

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Fachbereich Ökotrophologie

Studiengang Ökotrophologie

**Abdominalbeschwerden und Bedeutung von  
Laktose, Fruktose und Sorbit**

- Diplomarbeit -

vorgelegt am 28.02.2005

von

Anne Christina Riecke

Matr.-Nr. 1618414

Betreuung:

Prof. Dr. Behr-Völtzer

Korreferat:

Prof. Dr. Hamm

## Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	5
2 Theoretische Grundlagen .....	6
2.1 Abdominalbeschwerden .....	6
2.1.1 Definition .....	6
2.1.2 Reizdarmsyndrom .....	6
2.1.2.1 Bakterielle Fehlbesiedlung des Dünndarms .....	8
2.1.2.2 Rom-II-Kriterien .....	8
2.2 Evidenz-basierte Medizin .....	9
2.3 Wasserstoffexhalationstest.....	12
2.3.1 Wasserstoff .....	12
2.3.1.1 Ursprung der Gase .....	12
2.3.1.2 Substratangebot .....	13
2.3.1.3 Wasserstoff im menschlichen Organismus.....	13
2.3.2 Definition und Historie .....	14
2.3.3 Indikationen .....	14
2.3.4 Prinzip des H <sub>2</sub> -Atemtests.....	16
2.3.5 Anwendung und Vorteile .....	17
2.3.6 Nachteile .....	17
2.3.7 Störfaktoren.....	19
2.3.8 Untersuchungsvoraussetzungen .....	20
2.3.9 Testdurchführung und Testbewertung.....	20
2.3.10 Anmerkung .....	23
2.4 Verdauung.....	24
2.5 Absorption .....	25
2.5.1 Absorptionsgeschwindigkeit .....	27
2.5.2 Malassimilation und Malabsorption .....	27
2.5.3 Lebensmittel-Unverträglichkeit .....	29
2.6 Kohlenhydrate und Zuckeraustauschstoffe .....	30
2.6.1 Laktose.....	30
2.6.1.1 Laktase.....	30
2.6.1.2 Laktasemangel .....	31
2.6.2 Laktosemalabsorption/Laktoseintoleranz .....	31

---

2.6.2.1 Ernährungsempfehlungen .....	32
2.6.3 Fruktose .....	34
2.6.4 Intestinale Fruktosemalabsorption und Hereditäre Fruktoseintoleranz inkl. Ernährungsempfehlungen .....	35
2.6.5 Sorbit .....	38
2.6.6 Intestinale Sorbitmalabsorption inkl. Ernährungsempfehlungen .....	39
2.6.7 Zuckeraustauschstoffe .....	41
3 Auswertung .....	44
3.1 Datenerhebung .....	44
3.2 Auswertung des Anamnesebogens .....	45
3.2.1 Teilnehmerkollektiv .....	45
3.2.2 Krankengeschichte .....	45
3.2.3 Gewicht und Ernährung .....	47
3.2.4 Stuhlgang .....	48
3.2.5 Abdominalbeschwerden .....	49
3.2.6 Lebensqualität .....	52
3.3 Auswertung des Verlaufs Bogens .....	53
3.3.1 Diagnose .....	53
3.3.2 Umsetzung der Empfehlungen und deren Auswirkungen .....	54
3.3.3 Stuhlgang .....	55
3.3.4 Gewichtsverlauf .....	56
3.3.5 Abdominalbeschwerden .....	57
3.3.6 Lebensqualität und Anmerkungen .....	60
3.4 Signifikante Veränderung .....	61
3.4.1 Stuhlgang .....	61
3.4.2 Abdominalbeschwerden .....	61
3.5 Auswertung des H <sub>2</sub> -Atemtests .....	62
4 Diskussion .....	66
4.1 Diskussion Anamnesebogen .....	67
4.2 Diskussion Verlaufsbogen .....	69
5 Schlussfolgerung .....	71
6 Zusammenfassung .....	72
6.1 Abstract .....	73

---

Abbildungsverzeichnis.....	74
Tabellenverzeichnis.....	75
Literaturverzeichnis .....	76
Abkürzungsverzeichnis .....	82
Anhangsverzeichnis .....	84

# 1 Einleitung

Häufig beklagen Patienten Beschwerden nach dem Verzehr bestimmter Lebensmittel und Speisen. Diese äußern sich überwiegend im Abdominalbereich in Form von Diarrhoe, Meteorismus, Schmerzen, ... .

Mit Hilfe der gastroenterologischen Routinediagnostik können häufig Organerkrankungen ausgeschlossen werden, so dass die Abdominalbeschwerden als funktionell eingestuft werden.

Bevor jedoch die für den Patienten unbefriedigende Diagnose „unklare Abdominalbeschwerden“ gestellt wird, sollten weitere mögliche Ursachen, die die Symptome bedingen können, wie die Malabsorption von Laktose, Fruktose und Sorbit, abgeklärt werden.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die Malabsorptionshäufigkeit eines Teilnehmerkollektivs mit Abdominalbeschwerden, dessen Koloskopie unauffällig war, mittels der H<sub>2</sub>-Atemdiagnostik zu evaluieren.

Mittels Anamnesebogens wurden Daten eines jeden Teilnehmers während bzw. nach der Wasserstoffexhalationsdiagnostik, jedoch vor der Möglichkeit der Umsetzung der Ernährungsempfehlungen erhoben.

Diese Daten werden mit denen des sich anschließenden Verlaufsbogens verglichen.

Ziel ist es, die sich nach der Diagnose und Ernährungsempfehlungen ergebende Veränderung zu beschreiben, um die Bedeutung von Laktose, Fruktose und Sorbit bei Abdominalbeschwerden darzustellen.

---

## 2 Theoretische Grundlagen

### 2.1 Abdominalbeschwerden

#### 2.1.1 Definition

Im Pschyrembel (2004, S. 2) ist folgende Definition zu finden:

Funktionelle Abdominalbeschwerden, auch funktionelles Magen-Darm-Syndrom genannt, ist die Bezeichnung für Bauchbeschwerden, für die sich kein pathologisch-anatomisches Substrat an den intraabdominalen Organen nachweisen lässt.

Es ist eine der häufigsten gastrointestinalen Störungen, teilweise als psychovegetatives Syndrom oder im Rahmen von Neurosen oder Depressionen auftretend.

Diese Definition ähnelt der Beschreibung des Reizdarmsyndroms:

#### 2.1.2 Reizdarmsyndrom

Das Reizdarmsyndrom (Synonym: Reizkolon, spastisches oder irritables Kolon, Colon irritabile, irritable bowel syndrome) zählt zu den häufigsten gastroenterologischen Erkrankungen (Greten, 2002, S. 773, Layer et al., 2003, S. 13).

In Deutschland sind ca. 15 Millionen Menschen von dieser Störung des Verdauungstraktes betroffen. An dieser chronischen Erkrankung leiden besonders Menschen im mittleren Lebensalter, darunter 2- bis 3- mal mehr Frauen als Männer (Kruis et al., 2002, S. 12f, 22).

Das Reizdarmsyndrom ist eine funktionelle Erkrankung, welches durch ein typisches Symptommuster ohne biochemisches oder morphologisches Korrelat charakterisiert ist. Es kann deshalb nicht durch den Nachweis spezifischer organischer Veränderungen diagnostiziert werden. Aus diesen Gründen war das Reizdarmsyndrom lange Zeit eine reine Ausschlussdiagnose, welche mit einem hohen Aufwand und Risiko für den Patienten verbunden war.

Heute ist das Reizdarmsyndrom eine positive Diagnose, sie kann durch gezielte Befragung gestellt werden. Die wichtigsten organischen Erkrankungen lassen sich mit einigen wenigen Untersuchungen ausschliessen (Kruis et al., 2001, S. 29).

Das klinische Bild ist durch eine Vielfalt verschiedener Symptome geprägt, welche in erster Linie mit Dünn- und Dickdarm in Beziehung stehen. Es können aber auch andere Anteile des Verdauungstraktes und extraintestinale Bereiche betroffen sein. Die Art und die Intensität der einzelnen Symptome können sich wandeln (Kruis et al., 2001, S. 25).

Das Reizdarmsyndrom kann in vier Typen unterteilt werden:

- Typ I : Diarrhoe dominant
- Typ II : Obstipation dominant
- Typ III : Meteorismus/Schmerz dominant
- Typ IV : Blähsucht, Gasbildung

(Lasek et al., 2000, S. 6)

In der Literatur wird des öfteren über einen möglichen Zusammenhang zwischen den Symptomen einer Kohlenhydratmalabsorption mit denen des Reizdarmsyndroms diskutiert.

Entsprechend findet man die Empfehlung, dass der Wasserstoff-Atemtest bei Verdachtsdiagnosen wie dem Reizdarmsyndrom frühzeitig in die gastroenterologische Diagnostik einbezogen werden sollte.

Der Test sollte nicht nur auf Laktose beschränkt sein, sondern zumindest auch auf Fruktose und Sorbit ausgedehnt werden (Born et al., 1990, S. 598).

Die Metabolisierung von Nährstoffen, Vitaminen und Gallensäuren durch die pathologische Dünndarmflora bei der bakteriellen Fehlbesiedlung kann zu abdominellen Beschwerden führen, die denen eines Reizdarmsyndroms stark ähneln. Der Glukose-Atemtest ist hier diagnostisch hilfreich (Layer et al., 2003, S. 49).

Da der Begriff „bakterielle Fehlbesiedlung des Dünndarms“ häufiger in dieser Arbeit aufgegriffen wird, soll er an dieser Stelle kurz beschrieben werden:

### **2.1.2.1 Bakterielle Fehlbesiedlung des Dünndarms**

Durch folgende drei Mechanismen wird eine bakterielle Fehlbesiedlung des Dünndarms in der Regel verhindert:

1. Die Darmperistaltik bewirkt eine Reinigung des Dünndarms und verhindert Bakterienansiedlung
2. Die Magensäure ist für einen niedrigen pH-Wert im oberen Verdauungstrakt verantwortlich und lässt keine relevanten Mengen von Mikroorganismen existieren
3. Die Bauhinsche Klappe ist normalerweise nur in Richtung des Kolons durchgängig und lässt keine Mikroorganismen von dort in den Dünndarm gelangen

Ist einer dieser Mechanismen gestört, so kann der Dünndarm mit der Kolonflora besiedelt werden (Lippert, 1999, S. 12).

Prädisponiert für eine Fehlbesiedlung des Dünndarms sind auch Patienten mit postoperativen Zustandsbildern, bei denen eine Obstruktion, Stenosen, blinde bzw. ausgeschaltete Schlingen oder Motilitätsstörungen vorliegen. Auch Dünndarmdivertikel begünstigen eine bakterielle Fehlbesiedlung (Rabast, 2004, S. 153f; Layer et al., 2003, S. 49).

Wird nun ein Glukose-Atemtest durchgeführt (Glukose wird in aktuelleren Studien als Testsubstanz favorisiert), metabolisieren diese Bakterien die Glukose vor der Absorption, wodurch ein früher Anstieg der Wasserstoffkonzentration in der Exhalationsluft resultiert.

### **2.1.2.2 Rom-II-Kriterien**

Die Diagnose „Reizdarm“ wird mittels der Rom-II-Kriterien anamnestisch nach Ausschluss organischer Abdominalerkrankungen gestellt.

Diese Kriterien erfassen auch den Verlauf und die wechselnde Intensität des Reizdarmsyndroms.

Dabei wird zwischen Haupt- und unterstützende Symptome unterschieden:

### Hauptsymptome

Abdominelle Schmerzen oder abdominelles Unwohlsein über mindestens 12 Wochen im vergangenen Jahr begleitet von zwei der folgenden drei Kriterien:

- Erleichterung beim Stuhlgang und/oder
- Beschwerdebeginn begleitet von Veränderungen der Stuhlfrequenz und/oder
- Beschwerdebeginn begleitet von Veränderungen der Stuhlkonsistenz

### Unterstützende Symptome

1. Weniger als 3 x Stuhlgang/Woche
2. Mehr als 3 x Stuhlgang/Tag
3. Stuhl hart oder klumpig
4. Stuhl lose oder wässrig
5. Pressen beim Stuhlgang
6. Stuhldrang
7. Gefühl der inkompletten Entleerung
8. Schleimabgang
9. Aufgetriebenes Abdomen, Blähungen

Diarrhoe-Typ:  $\geq 1$  Symptom von 2, 4 und 6 sowie keins bei 1, 3 und 5

Obstipations-Typ:  $\geq 1$  Symptom von 1, 3 und 5 und keins von 2, 4 und 6

(Kruis et al., 2001, S. 6)

## 2.2 Evidenz-basierte Medizin

Das Verfahren der evidenz-basierten Medizin wird theoretisch und am Beispiel des Reizdarmsyndroms dargestellt:

Der Begriff „Evidence-based Medicine“ kann übersetzt werden als „nachweisbare Medizin“. Diese umfasst eine systematische Methode mit definierten Kriterien, die aktuelle Forschungsergebnisse evaluiert und bestimmte Vorgehensweisen standardisiert.

„Evidence-based Medicine ist der gewissenhafte, ausdrückliche und vernünftige Gebrauch der gegenwärtig besten externen, wissenschaftlichen Evidenz für Entscheidungen in der medizinischen Versorgung individueller Patienten“, so Prof. D. L. Sackett.

### Verfahren der evidenz-basierten Medizin

Das Verfahren lässt sich in folgende 5 Schritte unterteilen:

1. Formulierung einer Frage
2. Suche nach der besten verfügbaren Evidenz in Datenbanken (z. B. PubMed, Medline) und Fachzeitschriften
3. Überprüfung der klinischen Relevanz und die Anwendbarkeit der Evidenz. Um systematische Fehler zu vermeiden, soll besonderes Augenmerk auf die Begriffe Validität, Reliabilität und Relevanz der Untersuchung gelegt werden.
4. Überprüfbarkeit der Anwendbarkeit
5. Kritische Evaluation der eigenen Leistung  
([http://www.medizinalrat.de/Eb\\_Medicine/EbM\\_\\_Theorie\\_und\\_Handwerkszeug/body\\_ebm](http://www.medizinalrat.de/Eb_Medicine/EbM__Theorie_und_Handwerkszeug/body_ebm) 22.02.05)

Im Folgendem wird dieses Verfahren beispielhaft dargestellt:

1. Besteht ein Zusammenhang zwischen den Symptomen des Reizdarmsyndroms und der Kohlenhydratmalabsorption?
2. Die Suche der Studien fand in der medizinischen Datenbank PubMed statt. Der eingesetzte Suchbegriff lautete „irritable bowel syndrome AND malabsorption“.
3. Die kritische Untersuchung der ausgewählten Dokumente ist im Rahmen dieser Diplomarbeit nicht möglich.
4. Die betrachteten Studien\* kommen zu folgenden Schlussfolgerungen:
  - Die Symptome des Reizdarmsyndroms basieren bei einigen Personen auf Grund der Malabsorption von Kohlenhydraten, welche in Apfel- und Birnensaft enthalten sind

- Bei der Mehrheit von Reizdarmsyndrom-Patienten mit einer Laktosemalabsorption verbesserte eine laktosereduzierte Kost die Symptome kurz- wie auch langfristig und reduzierte die Anzahl der Arztbesuche deutlich
  - Diättherapie ist kosten- und zeitsparend
- Ausschluss der leicht zu behandelnden Kohlenhydratmalabsorption vor der Diagnosestellung Reizdarmsyndrom
- Diätetische Restriktion auslösender Kohlenhydrate vor medikamentöser Therapie

Mit dem Wissen, welche Symptome eine Kohlenhydratmalabsorption bedingen kann und welche diätetischen Empfehlungen resultieren sowie der Durchführung der H<sub>2</sub>-Atemdiagnostik zum Nachweis der Kohlenhydratmalabsorption lassen sich die genannten Schlussfolgerungen leicht in den klinischen Alltag umsetzen.

5. Die Kritik an der Umsetzung sowie die kritische Evaluation der entstandenen Ergebnisse ist im Rahmen dieser Diplomarbeit nicht möglich.

---

\*

- Bohmer, CJ.; Tuynman, HA.: The effect of a lactose-restricted diet in patients with a positive lactose tolerance test, earlier diagnosed as irritable bowel syndrome: a 5-year follow-up study, in: Eur J Gastroenterol Hepatol. 13 (2001) [Abstract]
- Goldstein, R.; Braverman, D.; Stankiewicz, H.: Carbohydrate malabsorption and the effect of dietary restriction on symptoms of irritable bowel syndrome and functional bowel complaints, in: Isr Med Assoc J. 2 (2000) [Abstract]
- Moukarzel, AA.; Lesicka, H.; Ament, ME.: Irritable bowel syndrome and nonspecific diarrhea in infancy childhood-relationship with juice carbohydrate malabsorption, in: Clin Pediatr (Phila). 41 (2002) [Abstract]
- Vernia, P.; Di Camillo, M.; Marinaro, V.: Lactose malabsorption, irritable bowel syndrome and self-reported milk intolerance, in: Dig Liver Dis. 33 (2001) [Abstract]

## 2.3 Wasserstoffexhalationstest

### 2.3.1 Wasserstoff

Das chemische Symbol für Wasserstoff ist H (Hydrogenium). Es ist das leichteste Element und als Molekül ( $H_2$ ) das leichteste Gas. In der Luft ist Wasserstoff zu  $5 \times 10^{-5}$  Vol. % enthalten (Pschyrembel, 2004, S. 1949).

#### 2.3.1.1 Ursprung der Gase

Die intestinalen Gase können 3 Quellen zugeordnet werden:

- verschluckte Luft
- Diffusion aus dem Blutplasma
- intraluminale Bildung beim Abbau von Nahrungsbestandteilen  
(Robert et al., 1995, S. 845)

Atmosphärische Gase wie  $N_2$ ,  $O_2$  und  $CO_2$  werden als Luft verschluckt oder durch Nahrungsmittel aufgenommen, die diese enthalten. Die verschluckte Luft macht zwar einen beträchtlichen Anteil an den Darmgasen aus, spielt jedoch für den  $H_2$ -Atemtest keine Rolle, da Wasserstoff nur in einer sehr geringen Konzentration ( $< 0,05$  parts per million) in der Atmosphäre vorhanden ist (Vierling, 1992, S. 19). Die Diffusion von Wasserstoff aus dem Blutplasma ins Darmlumen ist ebenfalls ohne Bedeutung für den  $H_2$ -Atemtest, da Wasserstoff im Blut nur gering löslich ist und nach einmaliger Lungenpassage nahezu vollständig abgeatmet wird (Lippert, 1999, S. 7).

Der Magen und der obere Dünndarm sind relativ keimarm. Die Zahl der Bakterien nimmt distal zu. Über 400 Bakterienarten sind im Kolon vertreten. Die Mehrzahl dieser Bakterien, die ein mikrobielles Ökosystem ausbilden, sind obligate Anaerobier (Robert et al., 1995, S. 835).

Die Anaerobier spalten unverdauliche Nahrungsbestandteile (vor allem pflanzliche Faserstoffe) teilweise auf, wobei u. a. kurzkettige Fettsäuren (Acetat, Propionat, n-Butyrat) entstehen. Diese werden von der Kolonschleimhaut absorbiert und decken etwa 70 % des lokalen Energiebedarfs.

Des Weiteren werden Wasserstoff, Methan, Laktat, Kohlendioxid, Ammoniak sowie Vitamin K gebildet (Robert et al., 1995, S. 835; Kluthe et al., 1996, S. 21).

H<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> werden ausschließlich durch bakterielle Gärungsvorgänge im Kolon aus nichtabsorbierbaren Kohlenhydraten freigesetzt (Robert et al., 1995, S. 846).

### **2.3.1.2 Substratangebot**

Neben den nicht im Dünndarm absorbierten Nahrungsbestandteilen metabolisieren die Bakterien Nahrungsbestandteile, die entweder aufgrund eines Überangebotes nicht vollständig oder pathologisch nicht oder nur zum Teil absorbiert werden können. Endogen sezernierte Glykoproteine sowie abgeschilferte Darmepithelzellen werden ebenfalls als Substrat für den Stoffwechsel der Mikroorganismen genutzt (Vierling, 1992, S. 19).

Die H<sub>2</sub>-Produktion im Kolon beruht jedoch im wesentlichen auf exogen, oral aufgenommene, nicht absorbierbare Substanzen (Wachter, 1991, S. 15).

