statt: Die meisten Nährstoffe werden in dem relativ kurzen Zwölffingerdarm absorbiert. Unterstützt wird er dabei durch Bauchspeicheldrüse, Galle und Leber.
- **Jejunum:** Den zweiten und längsten Teil des Dünndarms nennt man Jejunum. Hier findet die hauptsächliche Enzymaktivität statt. Der Nahrungsbrei, dem bis auf den Zucker bereits der größte Teil der Nährstoffe entzogen wurde, unterliegt auf dem langen Weg durch den engen Verdauungskanal unter anderem der Einwirkung der Lactase-Enzyme.
- **Ileum:** Der letzte Teil des Dünndarms ist das so genannte Ileum. Die unverdauten Nahrungsreste, die bis hierhin gelangt sind, entsprechen nur noch einem Bruchteil der ursprünglich durch das Essen aufgenommenen Menge. Der gesamte Dünndarm besitzt übrigens bei einem Erwachsenen im Durchschnitt eine Länge von 5–6 m, sein Durchmesser beträgt rund 4 cm.
- **Dickdarm:** Das Ileum geht in den Dickdarm über, in dem bei einer Laktose-Intoleranz die eigentlichen Beschwerden entstehen. Hier wird der Nahrungsbrei – wenn keine Störungen auftreten – gesammelt und entwässert. Daher kommt dieser Darmabschnitt auch zu seinem Namen: Die Verdauungsreste werden »eingedickt« und zu einem passenden Zeitpunkt ausgeschieden.

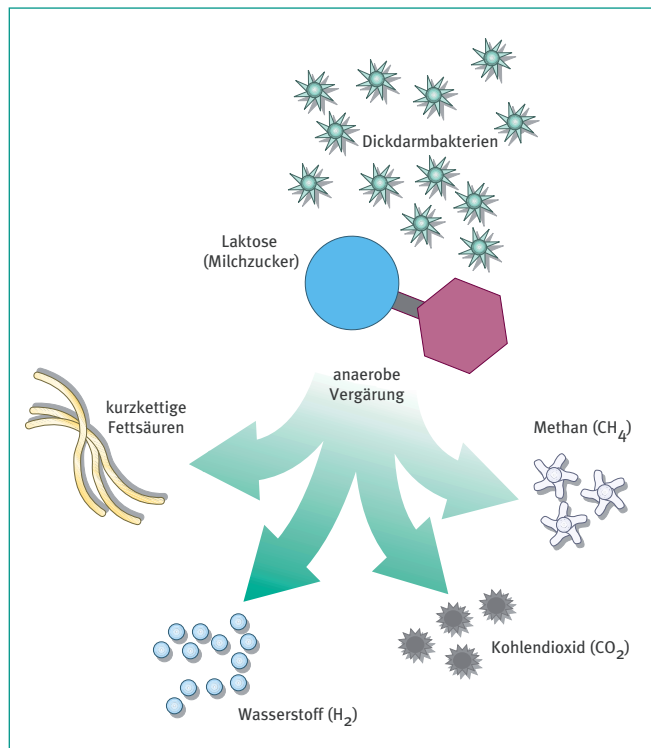


▲ Oben: Querschnitt durch das Jejunum, den längsten Abschnitt des Dünndarms. Die für die Nahrungsresorption zuständige Schleimhautoberfläche wird durch Kerckring-Falten und darauf befindliche Zotten um ein Vielfaches vergrößert. Unten: Kerckring-Falte im Detail. In den Epithelzellen auf den Zotten befinden sich die Lactase-Enzyme.

1 Krankheitsbild

Anders sieht es bei Menschen mit Laktose-Intoleranz aus: Bei ihnen liegt eine Unterversorgung mit dem Enzym Lactase vor. Die Milchzuckermoleküle werden gar nicht oder nur in unzureichendem Maße von den Lactase-Enzymen im Dünndarm aufgespalten und gelangen in unverändertem Zustand in den Dickdarm. An dieser Stelle kommt ein chemischer Prozess in Gang, der für das Beschwerdebild einer Laktose-Intoleranz verantwortlich ist: Die im Dickdarm eintreffenden Milchzuckermoleküle werden von den dort befindlichen Bakterien »anaerob« vergärt. Das bedeutet, dass sie ohne Beteiligung von Sauerstoff in verschiedene chemische Elemente umgewandelt werden.

Als so genannte Spaltprodukte entstehen neben einigen kurzkettigen Fettsäuren wie Milchsäure und Essigsäure



► Bakterielle Fermentation: Bei der Zersetzung von Laktose durch die Darmbakterien fallen verschiedene Stoffwechselprodukte an.

auch die Gase Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Wasserstoff (H₂). Dieser chemische Umwandlungsprozess, auch Fermentation genannt, hat für den menschlichen Organismus drei wesentliche Konsequenzen:

- Die im Dickdarm gebildeten organischen Säuren regen die Darmbewegung (Peristaltik) an. Dadurch wird die Anfälligkeit für Durchfälle (Diarrhöen) erhöht.
- Milchzucker hat außerdem die Eigenschaft, Wasser zu binden (12 g Laktose reichen aus, um 200 ml Wasser einzudicken). Dadurch entsteht ein »osmotischer Druck« im Darmlumen, also im Inneren des Dickdarms. Dieser Druck hat zur Folge, dass von außen Wasser und Natrium (Salz) in den Hohlraum des Darms einströmen, bis das osmotische Gleichgewicht wiederhergestellt ist. Dadurch kann sich das Volumen der Dickdarmflüssigkeit binnen kurzem auf das Fünffache (!) erhöhen. Man spricht von einer »osmotisch bedingten Volumenbelastung« des Dickdarms. Diese übt einen abführenden Effekt aus, und es kommt infolgedessen zu einer »osmotischen Diarrhö«, also zu Durchfall.
- Die durch die bakterielle Zersetzung der Milchzuckermoleküle gebildeten Gase Kohlendioxid, Methan und Wasserstoff sammeln sich im Dickdarm und werden teilweise durch Blähungen wieder »entsorgt«. Durch die anatomische Konstellation des Dickdarms kann es aber passieren, dass diese Gase für lange Zeit in der Darmschleife verweilen, wodurch es zu einem lang anhaltenden, stark aufgeschwollenen Blähbauch kommt. Aus diesem Grund haben viele Betroffene, die regelmäßig Laktose zu sich nehmen, einen nach vorne gewölbten Bauch sowie das Gefühl, zu dick zu sein.

Laktose bindet Wasser und verursacht eine »osmotisch bedingte Volumenbelastung« des Dickdarms, die zu einer »osmotischen Diarrhö, also zu Durchfall, führt.

Ein Teil der Gase entweicht durch die Darmwand und wird in die Blutbahn abgegeben. Dadurch kommt es – in Abhängigkeit von der Menge – zu regelrechten Vergiftungserscheinungen des Gesamtorganismus. Sie machen sich beim Betroffenen unter anderem als Schwindelgefühl be-