„Die Menge und die Zusammensetzung der hier gebildeten Gase ist abhängig von Art, Quantität und Verteilung der vorhandenen Bakterien und des verfügbaren Substrates.“ (Armbrecht et al., 1989, S. 391)

### **2.3.1.3 Wasserstoff im menschlichen Organismus**

Wasserstoff als Gas kann nicht im Intermediärstoffwechsel des Menschen gebildet werden. Der Partialdruck im umgebenden Gewebe des Darmlumens ist folglich sehr gering. Aufgrund des Konzentrationsgradienten diffundiert es rasch in die Blutbahn und wird schnell über die Lungen abgeatmet (Lippert, 1999, S. 6).

Armbrecht et al. (1989, S. 391) beschreiben, dass der Zeitraum zwischen der Wasserstoffbildung im Darm und seiner Nachweisbarkeit in der Expirationsluft etwa 4-8 Minuten beträgt.

### 2.3.2 Definition und Historie

Der H<sub>2</sub>-Atemtest, auch Wasserstoff-Exhalationstest genannt, bezeichnet die gaschromatographische Messung der Wasserstoffkonzentration in der Ausatemluft nach Aufnahme von Kohlenhydraten (Pschyrembel, 2004, S. 1949).

Erst zu Beginn der sechziger Jahre gewann die Abatmung von Wasserstoff durch die Entwicklung der Gaschromatographie an Bedeutung. Nun war es möglich, bereits geringe Wasserstoffkonzentrationen ausreichend präzise zu ermitteln (Vierling, 1992, S. 3).

Zur Vereinfachung der Untersuchungsmethode wurden ionensensitive Elektroden entwickelt, die den routinemäßigen klinischen Einsatz des H<sub>2</sub>-Atemtests ermöglichten (Lippert, 1999, S. 5).

Diese Methode erwies sich im Vergleich zur Gaschromatographie als gleichwertig und kostengünstiger (Zech, 1995, S. 7).

In der gastroenterologischen Diagnostik hat sich der H<sub>2</sub>-Atemtest als eine sensitive sowie verlässliche Methode zum Nachweis von Kohlenhydratmalassimilationen etabliert. Die Untersuchungsmethode ist einfach sowie kostengünstig, nicht-invasiv und wenig belastend für den Patienten (Lippert, 1999, S. 5).

### 2.3.3 Indikationen

Durch die Verwendung unterschiedlicher Testsubstanzen erlaubt der Wasserstoffexhalationstest sehr elegant Rückschlüsse auf verschiedene Störungen der Verdauung bzw. Absorption von Nahrungsbestandteilen im Dünndarm. Des weiteren kann mittels des H<sub>2</sub>-Atemtests eine bakterielle Fehlbesiedlung des Dünndarms nachgewiesen sowie die Dünndarmtransitzeit bestimmt werden.

Dadurch haben sie einen hohen Stellenwert in der Diagnostik bei Patienten mit Durchfällen, Blähungen, Übelkeit und anderen uncharakteristischen abdominalen Beschwerden in der Gastroenterologie und auch Pädiatrie

([http://www.gastroenterologie.uni-hd.de/darm/man\\_atemtests.php](http://www.gastroenterologie.uni-hd.de/darm/man_atemtests.php) 30.12.04).

Die folgende Tabelle zeigt die unterschiedlichen Atemteste sowie ihre Indikationen:

Tabelle 1: Atemteste und Indikationen

ATEMTEST	INDIKATIONEN
Laktose	<ul style="list-style-type: none"> <li>- V. a. Laktosemalabsorption</li> <li>- Abklärung unklarer Durchfälle</li> <li>- Abklärung unklarer Blähungen</li> <li>- gelegentlich Übelkeit</li> <li>- uncharakteristische abdominelle Beschwerden</li> </ul>
Fruktose	<ul style="list-style-type: none"> <li>- V. a. Fruktosemalabsorption</li> <li>- Abklärung unklarer Durchfälle</li> <li>- Abklärung von Meteorismus, Flatulenz</li> <li>- Abklärung von Übelkeit, postprandialem Völlegefühl, uncharakteristischer abdomineller Beschwerden</li> </ul>
Sorbit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- V. a. Sorbitmalabsorption</li> <li>- Abklärung unklarer Durchfälle</li> <li>- Abklärung unklarer Blähungen</li> <li>- uncharakteristische abdominelle Beschwerden</li> </ul>
Xylose	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Malabsorptionssyndrom</li> </ul>
Glukose	<ul style="list-style-type: none"> <li>- V. a. bakterielle Fehlbesiedlung des Dünndarms</li> <li>- Abklärung unklarer Durchfälle</li> <li>- Abklärung von Meteorismus, Flatulenz</li> <li>- Malabsorptionssyndrom</li> <li>- Abklärung von Übelkeit, postprandialem Völlegefühl, uncharakteristischer abdomineller Beschwerden</li> <li>- eventuell anhaltende Gewichtsabnahme</li> </ul>
Laktulose	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausschluss eines H<sub>2</sub>-Non-Producer-Status</li> <li>- Bestimmung der oro-zökalen Transitzeit (Dünndarmtransitzeit)</li> <li>- Motilitätsdiagnostik</li> <li>- Indirekter Nachweis der bakteriellen Fehlbesiedlung</li> </ul>

(Lippert, 1999, S. 6, 17; Rabast, 2004, S. 153; <http://www.gastroenterologie.uni-hd.de/darm/man.30.12.04>)

### 2.3.4 Prinzip des H<sub>2</sub>-Atemtests

Intestinale Bakterien besitzen die Fähigkeit (aufgrund des Enzyms Formiat-Hydrogen-Lyase), bei der Fermentierung von Kohlenhydraten Wasserstoff zu bilden. Dieses Prinzip macht sich der H<sub>2</sub>-Atemtest zu Nutze:

Nach oraler Gabe eines Kohlenhydrates wird nach bestimmten Zeitabständen die Wasserstoffkonzentration in der Exhalationsluft ermittelt.

Der Anstieg der Wasserstoffkonzentration lässt sich als intestinale H<sub>2</sub>-Produktion als Folge bakterieller Verstoffwechslung der Kohlenhydrate erklären.

Ein Wasserstoffanstieg ist entweder ein Indiz für den Substratübertritt in das bakterienbesiedelte Kolon oder für die unphysiologische bakterielle Fehlbesiedlung des Dünndarmes (Lippert, 1999, S. 6f).

Laut *Ruppin* und *Levitt* ergaben Untersuchungen, dass 21 % bzw. 14 % des entstandenen Wasserstoffs in das Kapillarblut der Darmschleimhaut diffundieren.

Als limitierende Faktoren der Absorption nennt *Vierling* (1992, S. 20) die Durchblutung des Gewebes sowie die geringe physikalische Löslichkeit des Wasserstoffs, der im Blut nicht chemisch gebunden werden kann und deshalb abgeatmet wird.

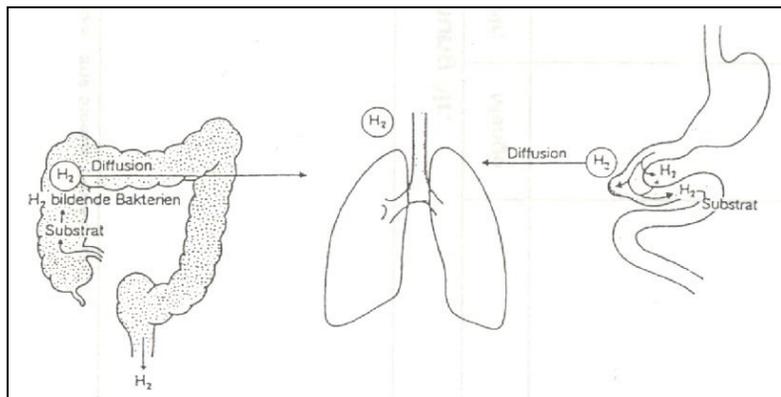


Abbildung 1: Prinzip des H<sub>2</sub>-Atemtests (Lippert, 1999, S. 8)

### 2.3.5 Anwendung und Vorteile

Zur Erfassung der Laktosemalabsorption gilt der H<sub>2</sub>-Atemtest im Vergleich zur Messung der Blutglukosekonzentration als sensitive und spezifische Methode (Rabast et al., 2000, S. 240).

Bei der Diagnose eines Laktasemangels ist die Sensitivität des Wasserstoffexhalationstest ähnlich hoch wie die Bestimmung der Enzymaktivität in der Gewebeprobe.

Das Testprinzip reflektiert die Malabsorption bereits geringer Mengen des verabreichten Kohlenhydrates.

Außerdem kann die inkomplette Absorption bestimmter Kohlenhydrate quantitativ dargestellt werden.

Die bakterielle Fehlbesiedlung des oberen Gastrointestinaltraktes, die mit nicht-invasiven Methoden und ohne Verwendung radioaktiver Isotope nur schwer zu diagnostizieren ist, erfasst der H<sub>2</sub>-Atemtest mit guter Sicherheit.

Zudem bietet er die Möglichkeit zur schonenden Bestimmung der physiologischen Transitzeit, da zur Durchführung des H<sub>2</sub>-Atemtests auf intestinale Intubation und radioaktive Isotope verzichtet werden kann (Armbrecht et al., 1989, S. 391ff).

### 2.3.6 Nachteile

Es muß jedoch stets berücksichtigt werden, dass der Wasserstoffexhalationstest von anderen Faktoren beeinflussbar ist und daher eine indirekte Untersuchungsmethode darstellt. Die Interpretation der Testergebnisse unterliegt einer großen Variabilität, da kein standardisierter Testablauf bzw. einheitlich definierte Referenzwerte existieren (Lippert, 1999, S. 72, 89).

Als entscheidende Nachteile des H<sub>2</sub>-Atemtest nennen Wutzke et al. (1997, S. 43) seine Dosisabhängigkeit, Interferenzen mit H<sub>2</sub>-Peaks und die zufällige Involvierung von H<sub>2</sub>-Non-Producern.

### H<sub>2</sub>-Peak

Der Kontakt der zugeführten Kohlenhydrate mit den fermentierenden Mikroorganismen der Mundhöhle führt zu einem kurzzeitigen, frühen Anstieg der H<sub>2</sub>-Konzentration in der Exhalationsluft. Von Bedeutung kann auch ein durch orale Nahrungsaufnahme induzierter gastro-ilealer Reflex sein, der eine Entleerung von (kohlenhydrathaltigem) Ileuminhalt in das Kolon fördert. Nach kurzem, initialen Anstieg folgt eine Plateauphase (Armbrecht et al., 1989, S. 391f).

Dieser frühe Gipfel muss berücksichtigt werden, um keine falsch positiven Testergebnisse zu erhalten.

### H<sub>2</sub>-Non-Producer

Es existieren auch Bakterien, die unfähig sind, Wasserstoff zu bilden. Armbrecht et al. (1989, S. 394) gibt als weitere Erklärung eine tierexperimentell nachgewiesene Wasserstoff katabolisierende Bakterienflora an.

Patienten mit solch einer Darmflora werden als „Nicht-H<sub>2</sub>-Produzenten“ bezeichnet. Über ihre Häufigkeit findet man in der Literatur unterschiedliche Angaben: *Gilat* zählt etwa 1-3 % der Bevölkerung zu den H<sub>2</sub>-Non-Producern, *Lembcke* und *Caspary* fanden in eigenen Untersuchungen 5 % der Nicht-H<sub>2</sub>-Produzenten. Die gastroenterologische Abteilung des Universitätsklinikum Heidelberg berichtet sogar von 10 % H<sub>2</sub>-Non-Producern in der Bevölkerung. Diese Störung lässt sich durch einen fehlenden H<sub>2</sub>-Anstieg in der Exhalationsluft nach oraler Gabe von Laktulose (Disaccharid aus Galaktose und Fruktose, welches im Dünndarm weder gespalten noch absorbiert werden kann und folglich in den Dickdarm gelangt, wo es bakteriell metabolisiert wird) nachweisen.

(Lippert, 1999, S. 10; [http://www.gastroenterologie.uni-hd.de/darm/man\\_laktulose.php](http://www.gastroenterologie.uni-hd.de/darm/man_laktulose.php) 30.12.04).

### 2.3.7 Störfaktoren

Da es sich bei dem H<sub>2</sub>-Atemtest um eine indirekte Untersuchungsmethode handelt, sollten die potentiellen Störfaktoren sowohl in der Testvorbereitung und auch Testdurchführung berücksichtigt werden:

Antibiotika wirken sich auf die Darmflora aus. Dieser Einfluss kann eine Reduktion der H<sub>2</sub>-bildenden Bakterien als auch eine Zunahme der Wasserstoffproduktion bewirken. Häufig wird deshalb die Meinung vertreten, dass ein H<sub>2</sub>-Atemtest unter antibiotischer Therapie nicht aussagekräftig sei.

Darmspülungen als Vorbereitung auf eine Koloskopie oder Darmoperation führen zu einer reduzierten Wasserstoffproduktion.

Laxantien müssen vor dem Wasserstoffexhalationstest abgesetzt werden. Sie können H<sub>2</sub>-Bildner beseitigen und somit evtl. zu falsch negativen Tests führen.

Rauchen steigert die Wasserstoffkonzentration in der Atemluft.

Erniedrigte endexpiratorische Wasserstoffwerte können auch bei Hyperventilation, z. B. durch körperliche Aktivität oder „Laborstress“ auftreten.

Nach 12stündigem Fasten sowie einer Reduktion des Kohlenhydratgehaltes und Ballaststoffanteils der Kost am Vortag der Untersuchung ist gewöhnlich mit einer niedrigen basalen Wasserstoffproduktion zu rechnen.

Gelegentlich werden jedoch erhöhte Nüchternwerte gemessen, die im Zusammenhang mit Erkrankungen wie z. B. das Malassimilationssyndrom der unbehandelten Zöliakie, exokrine Pankreasinsuffizienz, ... stehen können. Auch ist dieses Phänomen bei der bakteriellen Fehlbesiedlung beobachtet worden (Armbrecht et al., 1989, S. 391, 394; Lippert, 1999, S. 9).

### 2.3.8 Untersuchungsvoraussetzungen

- Der Test kann nur durchgeführt werden, wenn der initiale H<sub>2</sub>-Wert  $\leq 20$  ppm ist. Ein Wert  $> 20$  ppm kann auf eine bakterielle Fehlbesiedlung des Dünndarms oder Vorhandensein von Kohlenhydraten im Kolon (= keine Nüchternheit) hinweisen. Dies kann das Testergebnis verfälschen.
- Laktulose bzw. Glukose sollte grundsätzlich zuerst getestet werden, da nur ein nicht pathologischer Test die Interpretation weiterer Atemteste zulässt
- Vor Durchführung des Fruktose-Atemtestes muss sichergestellt sein, dass keine hereditäre Fruktoseintoleranz vorliegt  
(Zech, 1995, S. 11, 13)

### 2.3.9 Testdurchführung und Testbewertung

Im Asklepios Westklinikum Hamburg werden alle H<sub>2</sub>-Atemtests mit einem GMI-H<sub>2</sub>-Atemtestgerät der Firma Stimotron/Wendelstein durchgeführt.



Abbildung 2: H<sub>2</sub>-Atemtestgerät

Der Testablauf erfolgt standardisiert nach folgender gängiger Methode:

- Unmittelbar vor Testbeginn wird das Messgerät mittels eines Testgases (96,8 ppm Hydrogen) geeicht.
- Ermittlung des Ausgangswertes eines jeden Patienten.

Die Atemproben werden wie folgt erfasst und ausgewertet:

- Patient nimmt entspannte Haltung ein
- Nach einer tiefen Inspiration erfolgt das Ausatmen der gesamten Luft durch ein „T-Stück“, welches an die Spritze gesteckt wird



Abbildung 3: 20 ml Einmalspritze mit „T-Stück“

- Gegen Ende der Expiration (letzten 25 %, da diese Phase die höchste  $H_2$ -Konzentration aufweist) erfolgt das Sammeln der Atemprobe in einer 20 ml Einmalspritze durch das Herausziehen des Kolbens und gleichzeitigem Verschließen des T-Stückes mittels Finger
- Diese gesammelte Atemprobe wird sofort langsam in das Messgerät injiziert
- Sobald die digitale Anzeige zum Stillstand gelangt, wird die Höhe der  $H_2$ -Konzentration abgelesen und notiert

- 
- Nach jeder Messung wird das Messgerät mittels Raumluft so lange „durchspült“, bis die Anzeige wieder den Nullpunkt erreicht.
  - Bei Ausgangswerten  $\leq 20$  ppm bekommen die Patienten je nach Test, gelöst in 300 ml Wasser, jeweils 80 g Glukosemonohydrat, 50 g Laktose, 25 g Fruktose oder 10 g Sorbit. 25 ml Lactulose (Hexal<sup>®</sup>) werden als Sirup eingenommen und anschließend erhält der Patient 300 ml Wasser. Es sollte bei allen Tests zügig getrunken werden.
  - Jede  $\frac{1}{4}$  Stunde wird eine Atemprobe genommen, ausgewertet und notiert. Die Ausnahme bildet der Laktose-Atemtest: Die Patienten geben nur alle 30 Minuten eine Atemprobe, zudem wird aber auch jede  $\frac{1}{2}$  Stunde der Blutzucker erfasst und notiert.
  - Der Wasserstoffexhalationstest dauert mindestens 75 Minuten, bei auffälliger Tendenz entsprechend länger.
  - Ein Glukose-, Laktose-, Fruktose- und Sorbittest wird als pathologisch gewertet, wenn der Ausgangswert um mehr als 20 ppm ansteigt. Ein Laktulosestest wird als normal angesehen, wenn der H<sub>2</sub>-Wert nach der 45. Minute  $> 20$  ppm über dem Ausgangswert liegt. Steigt der Blutzucker bei dem Laktose-Test nicht um mehr als 20 mg/dl an, so ist dies als Indiz einer Laktosemalabsorption zu deuten. Der H<sub>2</sub>-Atemtest liefert also gleich einen Befund.
  - Zusätzlich wird erfragt und ggf. notiert, ob bzw. welche Beschwerden bei den Patienten während des Tests auftreten  
(Hein, 1997, S. 11).

Eine einheitliche Versuchsanordnung und Interpretation existiert nicht, so dass in der Literatur unterschiedliche Angaben (z. B. Dauer der Nahrungskarenz vor der Untersuchung, Dosis der Testzuckermengen, zeitlicher Abstand zwischen den Atemproben, oro-zökale Transitzeit beim Gesunden, ...) zu finden sind.

### 2.3.10 Anmerkung

Der D-Xylose-Atemtest erfasst die Absorptionskapazität des Jejunums und wird folglich in der Malabsorptionsdiagnostik eingesetzt (Lippert, 1999, S. 18).

Im Asklepios Westklinikum Hamburg wird dieser Atemtest nicht durchgeführt.

Daher wird an dieser Stelle und in der gesamten Arbeit nicht näher auf den D-Xylose-Atemtest eingegangen.

## 2.4 Verdauung

Um den Stoff- und Energiebedarf des Organismus zu decken, muss Nahrung dem Körper zugeführt werden, welche im Magen-Darm-Trakt aufgespalten (Verdauung; syn. Digestion) und anschließend aus dem Darm aufgenommen (Absorption) wird (Silbernagl et al., 2003, S. 232).

Man kann hierbei die mechanische Aufbereitung, welche das Kauen, die Zerkleinerungs- und Emulgierungstätigkeit sowie die intensive Durchmischung im gesamten Magen-Darm-Trakt umfasst, von dem chemischen Verdauungsprozess, an dem die Magensäure, die Gallensalze und eine Vielzahl von Enzymen beteiligt sind, unterscheiden (Klinke et al., 2001, S. 433).

Die Verdauung der Kohlenhydrate beginnt bereits im Mund durch die Speichelamylase (Silbernagl et al., 2003, S. 258).

Die veraltete Bezeichnung dieser  $\alpha$ -Amylase lautet Ptyalin oder auch Diastase (Kasper, 2000, S. 6).

Sie vermag auch bei neutralem pH-Wert die Stärke (Amylose, Amylopektin, Glykogen) zu Oligosacchariden zu spalten. Dieser Verdauungsvorgang wird erst bei der Durchmischung mit dem saurem Magensaft unterbrochen (Biesalski et al., 2004, S. 60; Silbernagl et al., 2003, S. 258).

Durch das Bicarbonat des Pankreassekretes stellt sich im Duodenum wieder ein neutraler pH-Wert ein (Silbernagl et al., 1991, S. 224, 212).

Im wesentlichen werden die Kohlenhydrate jedoch im oberen Dünndarm durch die Pankreasamylase gespalten, deren Aktivität durch die Zusammensetzung der Nahrung gesteigert werden kann. Von den  $\alpha$ -Amylasen können aber nur  $\alpha$ -(1,4)-glykosidische Bindungen gespalten werden (Biesalski et al., 2004, S. 60; Gaßmann, 2000, S. 318).

Des weiteren befinden sich im Pankreassaft und in der Mukosa des Ileums die 1,6-Gucosidase und Maltase (Silbernagl et al., 1991, S. 224).

Die Kohlenhydrathydrolyse hängt zudem von der physikalisch-chemischen Vorbehandlung und der verzehrten Menge ab (Gaßmann, 2000, S. 318).

Im Dünndarm, unter dem Einfluss der im Bereich der Mikrovilli lokalisierten Disaccharidasen, erfolgt die Spaltung zu den jeweiligen Einfachzuckern, denn Kohlenhydrate können nur in Form von Monosacchariden von den Dünndarmschleimhautzellen absorbiert werden (Kasper, 2000, S. 6). Diese werden anschließend von den Zellen der Intestinalmukosa über den Pfortaderkreislauf zur Leber transportiert (Biesalski et al., 2004, S. 60).

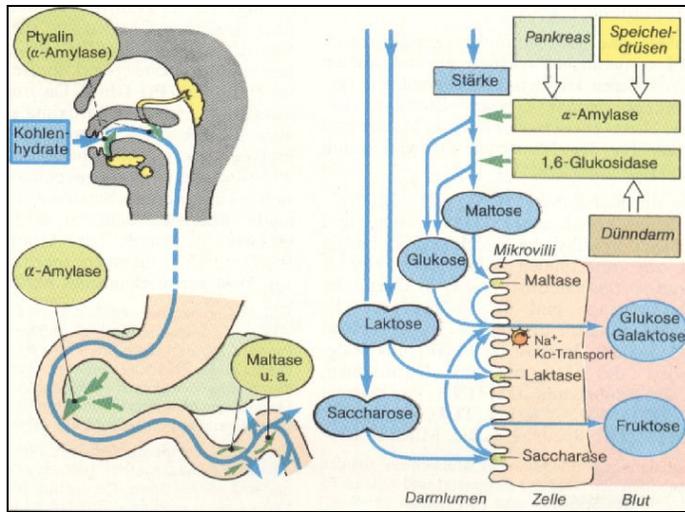


Abbildung 4: Kohlenhydratverdauung und Absorption von Monosacchariden  
(Silbernagl et al., 1991, S. 225)

## 2.5 Absorption

Die Nährstoffabsorption findet überwiegend im oberen Dünndarm statt (Mischokelling et al., 1996, S. 207).

Für die Absorption der Nahrungsbestandteile sind die Darmepithelzellen, die Enterocyten, zuständig (Mörke et al., 1997, S. 437).

Nur zum Teil ist die Aufnahme der Nährstoffe durch einfache Diffusion möglich, meist sind aktive Transportmechanismen mit oder ohne spezifische Carriersysteme (Trägermoleküle) erforderlich (Götz et al., 1999, S. 10).

Im Folgenden werden die Begriffe „Diffusion“ und „aktiver Transportmechanismus“ beschrieben.

Eine Diffusion kann ablaufen, wenn ein Konzentrationsgefälle besteht (Silbernagl et al., 2003, S. 20).

Unter einer erleichterten Diffusion versteht man einen passiven Transport, welcher durch einen Carrier in der Membran vermittelt wird (Silbernagl et al., 1991, S. 10).

Bei aktiven Transportmechanismen werden Stoffe gegen ein Konzentrationsgefälle unter Energieverbrauch transportiert.

Von sekundär-aktivem Transport spricht man, wenn der Bergauf-Transport eines Stoffes (z. B. Glukose) mittels des Carriers an den passiven Transport eines Ions (z. B.  $\text{Na}^+$ ) gekoppelt ist (Silbernagl et al., 2003, S. 26).

Bei gesunden Individuen werden zugeführte Kohlenhydrate vollständig in Form von Monosacchariden absorbiert (Suter, 2002, S. 80).

In der luminalen Membran der Dünndarmepithelzellen existieren mindestens drei Monosaccharidcarrier.

Um den  $\text{Na}^+$ -gekoppelten Carrier SGLT1 (Sodium Glukose Transporter 1) konkurrieren Glukose als auch Galaktose, wobei die D-Isomere vom Trägermolekül für den aktiven Transportmechanismus bevorzugt werden. Die höhere Affinität zu diesem Carrier besitzt Galaktose.

Zwei weitere Bürstensaumcarrier, GLUT 2 und GLUT 5 (Glukose Transporter 2 bzw. 5), sind  $\text{Na}^+$ -unabhängig (Klinke et al., 2001, S. 434).

GLUT 2 wird von Glukose, GLUT 5 wird von Fruktose durch eine erleichterte Diffusion genutzt. Der Glukose Transporter 2 wird zudem von Galaktose als auch von Fruktose benutzt (Robert et al., 1995, S. 724; Gaßmann, 2000, S. 318).

Sorbit wird durch Diffusion aus dem Darmlumen aufgenommen (Belitz et al., 2001, S. 850).

Ein Glukose 2 Transporter ohne Monosaccharidspezifität übernimmt den Efflux über die basolaterale Membran in das Portalvenenblut (Gaßmann, 2000, S. 318).

Postabsorptiv gelangen die Kohlenhydrate zur Leber. Fruktose und Galaktose werden hier in Glukose umgewandelt (Biesalski et al., 2004, S. 64).

Nach der Dehydrierung werden die Zuckeraustauschstoffe wie die entsprechenden Zucker umgesetzt (Bässler, 2000, S. 3).

## 2.5.1 Absorptionsgeschwindigkeit

Glukose und Galaktose werden, entsprechend der Effizienz der Transportsysteme, am schnellsten absorbiert. Gefolgt von Fruktose, mit 70 % der Geschwindigkeit und mit nur 10 bis 20 % der Geschwindigkeit folgen alle anderen Monosaccharide einschließlich der Zuckeralkohole (Biesalski et al., 2004, S. 62). Brostoff et al. (2002, S. 372) beschreibt, dass Glukose die Fruktoseabsorption bei gesunden Personen stimuliert. Deshalb wird der Fruchtzucker der Saccharose schneller als reine Fruktose absorbiert.

Langsam absorbierbare Kohlenhydrate und Zuckeraustauschstoffe gelangen bei Überschreiten der individuellen Verdauungs- bzw. Absorptionskapazität teilweise unverändert in den Dickdarm, binden dort osmotisch Wasser und werden von den Darmbakterien unter Gasbildung vergoren. Die Folge ist, dass diese Stoffe in Abhängigkeit von der Dosis und der individuellen Empfindlichkeit zu Blähungen und Durchfällen führen können (Biesalski et al., 2004, S. 67; Biesalski et al., 2004, S. 62).

## 2.5.2 Malassimilation und Malabsorption

Der Vorgang des Nahrungsaufschlusses wird als Digestion (=Verdauung), Störungen dieses Vorganges als Maldigestion (=Fehlverdauung) bezeichnet. Der Übertritt der Nahrungsbestandteile vom Darmlumen in das Lymph- und Kapillarsystem nennt man Absorption, Störungen der Absorption heißen folglich auch Malabsorptionen. Der Oberbegriff Malassimilation fasst die Maldigestion und Malabsorption zusammen (Mischok-Kelling et al., 1996, S. 207).

Häufig führen folgende körperliche Störungen zur Malassimilation:

- Mangel an Verdauungsenzymen
- Mangel an Gallensäuren
- Chronisch entzündliche Darmerkrankungen
- operativ entfernte Magen- oder Dünndarmabschnitte
- Nahrungsmittelallergien
- erbliche Störungen, z. B. Laktasemangel

Klinische Symptome von Malassimilationsstörungen sind voluminöse Gärungsstühle, je nach Ursache können gleichzeitig Fettstühle auftreten, Flatulenz, Gewichtsverlust sowie andere Mangelerscheinungen (Schäffler et al., 1997, S. 325).

Bei der Kohlenhydratmalabsorption handelt es sich um eine angeborene oder erworbene Störung. Unterschieden werden folgende Formen:

1. Monosaccharid-Malabsorption:

- Glukose-Galaktose-Malabsorption
- Fruktose-Malabsorption

2. Disaccharid-Malabsorption:

- Saccharose-Intoleranz
- Maltose-Intoleranz
- Laktose-Intoleranz

3. Stärke-Intoleranz

(Anhäuser et al., 2002, S. 120; Brostoff et al., 2002, S. 366)

Die häufigsten Malabsorptionssyndrome sind die Disaccharidmalabsorptionen, der bekannteste Vertreter ist hier die Laktosemalabsorption. Wesentlich seltener sind die Unverträglichkeiten von Saccharose oder Maltose (Götz et al., 1999, S. 418).

Da die Malabsorption zu der Lebensmittel-Unverträglichkeit zählt, wird der Begriff an dieser Stelle beschrieben:

## 2.5.3 Lebensmittel-Unverträglichkeit

Unter dem Begriff „Lebensmittel-Unverträglichkeit“ versteht die Europäische Akademie für Allergologie und Klinische Immunologie (EAACI) alle unerwünschten und unerwarteten Reaktionen nach dem Verzehr von Lebensmitteln.

Verschiedene Krankheitsbilder bzw. Symptomkombinationen können bei Lebensmittel-Unverträglichkeiten durch eine Vielzahl von Lebensmitteln über unterschiedliche Pathomechanismen und auf unterschiedlichen Wegen (per ingestionem, per inhalationem, permukös, perkutan sowie hämatogen) ausgelöst werden. Enzymdefekte, Malabsorptionen sowie psychosomatische und toxische Reaktionen auf Lebensmittel zählen ebenfalls zu diesen „adverse reactions to food“.

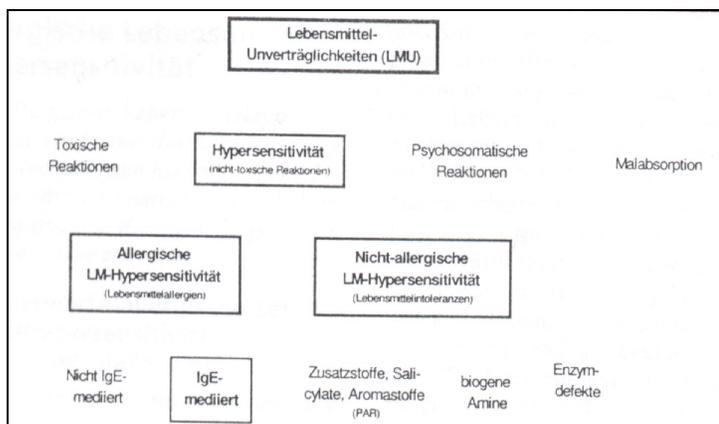


Abbildung 5: Einteilung der Unverträglichkeitsreaktionen auf Lebensmittel

(Behr-Völtzer et al., 2004, S. 19)

Nicht enthalten in dieser Abbildung sind Erkrankungen, welche nach dem Verzehr bestimmter Lebensmittel zu Reaktionen führen, deren pathogenetische Ursache nicht die Lebensmittel-Unverträglichkeit, sondern die Erkrankung selbst darstellt. Als Beispiel werden u. a. das irritable Colon sowie die Dyspepsie genannt (Behr-Völtzer et al., 2004, S. 19f).

## 2.6 Kohlenhydrate und Zuckeraustauschstoffe

### 2.6.1 Laktose

Milchzucker ist eine  $\beta$ -D-Galaktopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -D-Glukopyranose. Das reduzierende Disaccharid wird  $\beta$ -1 $\rightarrow$ 4-glycosidisch aus je einem Molekül D-Galaktose und D-Glukose aufgebaut.

Laktose ist das wichtigste Kohlenhydrat der Milch aller Säugetiere.

Milchzucker wirkt osmotisch bedingt mild laxierend und wird deshalb auch als Laxans verwendet (Albus et al., 2002, S. 288).

#### 2.6.1.1 Laktase

Die Laktose wird durch das Enzym Laktase, eine Disaccharidase, gespalten und als Galaktose und Glukose absorbiert (N.N., 2004, S. 152).

Die  $\beta$ -Galaktosidase ist in der Bürstensaummembran der Dünndarmschleimhaut lokalisiert (Lippert, 1999, S. 14).

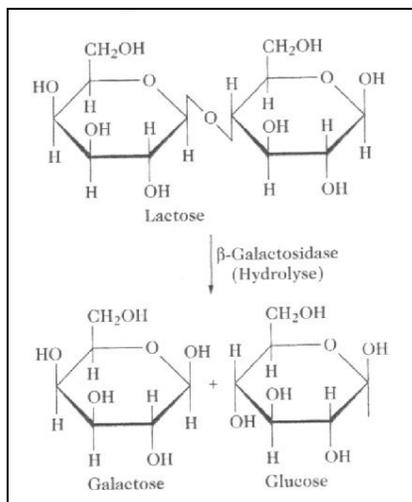


Abbildung 6: Laktose und deren Hydrolyse (Albus et al., 2002, S. 286)

### 2.6.1.2 Laktasemangel

Die Laktaseaktivität geht bei den meisten Menschen nach der Säuglingszeit kontinuierlich zurück. Unzureichende oder fehlende Aktivität dieses intestinalen Enzyms wird als Laktasemangel bzw. Hypolaktasia bezeichnet (Albus et al., 2002, S. 286).

Folgende Formen werden unterschieden:

- Der primäre (angeborene) Laktasemangel
- Der erworbene Laktasemangel im Erwachsenenalter kann sich bei bis dahin normaler Laktoseverträglichkeit aufgrund unbekannter Ursachen manifestieren. Diskutiert wird die Schädigung der Mukosa durch Virusinfekte.
- Der sekundäre Laktasemangel ist die Folge einer primären Erkrankung des Dünndarms. Die Milchzuckerunverträglichkeit bildet sich aber wieder zurück, wenn die Grunderkrankung therapiert wird.  
(Kasper, 2000, S. 168)

Lippert (1999, S. 15) weist darauf hin, dass es als Folge einer gestörten Anatomie (z. B. BII-Magen, Kurzdarmsyndrom, ...) oder Motilität trotz normaler Laktaseaktivität auch zu einer Laktosemalassimilation kommen kann.

### 2.6.2 Laktosemalabsorption/Laktoseintoleranz

Kann das Disaccharid nicht in seine Hexosen gespalten und absorbiert werden, so spricht man von einer Laktosemalabsorption (N.N., 2004, S. 152).

Gelangt der Milchzucker in das Kolon, so wird er als Nährstoff von den intestinalen Bakterien abgebaut (Biesalski et al., 2004, S. 67).

Die resultierende Gasbildung, die Laktose sowie ihre bakteriell produzierten Metaboliten bedingen die typischen Symptome wie Meteorismus, Flatulenz, Bauchschmerzen, Diarrhoe (Biesalski et al., 2004, S. 67; Biller, 2003, S. 70).

Die Diarrhoe resultiert aus der Peristaltiksteigerung (gefördert durch die organischen Säuren, welche irritierend auf die Darmschleimhaut wirken) sowie des Wassereinstroms in das Darmlumen (als Folge der Steigerung des osmotischen Drucks) (Kasper, 2000, S. 169).

In diesem Fall spricht man von einer Laktoseintoleranz. Die Laktosemalabsorption verläuft hingegen symptomlos, d. h., dass nicht jede Person mit einer Laktosemalabsorption auch eine Laktoseintoleranz entwickelt (N.N., 2004, S. 152).

Auch die Intensität der Symptomatik ist individuell unterschiedlich ausgeprägt. Aus Studien geht hervor, dass das Ausmaß der Beschwerden nicht unmittelbar mit der zugeführten Dosis korreliert (N.N., 2004, S. 153).

Etwa zwei Drittel der erwachsenen Weltbevölkerung sind schätzungsweise von einer Laktosemalabsorption betroffen, für Deutschland wird eine Prävalenz mit ungefähr 15 % angegeben (N.N., 2004, S. 152).

Bei der Persistenz der Laktaseaktivität scheint es sich um ein Anpassungsphänomen zu handeln (Jäger et al., 1998, S. 52).

### **2.6.2.1 Ernährungsempfehlungen**

Bei der Laktosemalabsorption bzw. Laktoseintoleranz gibt es keinen Grenzwert, der generell gültig wäre. Aus diesem Grund ist die verträgliche Milchzuckermenge individuell zu ermitteln (N.N., 2004, S. 152).

Personen mit einer Laktosemalabsorption bzw. Laktoseintoleranz wird geraten, mit kleinen Mengen Milch- oder Milchprodukten beginnend auszutesten, welche Mengen des Disaccharides vertragen werden, ohne dass es zu Beschwerden kommt (N.N., 2004, S. 153).

Die Mehrzahl der Betroffenen einer Laktosemalabsorption bzw. Laktoseintoleranz entwickelt unter einer laktosearmen Kost, welche 8-10 g Milchzucker pro Tag enthält, keine Symptome mehr. Sind Betroffene unter der laktosearmen Kost jedoch noch nicht symptomfrei, so wird eine Kost empfohlen, die max. 1 g Milchzucker pro Tag enthält. Man spricht hier von der laktosefreien Kost (N.N., 2004, S. 152).

Eine Induktion der Laktaseaktivität ist durch eine steigende Zufuhr von Laktose nicht möglich, dennoch wird häufig eine Adaption an geringe Milchzuckermengen durch kontinuierliche Laktosezufuhr beobachtet (N.N., 2004, S. 153).

Als Grund für die Toleranzsteigerung gilt die Anpassung der Darmflora (Kasper, 2000, S. 170).

Mit der eingeschränkten Zufuhr bzw. vollständigem Verzicht auf laktosehaltige Milch- und Milchprodukte entfällt jedoch der Hauptlieferant für Calcium (Biller, 2003, S. 70).

Aus diesem Grund findet sich gehäuft bei Betroffenen mit einem Laktasemangel eine Osteoporose (Kasper, 2000, S. 169).

Personen, die unter einer Laktosemalabsorption bzw. Laktoseintoleranz leiden, sollten über folgende Punkte informiert werden:

- Laktosegehalt diverser Lebensmittel sowie Arzneimittel
- Deklaration der Zutatenliste
- Milchersatz sowie spezielle laktosefreie, evtl. calciumangereicherte Produkte
- In der Regel gute Verträglichkeit von calciumliefernden Hart- und Schnittkäsesorten sowie nicht nachträglich erhitzten Sauermilchprodukten (Bevorzugung von Produkten, die mit *Lactobacillus bulgaricus* hergestellt werden), da während des Reifeprozesses und ggf. im Dünndarm die Laktose von den Bakterienenzymen weitestgehend abgebaut wird
- Bessere Milchzuckerverträglichkeit, wenn sie innerhalb einer Mahlzeit sowie über den Tag verteilt aufgenommen wird
- Andere Calciumlieferanten bzw. Erwägung medikamentöser Calciumsupplementierung
- Laktasepräparate  
(Behr-Völtzer et al., 2002, S. 49; Biller, 2003, S. 71f, 80; N.N., 2004, S. 153)

Im Anhang befinden sich die von Frau Dipl. oec. troph. G. Biller ausformulierten Beratungsinhalte zum Thema „Laktoseintoleranz“.

### 2.6.3 Fruktose

Fruchtzucker ist chemisch eine Ketohexose, welche früher auch als Lävulose bezeichnet wurde (Anhäuser et al., 2002, S. 93).

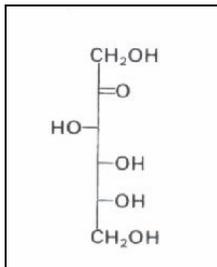


Abbildung 7: Fruktose (Belitz et al., 2001, S. 240)

Dieses Monosaccharid findet sich in freier Form in Früchten, Beeren, Honig, Invertzucker, verschiedenen Gemüsen sowie Getränken und in gebundener Form als Baustein vom Disaccharid Saccharose (Albus et al., 2002, S. 33; Biesalski et al., 2004, S. 65).

In gebundener Form ist die Fruktose auch Bestandteil von Oligosacchariden (z. B. Raffinose) und Polysacchariden (z. B. Inulin) (Anhäuser et al., 2002, S. 93).

Fruchtzucker besitzt die höchste Süßkraft aller Zucker (Albus et al., 2002, S. 34).

Eine weitere Eigenschaft dieses Zuckers ist die Geschmackssteigerung bei Früchten, Karamel, Schokolade, ... (Park et al., 1993, S. 741).

Auf Grund der geringen blutzuckererhöhenden Wirkung sowie der insulinunabhängigen Verstoffwechslung wird sie häufig als Zuckeraustauschstoff in Diabetiker-Lebensmitteln eingesetzt (Götz et al., 1999, S. 19; Ziesenitz, 1997, S. 362).

Fruktose wird zunehmend in Form von HFCS (high fructose corn syrup) den Lebensmitteln als „added sweetener“ zugefügt (Wasserman et al., 1996, S. 2398). Der Fruchtzuckeranteil liegt hier in der Regel bei ~50 % (Park et al., 1993, S. 740). Häufig findet dieser Maissirup Verwendung bei den sog. Soft-Drinks (z. B. Cola-Getränke, Limonaden mit Fruchtgeschmack, ...) (Park et al., 1993, S. 737, 740). Heepe et al. (2002, S. 31) geben einen durchschnittlichen Pro-Kopf-Verbrauch an Fruchtzucker bei üblicher Ernährungsweise Erwachsener von annähernd 50 g/Tag an.

## 2.6.4 Intestinale Fruktosemalabsorption und Hereditäre Fruktoseintoleranz inkl. Ernährungsempfehlungen

Mit Hilfe des Wasserstoffexhalationstests konnte bestimmt werden, dass die meisten Personen eine Dosis von 50 g Fruchtzucker quantitativ absorbieren können. Bei Fruktose-Sorbit-Malabsorbern ist die Absorptionskapazität dagegen auf etwa 5 g reduziert (Kasper, 2000, S. 189).

Die Absorption von Fruktose kann bei sonst intakter Dünndarmfunktion erheblich eingeschränkt sein (Kasper, 2000, S. 172).

Bei der Fruktosemalabsorption wird vermutet, dass die Absorptionskapazität des Glukose Transporters 5 limitiert ist. Diese Störung kann angeboren oder erworben, passager oder dauerhaft sein (Behr-Völtzer et al., 2002, S. 54).

Laut Wasserman et al. (1996, S. 2398) ergaben Studien, dass die Fruktosemalabsorption jedoch nicht durch die genetische Veränderung des GLUT 5 Proteins bedingt ist.

Die intestinale Fruktosemalabsorption kann aber auch als sekundäre Begleiterscheinung einer anderen Dünndarmerkrankung auftreten (Biller, 2003, S. 72).

Tritt Fruchtzucker in das Kolon über, so kommt es als Folge des bakteriellen Abbaus zu abdominellen Beschwerden wie z. B. Blähungen, Übelkeit, osmotische Diarrhoe, ... (Behr-Völtzer et al., 2002, S. 54).

Am Zustandekommen gastrointestinaler Beschwerden sind besonders die beim bakteriellen Abbau entstehenden Gase und organischen Säuren beteiligt.

Offenbar lösen sie Missempfindungen dadurch aus, indem sie die Darmwand dehnen, die Schleimhaut infolge der pH-Änderung im Darmlumen irritieren und den osmotischen Druck als Folge der Aufspaltung erhöhen (Kasper, 2000, S. 125).

Personen, die von der intestinalen Fruktosemalabsorption betroffen sind, sollten folgende Beratungsinhalte erfahren:

- Fruchtzuckergehalt diverser Obst- und Gemüsesorten sowie daraus hergestellte Produkte
- Fruktose als hinzugefügtes Zutat in verschiedenen Lebensmitteln  
→ Prüfung der Zutatenliste
- Verbesserte Fruchtzuckeraufnahme bei gleichzeitiger Anwesenheit von Glukose, Galaktose und auch L-Alanin, jedoch vorübergehende Blockierung des GLUT 5 Transporters durch Sorbit  
→ Ableitung praktischer Empfehlungen  
→ Begründete Verträglichkeit von Saccharose und bestimmter Obstsorten
- Ggf. Erwägung einer Vitamin- und Mineralstoffsupplementierung
- Austesten der individuellen Toleranzgrenze nach fruktosefreien Ernährung (ca. 14-28 Tage) durch beginnendem Verzehr kleiner Mengen fruchtzuckerarmer Obstsorten; bei Verträglichkeit langsame Steigerung  
→ ein vollständiger Fruchtzuckerverzicht ist nicht nötig
- Evtl. zeitliche Begrenzung der Störung  
(Behr-Völtzer et al., 2002, S. 54; Biller, 2003, S. 72f; Roumeih, 2000, S. 47)

Im Anhang sind die von Frau Dipl. oec. troph. G. Biller erstellten Beratungsinhalte zum Thema „Fruktosemalabsorption“ aufgeführt.

Tabelle 2: Beispiele für Früchte, die sich durch einen relativ geringen Fruchtzuckergehalt sowie günstigem Glukoseverhältnis auszeichnen

Frucht	Fruktose pro 100 g essbarem Anteil	Glukose pro 100 g essbarem Anteil
Aprikose	0,87 g	1,73 g
Mandarine	1,30 g	1,70 g
Papaya	0,33 g	0,99 g
Pfirsich	1,23 g	1,03 g
Zitrone	1,35 g	1,40 g

(Souci et al., 1994, S. 813, 823, 910, 918, 929, 931)

Ledochowski et al. haben aufgezeigt, dass die Fruktosemalabsorption mit frühen Anzeichen einer Depression und niedrigen Tryptophan-Serum-Konzentrationen sowie mit niedrigen Folsäure- und Zink-Serum-Konzentrationen verbunden ist (Ledochowski et al, 2001, S. 119ff; Ledochowski et al., 2000, S. 1048ff).

Hohe intestinale Fruktosekonzentrationen reduzieren möglicherweise die Biosynthese von Serotonin aus Tryptophan (Ledochowski et al., 2001, S. 367ff).

Ein Serotoninmangel wird als wichtiger pathogenetischer Faktor bei der Entstehung von Depressionen diskutiert (Pschyrembel, 2004, S. 1674).

Eine fruchtzucker- und sorbitreduzierte Ernährung kann bei Fruktosemalabsorbern nicht nur die gastrointestinalen Symptome, sondern auch die Stimmung verbessern. Ledochowski et al. konnten dies besonders bei Frauen nachweisen (Ledochowski et al., 2000, S. 1048ff).

Bei Personen mit Depressionen und Störungen des Tryptophanmetabolismus sollte daher auch an eine Fruktosemalabsorption gedacht werden (Ledochowski et al., 2001, S. 367ff).

Die Fruktosemalabsorption darf nicht mit der hereditären Fruktoseintoleranz (HFI) verwechselt werden, welche auf einem angeborenem Enzymdefekt der Fruktose-1-phosphat-Aldolase B beruht (Kasper, 2000, S. 172f; Albus et al., 2002, S. 146).

Bedingt durch den Aldolase B-Mangel kommt es zu einer Anreicherung von Fruktose-1-Phosphat, das toxisch wirkt und für die Symptome wie Erbrechen, Hypoglykämie, Gerinnungsstörungen, Schock, ... verantwortlich ist (Biesalski et al., 2004, S. 442).

Im Mittelpunkt der Therapie steht die streng fruchtzuckerarme Ernährung durch den Ausschluß von Fruktose, Sorbit (Alkoholform der Fruktose) und weitere Zuckeraustauschstoffe, Saccharose, Invertzucker, Honig, Sirup sowie Oligo- und Polyfruktose. Zudem müssen Arzneimittel und Körperpflegemittel gemieden werden, die Fruchtzucker, Sorbit oder Saccharose enthalten (Albus et al., 2002, S. 146; Biesalski et al., 2004, S. 443; Heepe et al., 2002, S. 557).

In Deutschland sind schätzungsweise 3000 Personen von der HFI betroffen (Kasper, 2000, S. 325).

Frukt(os)ane wie Inulin sind aus  $\beta$ -(2 $\rightarrow$ 1)-verbundenen Fruktoseeinheiten aufgebaut. Diese Bindungen sind sowohl säure- als auch temperaturempfindlich und können je nach Lebensmittelzusammensetzung sowie Herstellungsprozess hydrolysiert werden. Daneben können auch Fermentationsprozesse wie z. B. beim Joghurt zum Abbau beitragen. Diese Substanzgruppe kann jedoch nicht von den menschlichen Verdauungsenzymen abgebaut werden.

In der täglichen Ernährung können Mengen von 3–11 g über Produkte wie Zwiebeln, Porree, Artischocken, Topinambur, ... aufgenommen werden.

Des Weiteren werden seit einigen Jahren immer mehr mit Inulin oder Fruktooligosacchariden angereicherte Produkte angeboten (Haber et al., 2003, S. 383f).

Der Hinweis, dass Fruktose in solchen Lebensmitteln vorliegen kann, sollte Patienten, die von einer intestinalen Fruktosemalabsorption oder hereditären Fruktoseintoleranz betroffen sind, mit auf den Weg gegeben werden.

### 2.6.5 Sorbit

Sorbit als Zusatzstoff ist ein durch Hydrierung von Glukose hergestellter Zuckeraustauschstoff (Albus et al., 2002, S. 275).

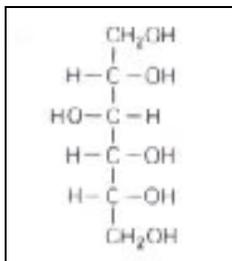


Abbildung 8: Sorbit (Falbe et al., 1995, S. 4216)

Speziell in Kern- und Steinobst kommt D-Glucit (Sorbit) vor, jedoch nicht in z. B. Zitrusfrüchten, Beerenobst, Ananas und Banane (Belitz et al., 2001, S. 802).

Es wird insulinunabhängig metabolisiert (Albus et al., 2002, S. 275).

Der Zuckeralkohol wird in der Leber unter Einfluss des Enzyms Sorbitdehydrogenase in Fruktose umgewandelt und somit auch wie diese abgebaut (Kasper, 2000, S. 8).

Verwendung findet Sorbit oder Sorbitsirup (E 420) als Zuckeraustauschstoff in Lebensmitteln für Diabetiker sowie für Übergewichtige und als Feuchthaltemittel (z. B. Marzipan) (Baltes, 2000, S. 174, 176).

Sorbitol wird auf Grund der osmotischen Wirksamkeit auch als Abführmittel eingesetzt (Mörke et al., 1997, S. 438).

Häufig wird nicht nur Sorbit, sondern auch Fruktose und Saccharose als Füllstoff und Stabilisator für Medikamente benutzt (Brostoff et al., 2002, S. 370).

### 2.6.6 Intestinale Sorbitmalabsorption inkl. Ernährungsempfehlungen

Die Absorption des Zuckeralkohols kann bereits bei intakter Dünndarmfunktion erheblich reduziert sein aber auch als sekundäre Malabsorption in Folge von Darmerkrankungen auftreten (Biller, 2003, S. 73).

Der pathophysiologische Mechanismus ist unbekannt (Kasper, 2000, S. 172).

Bei dem Übertritt in das Kolon kann es, bedingt durch den bakteriellen Abbau, zu dem typischen abdominellen Beschwerdebild (Meteorismus, Diarrhoe, ...) kommen (Biller, 2003, S. 73).

Die Diarrhoe (Durchfall mit wässrigen, sauren und kohlenhydratreichen Stühlen) ist das typische Symptom bei einer Malabsorption (z. B. Sorbit, Fruktose) und bei Enzymdefekten (z. B. Laktasemangel) (Behr-Völtzer et al., 2004, S. 20).

Heepe et al. (2002, S. 467) berichten, dass Personen, welche von einer Sorbitintoleranz betroffen sind, ca. 10-20 g Sorbit pro Tag, gelegentlich jedoch auch weniger, vertragen.

Mit der Zeit kann ein Gewöhnungseffekt an eine vorsichtig gesteigerte Sorbitzufuhr eintreten (Heepe et al., 2002, S. 470).

Solche Personen sollten über folgende Punkte aufgeklärt werden:

- Sorbitgehalt diverser Obstsorten und daraus hergestellte Produkte
- Diverse Sorbitquellen
  - Diätetische Produkte für Diabetiker
  - „Zahnschonende“ Lebensmittel
  - Zahnpasten und Mundkosmetika
  - Medikamente und Nahrungsergänzungsmittel
  - Verwendung als Feuchthaltemittel

- Prüfung der Zutatenliste auf Sorbit, Sorbitol, Zusatzstoffnummer E 420
- Besondere Belastung in konzentrierter Form und ohne begleitende Ballaststoffaufnahme
- Sorbitarme bzw. -freie Obstsorten als Alternative
- Ermittlung der individuellen Verträglichkeitsgrenze nach fast sorbitfreier Ernährung einschließlich der Vermeidung anderer Zuckeralkohole (vgl. Vorgehensweise bei intestinaler Fruktosemalabsorption)
- Evtl. vorübergehende Erscheinung (Behr-Völtzer et al., 2002, S. 55; Biller, 2003, S. 74)

Die angewandten Beratungsinhalte, erstellt von Frau Dipl. oec. troph. G. Biller, zum Thema „Sorbitintoleranz“ sind dem Anhang zu entnehmen.

Tabelle 3: Beispiele für Früchte, die sich durch einen relativ geringen Sorbitgehalt auszeichnen

Frucht	Sorbit pro 100 g essbarem Anteil
Erdbeere	32,0 mg
Heidelbeere	4,3 mg
Himbeere	8,5 mg

(Souci et al., 1994, S. 836, 839, 843)

Die Malabsorption von Laktose, Fruktose und Sorbit lässt sich mittels des H<sub>2</sub>-Atemtest sowie über die Beobachtung der Beschwerden mit Hilfe eines Ernährungsprotokolls nachweisen (Behr-Völtzer et al., 2002, S. 55).

Behr-Völtzer et al. (2002, S. 55) machen darauf aufmerksam, dass aber auch andere Lebensmittel gastrointestinale Beschwerden hervorrufen können.

Aus diesem Grund wird eine Lebensmittelauswahl entsprechend den Empfehlungen für eine „leichte Vollkost“ vorgeschlagen.

Da Fruktose und Sorbit zu den Zuckeraustauschstoffen zählen, wird an dieser Stelle der Arbeit darauf eingegangen.

## 2.6.7 Zuckeraustauschstoffe

Zuckeraustauschstoffe sind hydrierte Kohlenhydrate (Mono- und Disaccharidalkohole) und gehören in die Gruppe der Süßungsmittel (Sentko, 2003, S. 60).

Synonym werden Begriffe wie mehrwertige Alkohole, Zuckeralkohole, Polyole, Zuckersubstitute, Ersatzzucker oder Zuckerzusatzstoffe verwendet (Kasper, 2000, S. 283; Sentko, 2003, S. 60).

Nach der EU-Süßungsmittel-Richtlinie sind folgende Zuckeraustauschstoffe ohne Mengengrenzung zugelassen: Fruktose, Sorbit, Mannit, Isomaltit, Maltit, Laktit und Xylit (Kasper, 2000, S. 283).

Lebensmittelrechtlich gesehen handelt es sich, mit Ausnahme von Fruktose, bei diesen Süßungsmitteln um Zusatzstoffe (Kasper, 2000, S. 572).

In der Lebensmittelindustrie werden sie außer als Süßungsmittel als Kristallisationsverzögerer, Weichmacher, Feuchthaltemittel, Konservierungsstoff, ... verwendet; man macht sich die süße und hygroskopische Eigenschaft zu Nutze (Biesalski et al., 2004, S. 78; Sentko, 2003, S. 60).

Im Gegensatz zu den intensiv schmeckenden Süßstoffen lassen sie sich technologisch wie der Haushaltszucker verarbeiten und besitzen einen einheitlich festgelegten Brennwert von 10 kJ bzw. 2,4 kcal/g. Laut der Nährwertkennzeichnungsverordnung liefert Fruktose 16 kJ bzw. 4 kcal/g. Deshalb werden sie auch als nutritive Zuckeraustauschstoffe bezeichnet (Kasper, 2000, S. 283, 573f).

Einen ADI-Wert gibt es nicht, da die Zuckeraustauschstoffe aus toxikologischer Sicht als unbedenklich gelten.

Die Zulassung von Zuckeraustauschstoffen und Süßstoffen gilt für diätetische- und auch nichtdiätetische Lebensmittel.

Enthält ein verzehrfertiges Erzeugnis mehr als 10 % Zuckeraustauschstoffe, ist als Kennzeichnungselement vorgeschrieben „kann bei übermäßigem Verzehr abführend wirken“.

Der Einsatz ist für Getränke auf Grund der laxierenden Wirkung nicht erlaubt.

Die Vorteile für den Diabetiker sind neben dem reduzierten Energiegehalt der verringerte blutzuckersteigernde Effekt (außer Maltit) (Kasper, 2000, S. 573). Zuckeraustauschstoffe werden insulinunabhängig metabolisiert (Glandorf et al., 2004, S. 2).

Dennoch wird Diabetikern neuerdings empfohlen, auf die Verwendung von Zuckeralkoholen zugunsten kleiner Mengen Saccharose zu verzichten, da Produkte mit Zuckeraustauschstoffen häufig fett- und kalorienreich sind. Der langfristige Nutzen dieser Süßungsmittel ist in der Ernährungstherapie von Diabetikern fraglich (Biesalski et al., 2004, S. 78; Domke et al., 1995, S. 7).

Zuckeraustauschstoffe sind mit Ausnahme der Fruktose nicht bzw. weniger kariogen (Kasper, 2000, S. 573).

Beachtet werden sollte, dass das zur Kariesprophylaxe häufig verwendete Sorbitol durchaus von kariogenen Bakterien fermentiert wird (Biesalski et al., 2004, S. 78).

Das Ausmaß der Absorption ist unterschiedlich und z. T. sehr gering. Nicht absorbierte Zuckeralkohole gelangen in tiefere, bakteriell besiedelte Darmabschnitte, wo sie fermentiert werden und somit Durchfälle und Blähungen bedingen können. Die Unverträglichkeiten sind von der Dosis abhängig und nehmen mit steigender Gewöhnung ab (Kasper, 2000, S. 283f, 573).

Zuckeraustauschstoffe wurden früher fast ausschließlich als Zuckerersatz für Diabetiker verwendet. Zunehmend werden sie nun auch in Lebensmitteln des alltäglichen Verzehrs, z. B. bei den zuckerfreien Süßigkeiten, Backwaren, Dessertspeisen, Kaugummi, ... eingesetzt. Durch diese wachsende Verbreitung, besonders von Fruktose und Sorbit, gewinnt die Kohlenhydratmalabsorption in der Differentialdiagnose unklarer abdomineller Beschwerden immer mehr an Bedeutung.

Tabelle 4: Toleranzschwelle für Zuckeraustauschstoffe bei nicht-adaptierten Erwachsenen

Stoff	Einzel-dosis (g)	Tages-dosis (g)
Fruktose	70	> 90
Sorbit	20	50
Xylit	20	50
Mannit	10-20	
Maltit	30	50
Lactit	25	40

(N.N., 1997, S. 86)

## 3 Auswertung

### 3.1 Datenerhebung

Die Erhebung der Daten für diese Arbeit fand im Asklepios Westklinikum Hamburg der DRK-Schwesternschaft Hamburg, Innere Medizin Gastroenterologie statt.

Die rekrutierten Patienten befanden sich in ambulanter oder stationärer bzw. poststationärer Behandlung von Prof. Dr. med. A. Raedler.

Diese Patienten wurden mündlich befragt, so dass sie bei Bedarf die Möglichkeit hatten, Fragen zu stellen oder Anmerkungen zu machen.

Die Daten des Anamnesebogens wurden i. d. R. zum Zeitpunkt der H<sub>2</sub>-Atemteste erhoben, die des Verlaufsboogens frühestens 14 Tage nach der Wasserstoffexhalationsdiagnostik inkl. Ernährungsempfehlungen.

Die beiden Fragebögen wurden eigenständig für die Datenerhebung dieser Arbeit konzipiert und sind im Anhang beispielhaft aufgeführt.

Dabei galten folgende Ausschlusskriterien:

- CED, Malignität
- bakterielle Fehlbesiedlung des Dünndarms
- postoperative Zustände  
(z. B. Morbus Whipple, Billroth I/II oder totale Gastrektomie, Kurzdarmsyndrom, ...)
- Alter: < 18 Jahre

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit werden die weiblichen bzw. männlichen Patienten i. d. R. als Teilnehmer der Untersuchung bezeichnet.

Die in der Ergebnisdarstellung angegebenen Prozentwerte sind i. d. R. gerundet.

## 3.2 Auswertung des Anamnesebogens

### 3.2.1 Teilnehmerkollektiv

Das Kollektiv setzt sich aus 16 Teilnehmern zusammen.

Davon sind 10 Teilnehmer weiblichen, 6 Teilnehmer männlichen Geschlechts.

Das Durchschnittsalter liegt zum Zeitpunkt der Befragung bei aufgerundet 47 Jahren; der jüngste Teilnehmer ist 22 Jahre alt, der Älteste 74.

### 3.2.2 Krankengeschichte

Von den 16 Teilnehmern geben 5 (31%) keine Einweisungsdiagnose an, da sie ambulant behandelt wurden. Von den 11 Teilnehmer (69%) lautet die Einweisungsdiagnose 7 mal „Abklärung abdomineller Beschwerden“ und 3 mal „Reizdarmsyndrom“. Jeweils einmal wird die Einweisungsdiagnose „Depressionen“, „Enteritis“, „Nahrungsmittelunverträglichkeit“ bzw. „Verdacht auf Pankreasinsuffizienz“ genannt (Mehrfachnennungen möglich).

Tabelle 5: Einweisungsdiagnose

Einweisungsdiagnose	Häufigkeit absolut	Häufigkeit %
Abkl. abd. Beschwerden	7	50 %
Depressionen	1	7 %
Enteritis	1	7 %
Nahrungsmittelunverträgl.	1	7 %
Reizdarmsyndrom	3	21 %
V. a. Pankreasinsuffizienz	1	7 %

Medikamente werden von 6 (38%) der 16 Teilnehmer eingenommen (Mehrfachnennungen möglich). ASS 100<sup>®</sup>, Bisohexal<sup>®</sup> sowie L-Thyroxin 75<sup>®</sup> wird jeweils von einem Teilnehmer, Immodium<sup>®</sup> von 4 Teilnehmern benutzt.

Tabelle 6: Medikamente

Medikamente	Häufigkeit absolut	Häufigkeit %
ASS 100 <sup>®</sup>	1	14 %
Bisohexal <sup>®</sup>	1	14 %
Immodium <sup>®</sup>	4	57 %
L-Thyroxin 75 <sup>®</sup>	1	14 %

Die abdominellen Beschwerden der Teilnehmer bestehen im Durchschnitt seit aufgerundet 7 Jahren. Der längste Zeitraum seit Beschwerdebeginn wird mit 30 Jahren, der Kürzeste mit 6 Monaten angegeben.

Das Teilnehmerkollektiv suchte insgesamt durchschnittlich abgerundet 4 Ärzte bezüglich der Abdominalbeschwerden auf.

Von den 16 Teilnehmern wurde 15 mal der Allgemeinmediziner, 11 mal der Internist, 16 mal der Gastroenterologe und 2 mal der Proktologe konsultiert. Sonstige Ärzte (Homöopath, Gynäkologe, Urologe) wurden von 5 Teilnehmern in Anspruch genommen (Mehrfachnennungen möglich).

Tabelle 7: Aufgesuchte Ärzte

Aufgesuchter Arzt	Häufigkeit absolut	Häufigkeit %
Allgemeinmediziner	15	31 %
Internist	11	22 %
Gastroenterologe	16	33 %
Proktologe	2	4 %
Sonstige	5	10 %

Von den 16 Teilnehmern können 7 (44%) über gastrointestinale Erkrankungen bei Verwandten ersten Grades berichten (Mehrfachnennungen möglich). Jeweils einmal wird die Angabe „CED“, „Magenkrebs“, „Magen- und Darmkrebs“, „Magen- und Pankreaserkrankung“, „Refluxösophagitis“ sowie „Unverträglichkeiten“ gemacht. Zwei mal wird die Erkrankung „Darmkrebs“ genannt.

Ein Teilnehmer kann an dieser Stelle keine Auskunft geben, da er seine leiblichen Eltern nicht kennt und kinderlos ist.

Tabelle 8: Gastrointestinale Erkrankungen bei Verwandten ersten Grades

Erkrankung	Häufigkeit absolut	Häufigkeit %
CED	1	13 %
Darmkrebs	2	25 %
Magenkrebs	1	13 %
Magen- und Darmkrebs	1	13 %
Magen- und Pankreaserkrankung	1	13 %
Refluxösophagitis	1	13 %
Unverträglichkeiten	1	13 %

### 3.2.3 Gewicht und Ernährung

Der BMI des Kollektivs liegt zum Zeitpunkt der Befragung bei durchschnittlich  $22,8 \text{ kg/m}^2$  ( $\text{BMI}_{\min} 17,5 \text{ kg/m}^2$  und  $\text{BMI}_{\max} 31,2 \text{ kg/m}^2$ ).

Laut Angaben halten 7 Teilnehmer (44%) ihr Gewicht konstant, während 4 Teilnehmer (25%) an Gewicht zunahmen (durchschnittlich 4,5 kg in 6 Monaten) bzw. 5 Teilnehmer (31%) eine Gewichtsabnahme verzeichneten (durchschnittlich 10,6 kg in 15 Monaten).

Von dem Kollektiv essen 12 (75%) keine zuckerfreien Produkte. Selten bzw. ab und zu verzehren 2 Teilnehmer (13%) diese Produkte und 2 Teilnehmer (13%) sind es gewohnt, regelmäßig zuckerfreie Produkte zu konsumieren.

Dabei handelt es sich um Kaugummis, Bonbons sowie Lutschpastillen, welche keine Saccharose enthalten.

Nur 2 (13%) der insgesamt 16 Teilnehmer versuchen durch ein verändertes Ernährungsverhalten ihre Abdominalbeschwerden positiv zu beeinflussen.

Ein Teilnehmer (6%) ist bemüht, sich laktose- und saccharosereduziert zu ernähren, ein weiterer Teilnehmer (6%) gibt an, sich laktosefrei zu ernähren.

Dieser Teilnehmer versteht unter einer laktosefreien Kost nur den Verzicht auf Kuhmilch und daraus hergestellter Produkte.

### 3.2.4 Stuhlgang

Sechs (38%) der 16 Teilnehmer haben einmal pro Tag Stuhlgang. Jeweils 2 Teilnehmer (13%) geben an, 2 mal pro Tag, 3-4 mal pro Tag bzw. 5-6 mal pro Tag die Toilette aufzusuchen. Je ein Teilnehmer (6%) macht folgende Aussage: 2-3 mal Stuhlgang pro Tag, 4-6 mal Stuhlgang pro Tag, 15 mal Stuhlgang pro Tag bzw. 3 mal Stuhlgang pro Woche.

Tabelle 9: Stuhlfrequenz

Stuhlfrequenz	Häufigkeit absolut	Häufigkeit %
1x/Tag	6	38 %
2x/Tag	2	13 %
2-3x/Tag	1	6 %
3-4x/Tag	2	13 %
4-6x/Tag	1	6 %
5-6x/Tag	2	13 %
15x/Tag	1	6 %
3x/Woche	1	6 %

Über eine flüssige bzw. breiige Stuhlkonsistenz geben jeweils 8 Teilnehmer Auskunft. Fünf Teilnehmer haben einen geformten, 3 Teilnehmer einen harten Stuhlgang (Mehrfachnennungen möglich).

Tabelle 10: Stuhlkonsistenz

Stuhlkonsistenz	Häufigkeit absolut	Häufigkeit %
Flüssig	8	33 %
Breiig	8	33 %
Geformt	5	21 %
Hart	3	13 %

### 3.2.5 Abdominalbeschwerden

Über Meteorismus berichten alle 16 Kollektivteilnehmer. Häufiger als 3 x pro Tag kommt dieses bei 13 (81%), häufiger als 3 x pro Woche bei 3 Teilnehmern (19%) vor. Folglich wird nicht genannt, dass Meteorismus mehr als 3 x pro Monat bzw. Jahr auftritt.

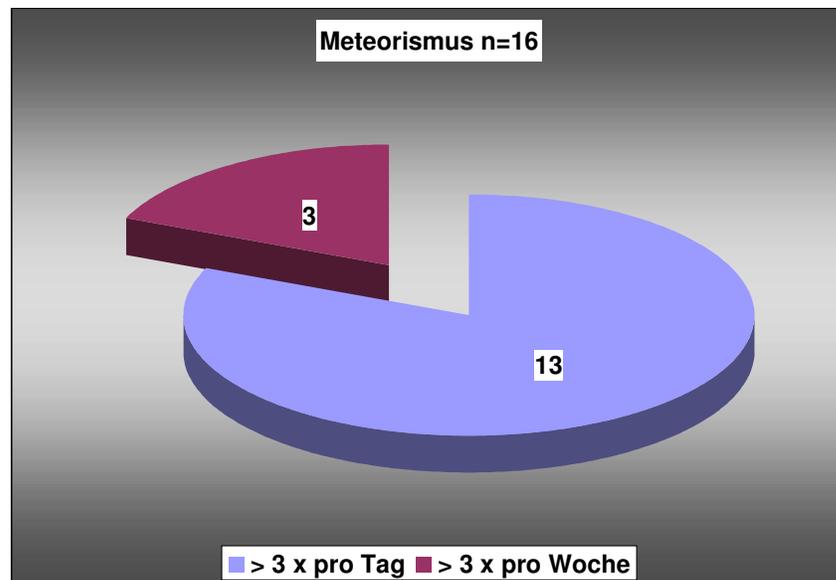


Abbildung 9: Meteorismus (Anamnesebogen)

Drei Teilnehmer (19%) geben an, mehr als 3 x pro Tag ein Völlegefühl zu verspüren. Mehr als 3 x pro Woche wird diese Beschwerde von 4 Teilnehmern (25%) und mehr als 3 x pro Monat von 5 Teilnehmern (31%) empfunden. Von keinem der Teilnehmer wird die Angabe getätigt, häufiger als 3 x pro Jahr Völlegefühl zu haben. Bei 4 Teilnehmern (25%) kommt es nicht vor.

Die Hälfte der Kollektivteilnehmer leidet unter Sodbrennen. Mehr als 3 x pro Tag kommt diese Beschwerde bei keinem der Teilnehmer vor, jedoch jeweils bei 2 Teilnehmern (13%) mehr als 3 x pro Woche bzw. pro Monat. Häufiger als 3 x pro Jahr geben 4 Teilnehmer (25%) Sodbrennen an.

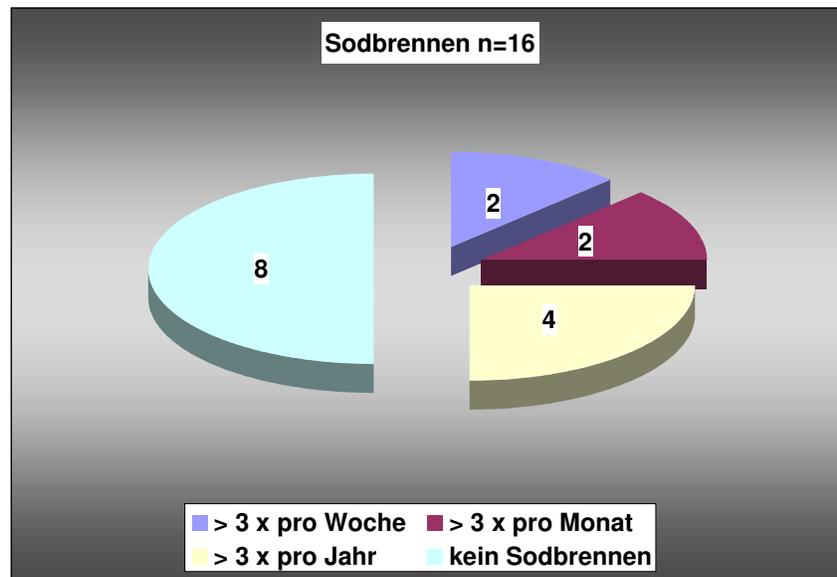


Abbildung 10: Sodbrennen (Anamnesebogen)

Übelkeit beklagen 9 (56%) der insgesamt 16 Teilnehmer. Mehr als 3 x pro Tag bzw. Woche ist jeweils ein Teilnehmer betroffen. Häufiger als 3 x pro Monat leiden 4 Teilnehmer unter dieser Beschwerde, 3 Teilnehmer verspüren mehr als 3 x im Jahr Übelkeit.

Von diesen 9 Teilnehmern mussten sich 3 übergeben.

Die Angaben zur Übelkeit und zum Erbrechen sind in diesen Fällen immer identisch, d. h. dem Erbrechen geht immer Übelkeit voraus bzw. der Übelkeit folgt immer Erbrechen.

Ein Teilnehmer muss sich mehr als 3 x pro Monat übergeben, 2 Teilnehmer erbrechen mehr als 3 x pro Jahr. Häufiger als 3 x pro Tag bzw. Woche muss sich niemand übergeben.

Alle Kollektivteilnehmer berichten, Schmerzen zu empfinden. Häufiger als 3 x pro Tag haben 9 Teilnehmer (56%) Schmerzen, mehr als 3 x pro Woche beklagen 4 Teilnehmer (25%) diese Beschwerde. Drei Teilnehmer (19%) machen die Angabe, häufiger als 3 x pro Monat Schmerzen zu haben. „> 3 x pro Jahr“ wird nicht genannt.

Zur Schmerzlokalisierung werden z. T. Mehrfachnennungen gemacht:  
Schmerzen im Oberbauch werden von 5, Schmerzen im Unterbauch von  
6 Teilnehmern angegeben. Eine diffuse Schmerzlokalisierung nennen 4, über lokale  
Schmerzen berichten 11 Teilnehmer.

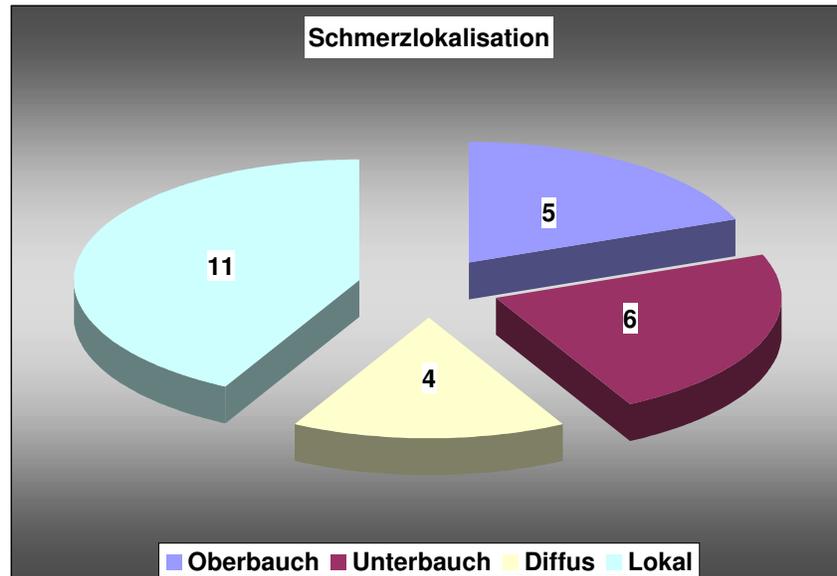


Abbildung 11: Schmerzlokalisierung (Anamnesebogen)

Die Angabe „Lokale Schmerzen“ kann differenziert werden in:

- rechte Seite (1 Nennung = 9 %)
- linke Seite (3 Nennungen = 27 %)
- Bauch (4 Nennungen = 36 %)
- Magen (2 Nennungen = 18 %)
- Darm und Blase (1 Nennung = 9 %)

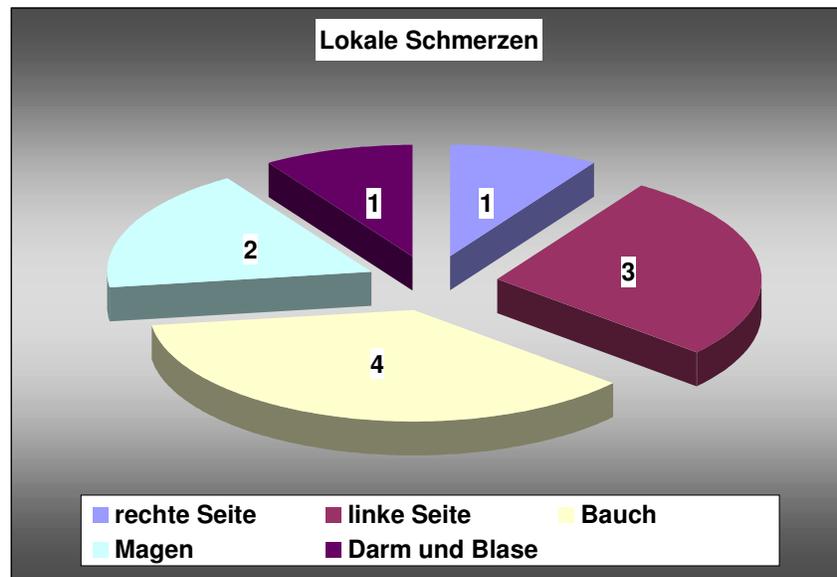


Abbildung 12: Lokale Schmerzen (Anamnesebogen)

### 3.2.6 Lebensqualität

Von dem Teilnehmerkollektiv geben 6 (38%) an, dass ihre Lebensqualität sehr stark durch die Abdominalbeschwerden beeinträchtigt ist. Eine starke Beeinträchtigung empfinden 3 (19%), eine mittelmäßige Beeinträchtigung 4 der Teilnehmer (25%). Drei Teilnehmer (19%) fühlen sich wenig beeinträchtigt durch ihre Beschwerden. Die Aussage, dass die Lebensqualität gar nicht beeinträchtigt sei, wird von keinem Teilnehmer gemacht.

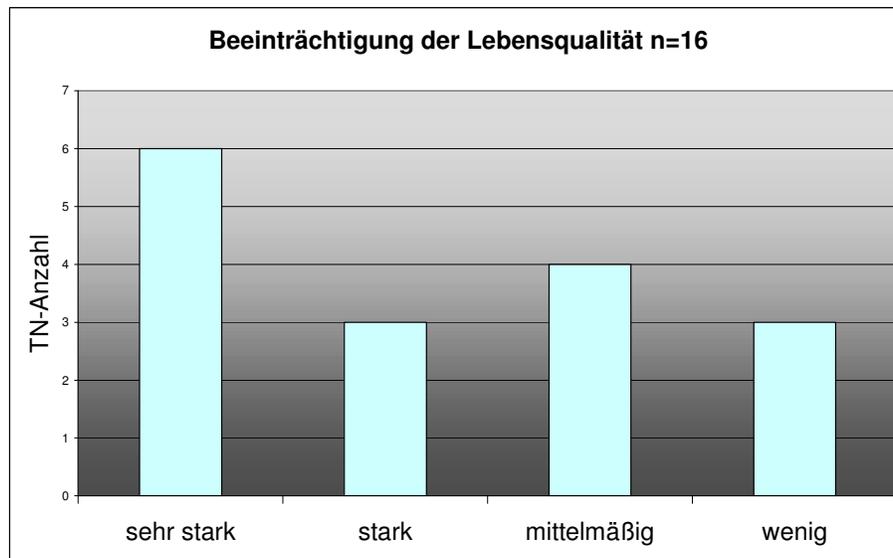


Abbildung 13: Beeinträchtigung der Lebensqualität (Anamnesebogen)

### 3.3 Auswertung des Verlaufs Bogens

#### 3.3.1 Diagnose

Mittels des Wasserstoffexhalationstests (inklusive Blutzuckerbestimmung) können für das Teilnehmerkollektiv folgende Diagnosen gestellt werden:

Drei Teilnehmer (19%) haben eine Laktosemalabsorption, 4 Teilnehmer (25%) eine Sorbitmalabsorption.

Kombiniert tritt eine Fruktosemalabsorption mit einer Sorbitmalabsorption bei 3 Teilnehmern (19%) auf. Jeweils ein Teilnehmer (6%) weist eine Laktose- sowie Fruktosemalabsorption bzw. Laktose- und Sorbitmalabsorption auf.

Eine Fruktosemalabsorption mit Verdacht auf eine Sorbitmalabsorption und eine Sorbitmalabsorption mit Verdacht auf eine Laktosemalabsorption besteht bei jeweils einem Teilnehmer (6%). Aufgrund des Beschwerdebildes kann bei einem Teilnehmer (6%) auf eine Sorbitmalabsorption geschlossen werden.

Bei einem Teilnehmer (6%) kann mit dem H<sub>2</sub>-Atemtest keine Diagnose gestellt werden.

Tabelle 11: Diagnose mittels Wasserstoffexhalationstest

Malabsorptionsdiagnose	Häufigkeit absolut	Häufigkeit %
Laktose	3	19 %
Sorbit	4	25 %
Laktose und Fruktose	1	6 %
Laktose und Sorbit	1	6 %
Fruktose und Sorbit	3	19 %
V. a. Sorbit	1	6 %
Fruktose und V. a. Sorbit	1	6 %
Sorbit und V. a. Laktose	1	6 %
Keine	1	6 %

Alle 16 Teilnehmer erhielten eine auf die individuellen Bedürfnisse ausgerichtete Ernährungsberatung sowie Informationszettel (siehe Anhang).

### 3.3.2 Umsetzung der Empfehlungen und deren Auswirkungen

Bei 12 Teilnehmern erfolgte die Umsetzung der Empfehlungen, bei 2 Teilnehmern fand keine Veränderung der Ernährungsgewohnheiten statt. Drei Teilnehmer geben an, dass die Empfehlungen z. T. umgesetzt wurden (Mehrfachnennungen möglich).

Darunter versteht ein Laktosemalabsorber den Verzicht auf Frischkäse sowie Keksen und ein Sorbitmalabsorber das Meiden von Äpfel, Birnen und Diätprodukten sowie ein Zahncremewechsel. Ein Teilnehmer, bei dem eine Laktose- und Sorbitmalabsorption diagnostiziert wurde, hält sich nur an die Empfehlungen bezüglich der Sorbitmalabsorption.

Tabelle 12: Umsetzung der Empfehlungen

Umsetzung der Empfehlungen	Häufigkeit absolut	Häufigkeit %
erfolgt	12	71 %
z. T. umgesetzt	3	18 %
keine Veränderung	2	12 %

Zu den Auswirkungen der Umsetzung der Empfehlungen macht das Teilnehmerkollektiv folgende Aussagen, wobei z. T. mehrere Angaben erfolgen: Negative Auswirkungen werden von keinem Teilnehmer genannt.

Neun Teilnehmer, welche die Empfehlungen z. T. bzw. komplett umsetzten, berichten über eine positive Veränderung der Abdominalbeschwerden. Bei einem von diesen Teilnehmern schwand die zunächst positive Veränderung trotz Einhaltung der Empfehlungen.

Der Teilnehmer, der keinen pathologischen Atemtestbefund liefert, startete nicht den Versuch einer laktosearmen Kost. Das Absetzen der Pille bewirkt eine positive Veränderung.

Keine Veränderung empfinden 6 Teilnehmer, obwohl bei 5 von ihnen (ein Laktosemalabsorber, 2 Sorbitmalabsorber und 2 Fruktose- und Sorbitmalabsorber) die Umsetzung der Empfehlungen erfolgt ist.

Tabelle 13: Veränderung des Befindens

Veränderung	Häufigkeit absolut	Häufigkeit %
positiv	10	59 %
keine	7	41 %
negativ	-	-

### 3.3.3 Stuhlgang

Von den 16 Teilnehmern haben 10 (63%) einmal pro Tag Stuhlgang. Je ein Teilnehmer (6%) berichtet über 2-3 mal, 2-8 mal, 3 mal, 3-5 mal, 5-6 mal Stuhlgang pro Tag bzw. 3 mal Stuhlgang pro Woche.

Tabelle 14: Stuhlfrequenz

Stuhlfrequenz	Häufigkeit absolut	Häufigkeit %
1x/Tag	10	63 %
2-3x/Tag	1	6 %
2-8x/Tag	1	6 %
3x/Tag	1	6 %
3-5x/Tag	1	6 %
5-6x/Tag	1	6 %
3x/Woche	1	6 %

Zur Stuhlkonsistenz werden Mehrfachnennungen gemacht:

Vier Teilnehmer geben eine flüssige, 5 eine breiige Stuhlkonsistenz an. Zwölf Teilnehmer haben einen geformten, ein Teilnehmer einen harten Stuhlgang.

Tabelle 15: Stuhlkonsistenz

Stuhlkonsistenz	Häufigkeit absolut	Häufigkeit %
Flüssig	4	18 %
Breiig	5	23 %
Geformt	12	55 %
Hart	1	5 %

### 3.3.4 Gewichtsverlauf

Von dem Kollektiv halten 11 Teilnehmer (69%) ihr Gewicht konstant. Drei Teilnehmer (19%) haben durchschnittlich 2,7 kg in 38 Tagen abgenommen, 2 Teilnehmer (13%) im Durchschnitt 1,8 kg in 30 Tagen zugenommen (Werte gerundet).

### 3.3.5 Abdominalbeschwerden

Sechs Teilnehmer (38%) des Kollektivs geben an, mehr als 3 x pro Tag Meteorismus zu haben. Häufiger als 3 x pro Woche kommt diese Beschwerde bei 9 Teilnehmern (56%), mehr als 3 x pro Monat bei einem Teilnehmer (6%) vor. Auf „> 3 x pro Jahr“ entfällt keine Angabe.

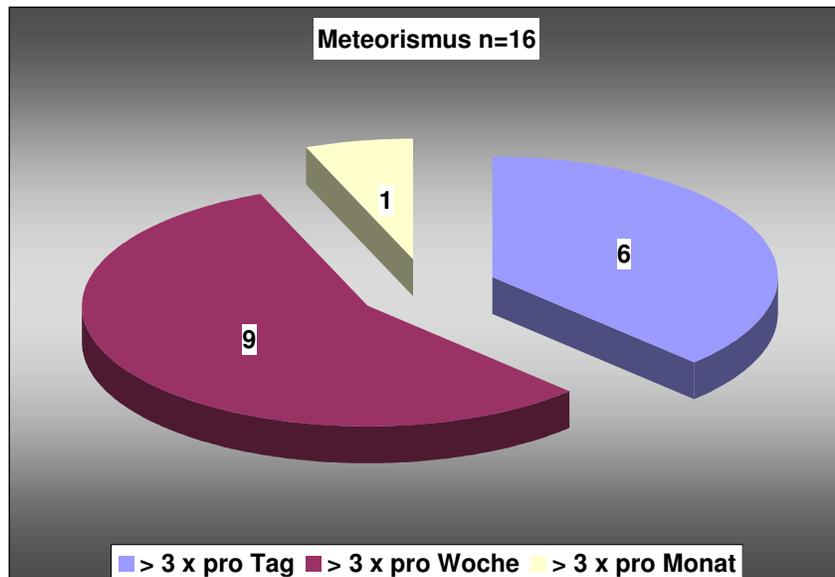


Abbildung 14: Meteorismus (Verlaufsbogen)

Keiner der 16 Teilnehmer berichtet über Völlegefühl, welches häufiger als 3 x pro Tag bzw. Jahr erscheint. Jedoch beklagen 5 Teilnehmer (31%), mehr als 3 x pro Woche Völlegefühl zu haben. Bei 4 Teilnehmern (25%) kommt diese Beschwerde häufiger als 3 x pro Monat und bei 7 Teilnehmern (44%) hingegen gar nicht vor.

Je ein Teilnehmer (6%) hat mehr als 3 x pro Tag, 3 x pro Woche bzw. 3 x pro Jahr Sodbrennen. Zwei Teilnehmer (13%) verspüren es mehr als 3 x pro Monat. Das restliche Kollektiv (69%) gibt an, kein Sodbrennen zu haben.

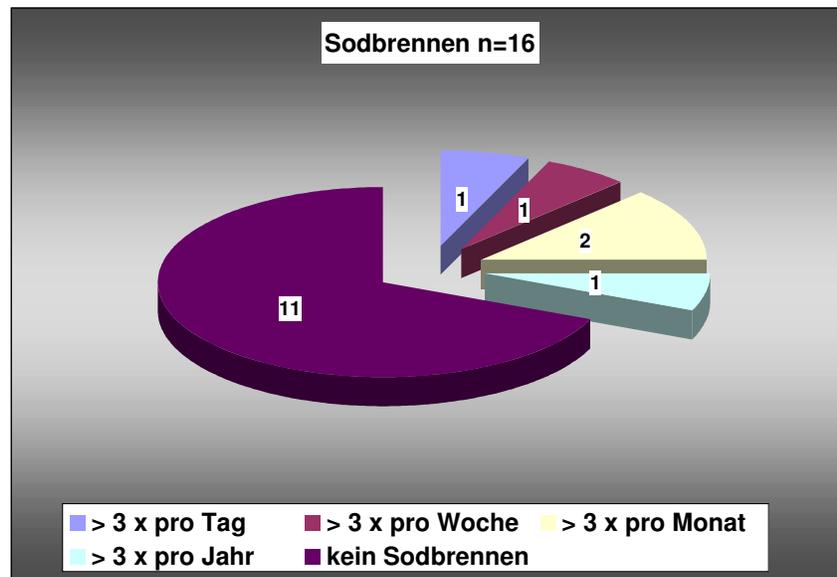


Abbildung 15: Sodbrennen (Verlaufsbogen)

Zwölf Teilnehmer (75%) machen die Aussage, nicht unter Übelkeit zu leiden. Je 2 Teilnehmer (13%) des restlichen Kollektivs haben häufiger als 3 x pro Woche bzw. pro Jahr diese Beschwerde.

Zwei (13%) der 16 Teilnehmer geben an, sich übergeben zu müssen, und zwar mehr als 3 x pro Jahr.

Häufiger als 3 x pro Tag haben 4 Teilnehmer (25%), mehr als 3 x pro Woche 3 Teilnehmer (19%) und häufiger als 3 x pro Monat 6 Teilnehmer (38%) Schmerzen. Die restlichen 3 Teilnehmer (19%) des Kollektivs sind schmerzfrei. Über eine diffuse Schmerzlokalisierung berichten 2 Teilnehmer. Schmerzen im Oberbauch gibt ein Teilnehmer, Schmerzen im Unterbauch 6 Teilnehmer an. Lokale Schmerzen kommen bei 9 Teilnehmern vor (Mehrfachnennungen möglich).

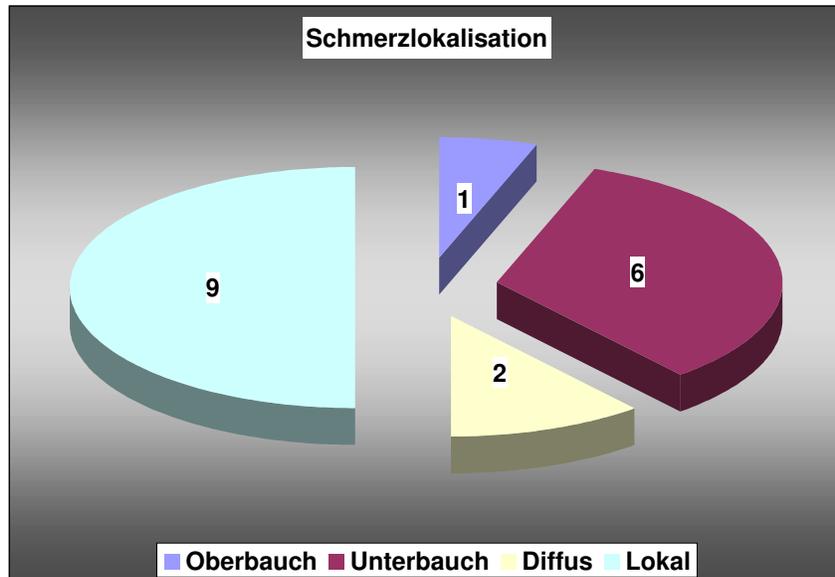


Abbildung 16: Schmerzlokalisierung (Verlaufsbogen)

Von diesen 9 Teilnehmern gibt jeweils einer an, Schmerzen in der rechten Seite bzw. im Darm und der Blase zu spüren. Zwei Teilnehmer haben Magenschmerzen, 5 Bauchschmerzen.

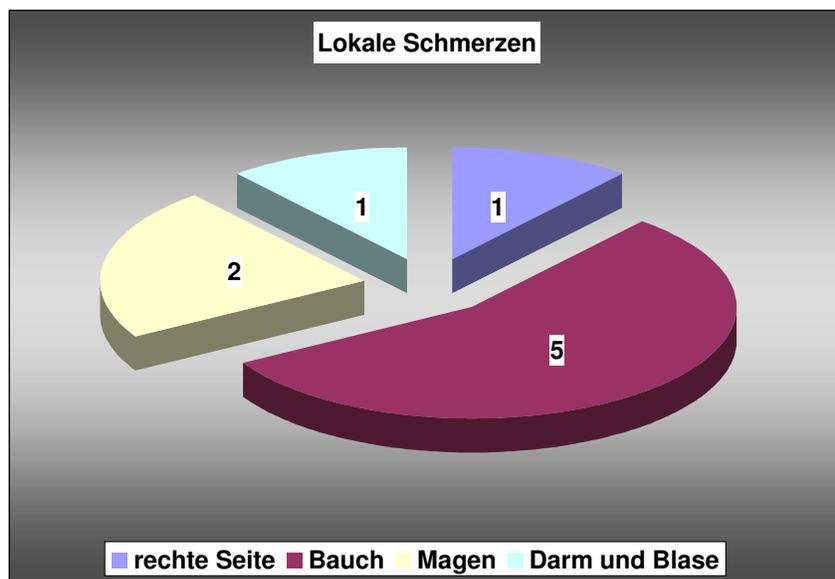


Abbildung 17: Lokale Schmerzen (Verlaufsbogen)

### 3.3.6 Lebensqualität und Anmerkungen

Zur Lebensqualität werden z. T. Doppelangaben gemacht:

Drei Teilnehmer fühlen sich in ihrer Lebensqualität sehr stark, 4 Teilnehmer stark und 3 Teilnehmer mittelmäßig beeinträchtigt. Wenig bzw. gar nicht beeinträchtigt sind 7 bzw. ein Teilnehmer.

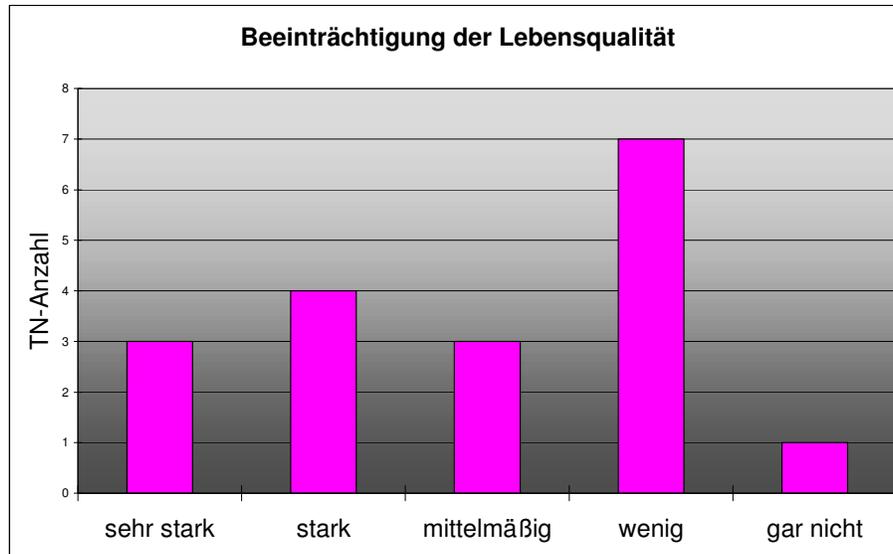


Abbildung 18: Beeinträchtigung der Lebensqualität (Verlaufsbogen)

Ein Teilnehmer, der seit 15 Jahren unter den abdominellen Beschwerden seiner Fruktose- und (vermutlichen) Sorbitmalabsorption litt, macht die Anmerkung, dass er sich nach der Ernährungsumstellung wie neu geboren fühle.

## 3.4 Signifikante Veränderung

Vergleicht man die Aussagen des Teilnehmerkollektivs des Anamnese- und Verlaufsbogen, sind folgende Unterschiede auffällig:

### 3.4.1 Stuhlgang

- Eine deutliche Veränderung bei den Teilnehmern ist die Reduktion der *Stuhlfrequenz*.

Zehn der 16 Teilnehmer geben an, nun einmal pro Tag Stuhlgang zu haben. Der Teilnehmer, der im Anamnesbogen die Aussage macht, durchschnittlich 15 mal pro Tag Stuhlgang zu haben, nennt im Verlaufsbogen eine Stuhlfrequenz von 2 bis 8 mal pro Tag.

- Eine merkliche Verbesserung ist auch hinsichtlich der *Stuhlkonsistenz* zu verzeichnen.

Nach den Angaben der Teilnehmer im Verlaufsbogen ist der Stuhlgang weniger flüssig und breiig. Eine deutliche Tendenz zum geformten Stuhl ist zu erkennen.

### 3.4.2 Abdominalbeschwerden

- Ein merklicher Rückgang von *Meteorismus* wird genannt.

Im Anamnesebogen geben 13 Teilnehmer an, mehr als 3 mal pro Tag die Beschwerde zu haben, im Verlaufsbogen sind es nur noch 6 Teilnehmer. Bei einem Teilnehmer kommt Meteorismus nicht mehr häufiger als 3 mal pro Monat vor, zuvor mehr als 3 mal pro Tag.

- Keiner der 16 Teilnehmer berichtet mehr über *Völlegefühl*, welches häufiger als 3 mal pro Tag auftritt. Geben 4 Teilnehmer im Anamnesebogen an, diese Beschwerde nicht zu haben, so sind es im Verlaufsbogen schon 7 Teilnehmer.
- Über eine Verbesserung der Beschwerden wird auch bei *Sodbrennen*, *Übelkeit* und *Erbrechen* berichtet.
- Deutlich ist der Schmerzrückgang bei dem Teilnehmerkollektiv.  
Im Verlaufsbogen geben 3 Teilnehmer an, schmerzfrei zu sein. Laut Anamnesebogen ist das gesamte Kollektiv von *Schmerzen* betroffen.

- Dass sich die *Lebensqualität* der Teilnehmer verbessert hat, zeigt das folgende Diagramm:

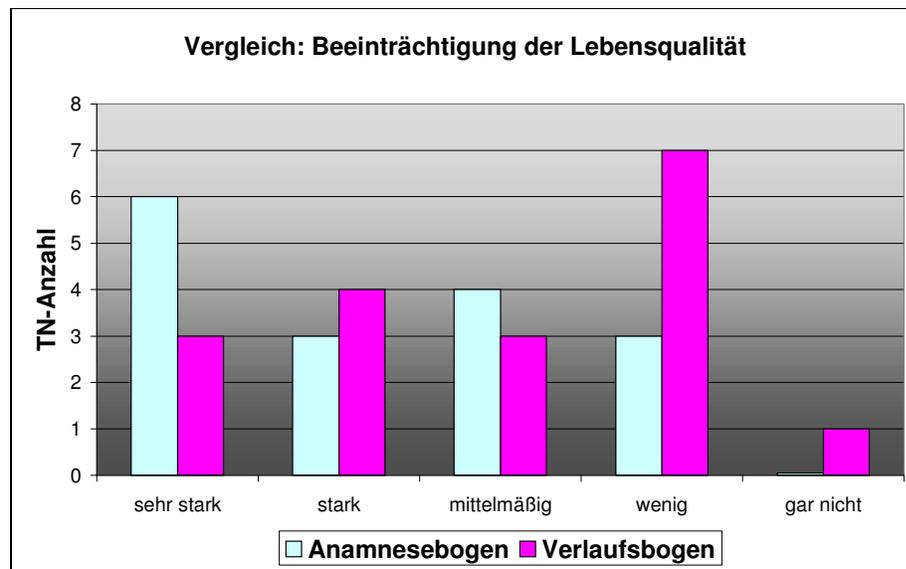


Abbildung 19: Vergleich: Beeinträchtigung der Lebensqualität

Ein Kollektivteilnehmer beschreibt in einem Brief die sehr positiven Ergebnisse durch die Ernährungsumstellung und trifft bezüglich der Lebensqualität folgende Aussage:

„Zur Frage mit der Lebensqualität finde ich, gehört vor allem, dass man wieder Vertrauen zu seinem Körper findet, dann steigt die Lebensqualität auch wieder.“

### 3.5 Auswertung des H<sub>2</sub>-Atemtests

16 Patienten beiderlei Geschlechts mit Abdominalbeschwerden wurden nach unauffälliger Koloskopie mit dem Wasserstoffexhalationstest (Glukose, Laktose, Fruktose und Sorbit) untersucht.

Wird eine Malabsorption definiert als ein Anstieg der Wasserstoffkonzentration der Atemluft gleich bzw. größer 20 ppm im Vergleich zum Ausgangswert, so können 13 Kollektivteilnehmer (81%) als Malabsorber bezeichnet werden.

Von diesen 13 Betroffenen entwickeln 9 (69%) während des Atemtests Symptome, 4 (31%) bleiben beschwerdefrei. Dies deckt sich mit Beobachtungen anderer Autoren.

In der folgenden Tabelle sind die Diagnosen sowie die Symptome und dessen Zeitpunkt und Wasserstoffwert der Patienten aufgeführt, die Beschwerden während der Diagnostik angeben.

Tabelle 16: Symptomatische Malabsorption: Zeitpunkt und Wasserstoffwert

Nr.	Diagnose	Symptome	Zeitpunkt	H-Wert in ppm
1	Laktosemalabsorption	„Rumoren“*	nach 30 Min.	34
2	Laktosemalabsorption	Bauchschmerzen	nach 90 Min.	35
3	Fruktosemalabsorption	„Grummeln“*	nach 30 Min.	30
4	Fruktosemalabsorption	Leichte Übelkeit	nach 30 Min. bis nach 75 Min.	27, 50, 64, 48
5	Fruktosemalabsorption	„Kneifen“*	nach 60 Min.	21
6	Sorbitmalabsorption	„Aktivität“* Magendruck	nach 30 Min. nach 45 Min.	3 10
7	Sorbitmalabsorption	Leichte Magen- schmerzen	nach 30 Min.	13
8	Sorbitmalabsorption	Meteorismus Schmerzen	nach 15 Min. nach 60 Min.	30 44
9	Sorbitmalabsorption	Meteorismus	nach 75 Min. bis nach 90 Min.	18, 35

\* Patientenausdruck bezüglich der Symptome

Von den 16 Teilnehmern des Kollektivs sind, ausgehend von der bereits beschriebenen Definition einer Malabsorption, 9 (56%) von einer Sorbitmalabsorption betroffen.

Von diesen 9 Personen entwickeln 4 (44%) Symptome wie „Aktivität“, leichte Magenschmerzen, Magendruck, Schmerzen sowie Meteorismus.

Die Beschwerden treten z. T. schon nach 15 Minuten, jedoch auch erst nach 75 Minuten auf.

Zum Zeitpunkt der Symptome sind die Wasserstoffexhalationswerte gegenüber dem Ausgangswert zwar erhöht, erreichen aber nicht ihren jeweiligen absoluten Höhepunkt.

Teilnehmer-Nr. 8 ist von den 4 Sorbitmalabsorbern, welche Symptome angaben, am auffälligsten:

Meteorismus entwickelt sich bereits nach 15 Minuten. Nach der 60. Minute treten Schmerzen auf. Die Wasserstoffexhalation erreicht ein Maximum von 73 ppm.

Eine Fruktosemalabsorption kommt bei dem Teilnehmerkollektiv 5 mal (31%) vor. Von diesen 5 Personen beklagen 3 (60%) Symptome wie leichte Übelkeit, „Grummeln“ und „Kneifen“.

Die Beschwerden treten nach 30 Minuten bzw. bis nach 75 Minuten auf.

Die Wasserstoffexhalationswerte sind zum Zeitpunkt der Symptome bei 2 der 3 Betroffenen im Vergleich zu den Ausgangswerten erhöht, erreichen jedoch noch nicht ihr Maximum.

Bei Teilnehmer-Nr. 4 stellt sich nach der 30. Minute leichte Übelkeit ein, welche bis nach der 75. Minute anhält. Der höchste gemessene Wasserstoffwert liegt in diesem Fall bei 64 ppm.

Eine Laktosemalabsorption, welche ausschließlich über den Anstieg der Wasserstoffexhalation in der Atemluft und nicht über den fehlenden Blutzuckeranstieg definiert wird, tritt bei den 16 Teilnehmern 2 mal (13%) auf. Bei beiden Betroffenen steigt der Blutzucker zusätzlich nicht um mehr als 20 mg/dl an.

Symptome wie „Rumoren“ und Bauchschmerzen treten nach 30 bzw. 90 Minuten auf.

Der gemessene Wasserstoffwert zum Zeitpunkt der Symptome liegt bei den beiden Laktosemalabsorbern bei ~35 ppm.

Auffallend ist, dass bei den Teilnehmern immer nur eine Malabsorption die Symptome bedingt, auch wenn eine zusätzliche Malabsorption diagnostiziert worden ist.

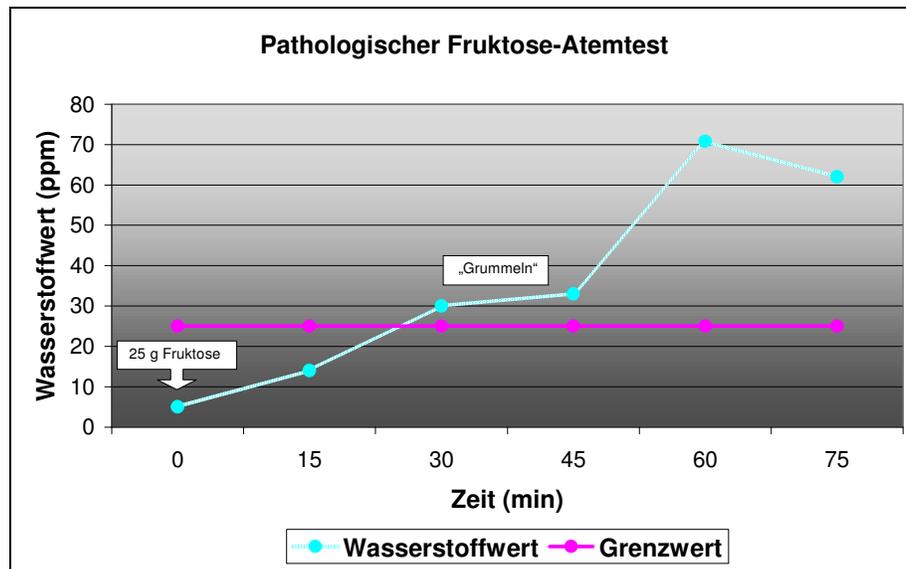


Abbildung 20: Pathologischer Fruktose-Atemtest

Die Abbildung zeigt beispielhaft einen pathologischen Fruktose-Atemtest (Teilnehmer-Nr. 3). Nach der 30. Minute ist der Grenzwert bereits überschritten ( $H_2$ -Anstieg  $> 20$  ppm ausgehend vom Ausgangswert), der Teilnehmer berichtet zu dem Zeitpunkt über „Grummeln“.

## 4 Diskussion

Mittels Wasserstoffexhalationstest kann bei 13 Teilnehmern des Kollektivs ein pathologisches Ergebnis nachgewiesen werden.

Trotz dieser hohen Trefferquote von 81 % und der genannten Vorteile dieser Diagnostik muß jedoch stets berücksichtigt werden, dass der Wasserstoffexhalationstest von anderen Faktoren beeinflussbar ist und daher eine indirekte Untersuchungsmethode darstellt. Die Interpretation der Testergebnisse unterliegt einer großen Variabilität, da kein standardisierter Testablauf bzw. einheitlich definierte Referenzwerte existieren (Lippert, 1999, S. 72, 89).

Als entscheidende Nachteile des H<sub>2</sub>-Atemtest nennen Wutzke et al. (1997, S. 43) seine Dosisabhängigkeit, Interferenzen mit H<sub>2</sub>-Peaks und die zufällige Involvierung von H<sub>2</sub>-Non-Producern.

Bei 3 Kollektivteilnehmer kann mittels H<sub>2</sub>-Atemtest keine Diagnose gestellt werden.

Erkrankungen (z. B. Sprue, Leber- und Pankreaserkrankungen, Hyperthyreose, Nahrungsmittelallergien, ...) und postoperative Zustände, welche Auswirkungen auf den Gastrointestinaltrakt haben können, sollten ausgeschlossen werden.

Des weiteren sollte die Einnahme von Pharmaka kritisch hinterfragt werden, da auch diese Auswirkungen auf den Verdauungstrakt haben können.

Das Prinzip der leichten Vollkost sollte solchen Personen erläutert werden. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass Patienten instinktiv schlecht verträgliche Lebensmittel und Zubereitungsarten meiden.

Des weiteren sollte auf ein ungünstiges Ernährungsverhalten wie z. B. unregelmäßige Mahlzeitenverteilung, schnelles Essen, ungenügendes Kauen, ... sowie dem Missbrauch von Koffein, Alkohol und Tabak aufmerksam gemacht werden.

Von psychischen Faktoren, die sich auf den Magen und Darm auswirken können, wie z. B. Stress, Nervosität, Angst und Sorgen sind vermutlich viele Menschen in der heutigen Zeit betroffen. Entspannungs- und Bewegungsübungen können eine zusätzliche Hilfestellung sein.

## 4.1 Diskussion Anamnesebogen

Das Teilnehmerkollektiv suchte insgesamt durchschnittlich 4 Ärzte bezüglich der Abdominalbeschwerden auf.

Dies lässt darauf schließen, dass die Beschwerden ernst genommen werden.

Angst vor schweren Erkrankungen mag ein anderer Antrieb zum Handeln sein, da fast 50 % der Teilnehmer über gastrointestinale Erkrankungen bei Verwandten ersten Grades (z. B. Krebs, CED, ...) berichten können. Zum Anderen kann sich die Anzahl der konsultierten Ärzte in der Hoffnung begründen, wieder zu einer akzeptablen Lebensqualität zu finden, welche in über 50 % der Fälle sehr stark bis stark durch die Abdominalbeschwerden beeinträchtigt ist.

Die Teilnehmer des Kollektivs konsumieren, trotz der großen Vielfalt, relativ wenig zuckerfreie Produkte. Nur 2 Teilnehmer verzehren diese regelmäßig bzw. selten bis ab und zu.

Eine gewisse Sensibilisierung der Teilnehmer durch Hinweise wie „Kann bei übermäßigem Verzehr abführend wirken“ ist zu vermuten.

Jedoch versuchen bzw. versuchten nur 2 Teilnehmer des gesamten Kollektivs, die Beschwerden, die sich im gastrointestinalem Bereich lokalisieren, durch ein verändertes Ernährungsverhalten positiv zu beeinflussen.

In Hinblick auf den Beschwerdezeitraum, der durchschnittlich bei 7 Jahren liegt, hätte doch ein wesentlich höherer Anteil angenommen werden können.

Trotz der Tatsache, dass 2/3 der Teilnehmer über einen flüssigen bzw. breiigen Stuhlgang berichten, durchschnittlich jeder Teilnehmer häufiger als 3 mal pro Tag Stuhlgang hat und unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Beschwerdedauer weist das Kollektiv ein durchschnittlichen BMI von 22,8 kg/m<sup>2</sup> auf. Zwei Teilnehmer sind unter- bzw. übergewichtig, ein Teilnehmer adipös (Grad I) und der Rest ist normalgewichtig.

Eine reduzierte Nahrungsaufnahme könnte aus einer Verunsicherung bezüglich der Lebensmittelauswahl sowie dem Meiden von Lebensmitteln und Speisen, welche Abdominalbeschwerden zur Folge haben können, resultieren und ein relativ niedriges Gewicht bedingen.

## 4.2 Diskussion Verlaufsbogen

Zwei Teilnehmer verändern nicht ihre Ernährungsgewohnheiten, darunter ist ein Teilnehmer derjenige, dem mittels H<sub>2</sub>-Atemtest keine Diagnose gestellt werden konnte. Die restlichen Teilnehmer geben an, die Empfehlungen z. T. bzw. komplett umgesetzt zu haben.

Die erfreuliche Compliance der Teilnehmer, die dankbar für eine nicht schwerwiegende Diagnosestellung waren, mag in der Hoffnung und Möglichkeit liegen, selbstverantwortlich für eine Verbesserung der Beschwerden und somit auch eine Verbesserung der Lebensqualität zu sein. Denkbar ist auch der nachvollziehbare Pathomechanismus bzw. die Wirkungsweise der Ernährungsumstellung sowie der i. d. R. schnell eintretende Erfolg bei Umsetzung der Empfehlungen. Heepe et al. (2002, S. 147) nennt als weiteren Beratungspunkt, um den Ratsuchenden zu motivieren, neben der „Negativliste“ der auszuschaltenden Nahrungsmittel auch das Angebot einer „Positivliste“ unbedenklicher und erwünschter „Ersatz-Produkte“ zu machen sowie die Aushändigung schriftlicher Informationen.

Eine positive Veränderung der Abdominalbeschwerden trat bei 9 Teilnehmern auf, welche die Ernährungsempfehlungen z. T. bzw. ganz umsetzten.

Fraglich ist, warum bei einem dieser Teilnehmer die zunächst positive Veränderung trotz weiterer Einhaltung der Empfehlungen wieder schwand.

Keine Veränderung hinsichtlich der Beschwerden empfinden 6 Teilnehmer trotz Umsetzung der genannten Empfehlungen.

Zusätzlichen Faktoren, die hier von Bedeutung sind, bedürfen der Abklärung.

Von den Teilnehmern, welche im Anamnesebogen ein Gewichtsverlust angeben, berichtet nur einer im Verlaufsbogen über eine weitere Abnahme an Gewicht. Dies ist der Teilnehmer, der sich durch die diätetischen Empfehlungen wie neu geboren fühlt. Fraglich ist, warum ausgerechnet der Teilnehmer weiter an Gewicht verliert, obwohl er sich gut fühlt und unbesorgt ohne Angst vor Beschwerden essen kann entsprechend den Empfehlungen.

Zwei (13%) der 16 Teilnehmer geben im Verlaufsbogen an, sich übergeben zu müssen, und zwar mehr als 3 x pro Jahr. Da der Verlaufsbogen frühestens 14 Tage nach dem Anamnesebogen, jedoch nicht erst ein Jahr später erhoben wurde, kann von spekulativen Angaben ausgegangen werden.

Bei den Reizdarmsyndrom-Patienten wurde einmal eine Laktosemalabsorption und 2 mal eine Fruktose- sowie Sorbitmalabsorption festgestellt.

Bei 2 dieser Personen kam es zu einer positiven Veränderung der Beschwerden, bei dem einem Fruktose- und Sorbitmalabsorber trotz Umsetzung der Empfehlungen zu keiner Veränderung.

Diese Ergebnisse stimmen mit den Schlussfolgerungen der betrachteten Studien bei den Leitlinien der evidenz-basierten Medizin überein, dass die Symptome des Reizdarmsyndroms bei einigen Personen auf Grund der Malabsorption von Kohlenhydraten wie Fruktose und Sorbit basieren und dass bei der Mehrheit von Reizdarmsyndrom-Patienten mit einer Laktosemalabsorption eine laktosereduzierte Kost die Symptome verbessert.

Wie häufig sich hinter der Diagnose „Reizdarmsyndrom“ eine ausschließliche Kohlenhydratmalabsorption verbirgt, ist unklar.

## 5 Schlussfolgerung

In der gastroenterologischen Diagnostik hat sich der H<sub>2</sub>-Atemtest als eine sensitive sowie verlässliche Methode zum Nachweis von Kohlenhydratmalassimilationen etabliert. Die Untersuchungsmethode ist einfach sowie kostengünstig, nicht-invasiv und wenig belästigend für den Patienten (Lippert, 1999, S. 5).

Im Teilnehmerkollektiv der Untersuchung kommt es bei 13 Personen (81%) zu einem pathologischen Ergebnis beim Wasserstoffexhalationstest.

Die Compliance der Teilnehmer ist sehr hoch, denn nur 2 Teilnehmer (13%) richteten die Ernährung nicht nach den individuellen Ernährungsempfehlungen aus. Bei einem dieser beiden Teilnehmer handelt es sich zudem um den Teilnehmer, dem keine Diagnose gestellt werden konnte.

Bei 9 Teilnehmern (56%) kommt es zu einer Verbesserung der Abdominalbeschwerden und somit auch zu einer Steigerung der Lebensqualität, nachdem die Ernährungsempfehlungen z. T. oder ganz umgesetzt wurden. Ein Betroffener, der seit 15 Jahren unter den Abdominalbeschwerden litt, macht die Aussage, sich wie neu geboren zu fühlen.

In Anbetracht der Häufigkeit von Personen mit Abdominalbeschwerden zeigen die Untersuchungsergebnisse dieser Arbeit, dass der H<sub>2</sub>-Atemtest (Laktose, Fruktose und Sorbit) in Kombination mit der Ernährungstherapie eine absolute Berechtigung und hohen Stellenwert in der Diagnostik solcher Patienten findet.

## 6 Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung wird an 16 Patienten mit Abdominalbeschwerden und unauffälliger Koloskopie mittels des H<sub>2</sub>-Atemtests gezeigt, dass die häufig diagnostizierte Malabsorption von Laktose, Fruktose und Sorbit Symptome bedingen kann.

Bei 13 Teilnehmern zeigte sich ein pathologischer Wasserstoffanstieg. Neun dieser Teilnehmer entwickelten während des H<sub>2</sub>-Atemtests klinische Symptome wie z. B. Meteorismus, Schmerzen und leichte Übelkeit.

Als Erhebungsinstrumente wurden zwei Fragebögen, der Anamnese- und Verlaufsbogen, eingesetzt. Diese eigens konzipierten Fragebögen erfassen u. a. personenbezogene Daten eines jeden Kollektivteilnehmers, Vorkommen und Häufigkeit von Abdominalbeschwerden, Umsetzung und die Auswirkung der individuellen Ernährungsempfehlungen, ... . Durch den Vergleich der Aussagen vor bzw. nach der Umsetzung der Empfehlungen soll in dieser Arbeit die Veränderung des Befindens der Teilnehmer und somit der Nutzen und die Wichtigkeit der Ernährungstherapie dargestellt werden.

Keine Veränderung der Ernährung fand bei 2 Teilnehmern statt, das restliche Kollektiv setzte die Ernährungsempfehlungen komplett oder teilweise um.

Bei 9 Teilnehmern kam es durch die Umsetzung der Empfehlungen zu einer positiven Veränderung, bei 6 Teilnehmern zu keiner Veränderung der Abdominalbeschwerden trotz Umsetzung der Empfehlungen.

Eine Reduktion der Stuhlfrequenz und eine Verbesserung der Stuhlkonsistenz ist zu verzeichnen. Des weiteren wird über eine Verbesserung der abdominalen Beschwerden wie Meteorismus, Völlegefühl, Sodbrennen, Übelkeit, Erbrechen und Schmerzen berichtet. Die Lebensqualität der Teilnehmer ist nach Diagnosestellung, individueller Ernährungsberatung und Umsetzung der Empfehlungen merklich gestiegen.

## 6.1 Abstract

In the available investigation which followed 16 patients with abdominal complaints and inconspicuous colonoscopy using H<sub>2</sub>-breath test, it is shown that the frequently diagnosed malabsorption of lactose, fructose and sorbitol can cause these symptoms.

In the laboratory findings of 13 patients there was shown up pathological hydrogen rise. Nine of these patients developed clinical symptoms during the H<sub>2</sub>-breath test e. g. meteorism, pain and slight nausea.

As the collection tools there were used two questionnaires, the anamnesis and process questionnaire. These particularly created questionnaires seize, among other things, particular information of each patient, occurrence and a frequency of abdominal complaints, conversion and the effect of the individual nutritional recommendations, ... . Comparing the statements before and after the changes in the recommendations, this work should show the change of the condition of the participants and thus the use and the importance of the nutritional therapy.

Two patients were without change of their diet regime, the rest of the group had changed their diet recommendations in the total or partial way. Nine participants came out with the positive change, while 6 participants had no changes of the abdominal complaints despite modification of the nutrition.

A reduction of their stool frequency and an improvement of the stool consistency are to be registered. Moreover, there has to be registered improvement of the abdominal complaints such as meteorism, fullness, pyrosis, nausea, vomiting and pain. The quality of life of the participants is noticeable after diagnostic procedure and individual diet consultation and changes in the recommendations risen.

---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prinzip des H <sub>2</sub> -Atemtests.....	16
Abbildung 2: H <sub>2</sub> -Atemtestgerät .....	20
Abbildung 3: 20 ml Einmalspritze mit „T-Stück“ .....	21
Abbildung 4: Kohlenhydratverdauung und Absorption von Monosacchariden ...	25
Abbildung 5: Einteilung der Unverträglichkeitsreaktionen auf Lebensmittel .....	29
Abbildung 6: Laktose und deren Hydrolyse .....	30
Abbildung 7: Fruktose .....	34
Abbildung 8: Sorbit .....	38
Abbildung 9: Meteorismus (Anamnesebogen).....	49
Abbildung 10: Sodbrennen (Anamnesebogen).....	50
Abbildung 11: Schmerzlokalisierung (Anamnesebogen) .....	51
Abbildung 12: Lokale Schmerzen (Anamnesebogen) .....	52
Abbildung 13: Beeinträchtigung der Lebensqualität (Anamnesebogen).....	53
Abbildung 14: Meteorismus (Verlaufsbogen).....	57
Abbildung 15: Sodbrennen (Verlaufsbogen) .....	58
Abbildung 16: Schmerzlokalisierung (Verlaufsbogen) .....	59
Abbildung 17: Lokale Schmerzen (Verlaufsbogen) .....	59
Abbildung 18: Beeinträchtigung der Lebensqualität (Verlaufsbogen).....	60
Abbildung 19: Vergleich: Beeinträchtigung der Lebensqualität .....	62
Abbildung 20: Pathologischer Fruktose-Atemtest.....	65

---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Atemteste und Indikationen .....	15
Tabelle 2: Beispiele für Früchte, die sich durch einen relativ geringen Fruchtzuckergehalt sowie günstigem Glukoseverhältnis auszeichnen .....	36
Tabelle 3: Beispiele für Früchte, die sich durch einen relativ geringen Sorbitgehalt auszeichnen .....	40
Tabelle 4: Toleranzschwelle für Zuckeraustauschstoffe bei nicht-adaptierten Erwachsenen.....	43
Tabelle 5: Einweisungsdiagnose .....	45
Tabelle 6: Medikamente .....	46
Tabelle 7: Aufgesuchte Ärzte .....	46
Tabelle 8: Gastrointestinale Erkrankungen bei Verwandten ersten Grades .....	47
Tabelle 9: Stuhlfrequenz .....	48
Tabelle 10: Stuhlkonsistenz .....	48
Tabelle 11: Diagnose mittels Wasserstoffexhalationstest .....	54
Tabelle 12: Umsetzung der Empfehlungen .....	54
Tabelle 13: Veränderung des Befindens .....	55
Tabelle 14: Stuhlfrequenz .....	56
Tabelle 15: Stuhlkonsistenz .....	56
Tabelle 16: Symptomatische Malabsorption: Zeitpunkt und Wasserstoffwert .....	63

---

## Literaturverzeichnis

### BÜCHER

- Baltus, Werner: Lebensmittelchemie, Berlin • Heidelberg (Springer Verlag), 2000
- Behr-Völtzer, Christine et al.: Diät bei Nahrungsmittelallergien und –intoleranzen, München (Urban & Vogel), 2002
- Belitz, Hans-Dieter; Grosch, Werner; Schieberle, Peter: Lehrbuch der Lebensmittelchemie, Berlin • Heidelberg (Springer Verlag), 2001
- Biesalski, Hans-Konrad et al.: Ernährungsmedizin, Stuttgart • New York (Georg Thieme Verlag), 2004
- Biesalski, Hans-Konrad et al.: Ernährungsmedizin, Stuttgart • New York (Georg Thieme Verlag), 1999
- Biesalski, Hans-Konrad; Grimm, Peter: Taschenatlas der Ernährung, Stuttgart • New York (Georg Thieme Verlag), 2004
- Biesalski, Hans-Konrad; Grimm, Peter: Taschenatlas der Ernährung, Stuttgart • New York (Georg Thieme Verlag), 2002
- Biller, Gudrun: Ernährungstherapie bei Morbus Crohn und Colitis ulcerosa, Schwarzenbek (VERLAG DR. RÜDIGER MARTIENS), 2003
- Brostoff, J.; Challacombe, S. J.: Food allergy and intolerance, London (SAUNDERS), 2002
- Glandorf, et al.: Handbuch Lebensmittelzusatzstoffe, Hamburg (BEHR`S...Verlag), 2004
- Götz, Marie-Luise; Rabast, Udo: Diättherapie, Stuttgart • New York (Georg Thieme Verlag), 1999
- Greten, Heiner: Innere Medizin, Stuttgart • New York (Georg Thieme Verlag), 2002
- Jäger, L.; Wüthrich, B.: Nahrungsmittelallergien und –intoleranzen, Ulm • Stuttgart • Jena • Lübeck (Gustav Fischer Verlag), 1998
- Kasper, Heinrich: Ernährungsmedizin und Diätetik, München • Jena (Urban & Fischer Verlag), 2000

- 
- Klinker, Rainer; Silbernagl, Stefan: Lehrbuch der Physiologie, Stuttgart • New York (Georg Thieme Verlag), 2001
  - Kluthe, Reinhold; Kasper, Heinrich: Kohlenhydrate in der Ernährungsmedizin unter besonderer Berücksichtigung des Zuckers, Stuttgart • New York (Georg Thieme Verlag), 1996
  - Kruis, Wolfgang; Rebstock, Martin: Kurzleitfaden Reizdarmsyndrom, Stuttgart • New York (Georg Thieme Verlag), 2001
  - Kruis, Wolfgang; Rebstock, Martin: Wirksame Hilfe bei Reizdarm-Syndrom, Stuttgart (TRIAS Verlag), 2002
  - Lasek, R.; Müller-Oerlinghausen, B.: Funktionelle Dyspepsie und Reizdarmsyndrom (AVP), 2000
  - Layer, Peter; Keller, Jutta: Das Reizdarmsyndrom-Pathogenese, Diagnostik und Therapie, Bremen (UNI-MED Verlag AG) 2003
  - Mischo-Kelling, Maria; Zeidler, Henning: Innere Medizin, München • Wien • Baltimore (Urban & Schwarzenberg), 1996
  - Mörike; Betz; Mergenthaler: Biologie des Menschen, Wiesbaden (Quelle & Meyer Verlag), 1997
  - Pschyrembel, Willibald: Klinisches Wörterbuch, Berlin (Walter de Gruyter), 2004
  - Pschyrembel, Willibald: Klinisches Wörterbuch, Berlin • New York (Walter de Gruyter), 1998
  - Robert, F. et al.: Physiologie des Menschen, Berlin • Heidelberg • New York (Springer Verlag), 1995
  - Schäffler, Arne; Schmidt, Sabine: Mensch Körper Krankheit, Stuttgart (Gustav Fischer Verlag), 1997
  - Silbernagl, Stefan; Despopoulos, Agamemnon: Taschenatlas der Physiologie, Stuttgart (Georg Thieme Verlag), 2003
  - Silbernagl, Stefan; Despopoulos, Agamemnon: Taschenatlas der Physiologie, Stuttgart • New York (Georg Thieme Verlag), 1991
  - Souci, S. W.; Fachmann, W.; Kraut, H.: Die Zusammensetzung der Lebensmittel Nährwert-Tabellen, Stuttgart (medpharm GmbH Scientific Publishers), 1994

- 
- Suter, Paolo M.: Checkliste Ernährung, Stuttgart • New York (Georg Thieme Verlag), 2002

#### LEXIKA

- Albus, Christian et al.: Lexikon der Ernährung, Heidelberg • Berlin (Spektrum Akademischer Verlag), 2002
- Anhäuser, Marcus et al.: Lexikon der Biologie, Heidelberg (Spektrum Akademischer Verlag), 2002
- Falbe, Jürgen; Regitz, Manfred: Römpf Chemie Lexikon, Stuttgart • New York (Georg Thieme Verlag), 1995
- Heepe, Fritz; Wigand, Maria: Lexikon Diätetische Indikationen, Berlin • Heidelberg (Springer-Verlag), 2002

#### DISSERTATIONEN

- Hein, Claudia: Wasserstoffexhalation nach dem Verzehr definierter Kohlenhydratmahlzeiten, Dissertation, Universitätskinder- und Jugendklinik der Universität Rostock, 1997
- Lippert, Tanja: Der H<sub>2</sub>-Atemtest – Bedeutung und Grenzen in der klinischen Praxis, Dissertation, Medizinische Fakultät der Universität Regensburg, 1999
- Roumeih, Younes: Langzeitbeobachtung bei Patienten mit Fruktose-Malabsorption, Dissertation, Medizinische Fakultät der Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen, 2000
- Vierling, Thomas: Der H<sub>2</sub>-Atemtest – Eine einfache Methode zur Abklärung funktioneller gastrointestinaler Symptome, Dissertation, Medizinische Fakultät der Universität Regensburg, 1992
- Wachter, Ulrich: Untersuchung zur Verdaulichkeit verschiedener Kohlenhydrate bei gesunden Versuchspersonen unter Verwendung der Wasserstoffexhalation in der Atemluft, Dissertation, Fachbereich Humanmedizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main, 1991

- Zech, Jutta: Kohlenhydratmalabsorption: Zusammenhang zwischen Symptomatik von Fruktose- und Sorbitmalabsorbern und Darmflora, Dissertation, Fakultät für Medizin der Technischen Universität München, 1995

## ZEITSCHRIFTEN

- Armbrrecht, U; Stockbrügger, R. W.: Anwendungsmöglichkeiten und Grenzen des H<sub>2</sub>-Atemtests in der gastroenterologischen Diagnostik, in: Gastroenterol 27 (1989)
- Bässler, K.-H.: Zuckeraustauschstoffe, in: Ernährungs-Umschau (Sonderdruck) 47 (2000) Heft 7
- Behr-Völtzer, Christine et al.: Begriffsbestimmung und Abgrenzung von Lebensmittel-Unverträglichkeiten, in: DGE info 2 (2004)
- Bohmer, C.J.; Tuynman, H.A.: The effect of a lactose-restricted diet in patients with a positive lactose tolerance test, earlier diagnosed as irritable bowel syndrome: a 5-year follow-up study, in: Eur J Gastroenterol Hepatol. 13 (2001) [Abstract]
- Born, P.; Barina, W.; Vierling, T.: Fructose-und Sorbit-Malabsorption, in: Deutsche Medizinische Wochenschrift 115 (1990) 15
- Caspary, W. F.: Dünndarmfunktionsdiagnostik, in: Schweiz. Rundschau Med. (PRAXIS) 77 (1988) Nr. 12
- Domke, A.; Müller, M. J.; Przyrembel, H.: Zuckeraustauschstoffe, in: Aktuelle Ernährungsmedizin 20 (1995)
- Duro, D. et al.: Association between infantile colic and carbohydrate malabsorption from fruit juices in infancy, in: Pediatrics 109 (2002) [Abstract]
- Gaßmann, Berthold: Kohlenhydrate und Ballaststoffe, in: Ernährungs-Umschau 47 (2000) Heft 8
- Goldstein, R.; Braverman, D.; Stankiewicz, H.: Carbohydrate malabsorption and the effect of dietary restriction on symptoms of irritable bowel syndrome and functional bowel complaints, in: Isr Med Assoc J. 2 (2000) [Abstract]
- Haber, Bernd et al.: Fruktooligosaccharide und Inulin, in: Ernährungs-Umschau 50 (2003) Heft 10

- 
- Kasper, Heinrich: Funktionelle Störungen der Gastrointestinalorgane, in: Aktuelle Ernährungsmedizin 18 (1993)
  - Ledochowski, M. et al.: Fructose- and sorbitol-reduced diet improves mood and gastrointestinal disturbances in fructose malabsorbers, in: Scand J Gastroenterol. 35 (2000) [Abstract]
  - Ledochowski, M. et al.: Fructose malabsorption is associated with decreased plasma tryptophan, in: Scand J Gastroenterol. 36 (2001) [Abstract]
  - Ledochowski, M. et al.: Increased serum amylase and lipase in fructose malabsorber, in: Clin Chim Acta 25 (2001) [Abstract]
  - Moukarzel, AA.; Lesicka, H.; Ament, ME.: Irritable bowel syndrome and nonspecific diarrhea in infancy childhood-relationship with juice carbohydrate malabsorption, in: Clin Pediatr (Phila). 41 (2002) [Abstract]
  - N.N.: Kariespräventiver Nutzen von Zuckeraustauschstoffen und Süßstoffen, in: DGE info 6 (1997)
  - N.N.: Lactosefreie Ernährung, in: DGE info 10 (2004)
  - Park, Y. K.; Yetley, E. A.: Intakes and food sources of fructose in the United States, in: Amer. J. Clin. Nutr. 58 (1993)
  - Rabast, U.: Bakterielle Fehlbesiedlung des Dünndarms-Blind loop syndrome, in: Aktuelle Ernährungsmedizin Band 29 (2004)
  - Rabast, G. A.; Rabast, U.; Kasper, H.: Lactosemalabsorption bei Patienten mit Reizdarmsyndrom, Kolondivertikulose und einem Kontrollkollektiv, in: Aktuelle Ernährungsmedizin 25 (2000)
  - Rumessen, J.J.; Nordgaard-Andersen, I.; Gudmand-Høyer, E.: Carbohydrate Malabsorption: Quantification by Methane and Hydrogen Breath Tests, in: Scand. J. Gastroent. 29 (1994)
  - Sentko, A.: Süßungsmittel-ein Überblick, in: Ernährungsumschau 50 (2003) Heft 2
  - Vernia, P.; Di Camillo, M.; Marinaro, V.: Lactose malabsorption, irritable bowel syndrome and self-reported milk intolerance, in: Dig Liver Dis. 33 (2001) [Abstract]
  - Wales, J. K. H. et al.: Isolated fructose malabsorption, in: Arch. Dis. Childh. 65 (1990)

- 
- Wasserman, Dror et al.: Molecular Analysis of the Fructose Transporter Gene (GLUT 5) in Isolated Fructose Malabsorption, in: J. clin. Invest. 98 (1996)
  - Wutzke, K. D. et al.: Die Bestimmung der oroökalen Transitzeit: Ein Methodenvergleich zwischen einem  $^{13}\text{CO}_2$ - und einem  $\text{H}_2$ -Atemtest, in: Aktuelle Ernährungsmedizin 22 (1997)
  - Ziesenitz, Susanne C.: Zuckeraustauschstoffe in der Ernährung des Diabetikers, in: Ernährungs-Umschau 44 (1997) Heft 10

#### INTERNET

- [http://www.medizinalrat.de/Eb\\_Medicine/EbM\\_Theorie\\_und\\_Handwerkszeug/body\\_ebm](http://www.medizinalrat.de/Eb_Medicine/EbM_Theorie_und_Handwerkszeug/body_ebm) 22.02.05
- [http://www.gastroenterologie.uni-hd.de/darm/man\\_atemtests.php](http://www.gastroenterologie.uni-hd.de/darm/man_atemtests.php) 30.12.04
- [http://www.gastroenterologie.uni-hd.de/darm/man\\_laktose.php](http://www.gastroenterologie.uni-hd.de/darm/man_laktose.php) 30.12.04
- [http://www.gastroenterologie.uni-hd.de/darm/man\\_fruktose.php](http://www.gastroenterologie.uni-hd.de/darm/man_fruktose.php) 30.12.04
- [http://www.gastroenterologie.uni-hd.de/darm/man\\_glukose.php](http://www.gastroenterologie.uni-hd.de/darm/man_glukose.php) 30.12.04
- [http://www.gastroenterologie.uni-hd.de/darm/man\\_laktulose.php](http://www.gastroenterologie.uni-hd.de/darm/man_laktulose.php) 30.12.04

---

## Abkürzungsverzeichnis

ADI	: Acceptable Daily Intake
BII-Magen	: Magenresektion
BMI	: Body Mass Index
CED	: Chronisch entzündliche Darmerkrankung
CH <sub>4</sub>	: Methan
CO <sub>2</sub>	: Kohlendioxid
GLUT 2	: Glukose Transporter 2
GLUT 5	: Glukose Transporter 5
H <sub>2</sub>	: Wasserstoffmolekül
HFCS	: high fructose corn syrup
HFI	: hereditärn Fruktoseintoleranz
N <sub>2</sub>	: Stickstoff
Na <sup>+</sup>	: Natrium
O <sub>2</sub>	: Sauerstoff
ppm	: parts per million
SGLT 1	: Sodium Glukose Transporter 1
syn.	: synonym
V. a.	: Verdacht auf

# Anhang

---

## Anhangsverzeichnis

Anamnesebogen.....	85
Verlaufsbogen.....	87
Beratungsinhalt Laktoseintoleranz.....	88
Beratungsinhalt Fruktosemalabsorption.....	92
Beratungsinhalt Sorbitintoleranz.....	96

## Anamnesebogen

### Abklärung abdomineller Beschwerden

Name, Vorname	:					Datum	:
Geschlecht	:						
Geburtsdatum	:						
Einweisungsdiagnose	:						
Medikamente	:						
Beschwerden seit	:	___	Monat(e)/Jahr(e)				
Anzahl aufges. Ärzte	:						
aufgesuchte Ärzte	:	Allgemeinmed.	Internist	Gastroenterologe			
		Proktologe	Sonstige	_____			
Familienanamnese	:	CED	Reizdarm	Divertikulose			
		Sonstige	_____				
Körpergewicht	:	___	kg				
Körpergröße	:	___	cm				
Gewichtsverlauf	:	___	kg	zugenommen/abgenommen in _____			
Zuckerfreie Produkte	:	nein	ja	_____			
Diät(en)	:	nein	ja	_____			
Stuhlfrequenz	:	___	x pro Tag/pro Woche				
Stuhlkonsistenz überw.:		flüssig	breiig	geformt	hart		
Meteorismus	:	> 3 x pro	Tag	Woche	Monat	Jahr	
Völlegefühl	:	> 3 x pro	Tag	Woche	Monat	Jahr	
Sodbrennen	:	> 3 x pro	Tag	Woche	Monat	Jahr	
Übelkeit	:	> 3 x pro	Tag	Woche	Monat	Jahr	
Erbrechen	:	> 3 x pro	Tag	Woche	Monat	Jahr	
Schmerzen	:	> 3 x pro	Tag	Woche	Monat	Jahr	
		Oberbauch	Unterbauch	diffus	lokal	_____	
Wie wird Ihre Lebensqualität durch die Beschwerden beeinträchtigt?							
sehr stark	stark	mittelmäßig	wenig	gar nicht			

Ihre Angaben werden selbstverständlich vertraulich behandelt und anonym ausgewertet sowie ohne Ihre Einwilligung nicht an Dritte weitergegeben.

Datum/Unterschrift:

## Verlaufsbogen

Name, Vorname	:			Datum	:	
Diagnose	:					
Ernährungsempfehlungen	:					
Umsetzung der Empfehlungen :						
<input type="checkbox"/> erfolgt						
<input type="checkbox"/> z.T. umgesetzt (welche : _____ )						
<input type="checkbox"/> keine Veränderung der Ernährungsgewohnheiten						
Auswirkung der Umsetzung der Empfehlungen:						
<input type="checkbox"/> positive Veränderung						
<input type="checkbox"/> keine Veränderung						
<input type="checkbox"/> negative Veränderung						
Stuhlfrequenz	:	___ x pro Tag/pro Woche				
Stuhlkonsistenz überw.:		flüssig	breiig	geformt	hart	
Gewichtsverlauf	:	___ kg zugenommen/abgenommen in _____				
Meteorismus	:	> 3 x pro	Tag	Woche	Monat	Jahr
Völlegefühl	:	> 3 x pro	Tag	Woche	Monat	Jahr
Sodbrennen	:	> 3 x pro	Tag	Woche	Monat	Jahr
Übelkeit	:	> 3 x pro	Tag	Woche	Monat	Jahr
Erbrechen	:	> 3 x pro	Tag	Woche	Monat	Jahr
Schmerzen	:	> 3 x pro	Tag	Woche	Monat	Jahr
			Oberbauch	Unterbauch	diffus	lokal _____
Wie wird Ihre Lebensqualität durch die Beschwerden beeinträchtigt?						
		sehr stark	stark	mittelmäßig	wenig	gar nicht
Anmerkungen	:					