



Alle Teile des Körperhaushaltes
bilden einen Kreis.
Jeder Teil ist zugleich Anfang und
Ende.
Hippokrates

Die Darmflora

Dr. med. Jürg Eichhorn
9100 Herisau
www.ever.ch

Wer ist wo im Körper?

Mund, Nase, Rachen	Veillonellen, Corynebakterien, Streptokokken, Neisserien, Pneumokokken
Ob. Respirationstrakt	Veillonellen, Corynebakterien, Streptokokken
Magen - Duodenum	Laktobazillen, Streptokokken, Hefen
Jejunum - Ileum	Laktobazillen, Streptokokken, Coliforme (Enterobacteriaceae, Escherichia coli, Klebsiella pneumoniae, Enterobacter amnigeus, Citrobacter freundii)
Kolon	Bacteroides, Bifidobacterium, Fusobacterium, Bacteroides, Streptokokken, Eubacterium, Fusobacterium, Coliforme, Clostridien, Veillonellen, Laktobazillen, Proteus, Staphylokokken
Genitalbereich	Laktobazillen, Neisserien
Haut	Laktobazillen, Staphylokokken

Bakterien im Dickdarm

eher schädigende/pathogene Effekte

Diarrhoe

PS-Aeruginosa

Obstipation
Infektionen

Veillonella

Proteus

Staphylococci

maligne Tumoren

Clostridia

Encephalopathie

Enterococci

E. Coli

Bildung von
Karzinogenen

8

Streptococci

Lactobacilli

Fäulnis

Eubacteria

Bifidobacteria

Bacteroides

11

Zahl /g Fäzes
log 10 Skala

eher positive/gesundheits-
förderliche Effekte

Wachstumssuppression
pathogener Keime

Stimulation der
Immunfunktion

Modulation von Digestion
und Resorption

antikanzerogene
Wirkung

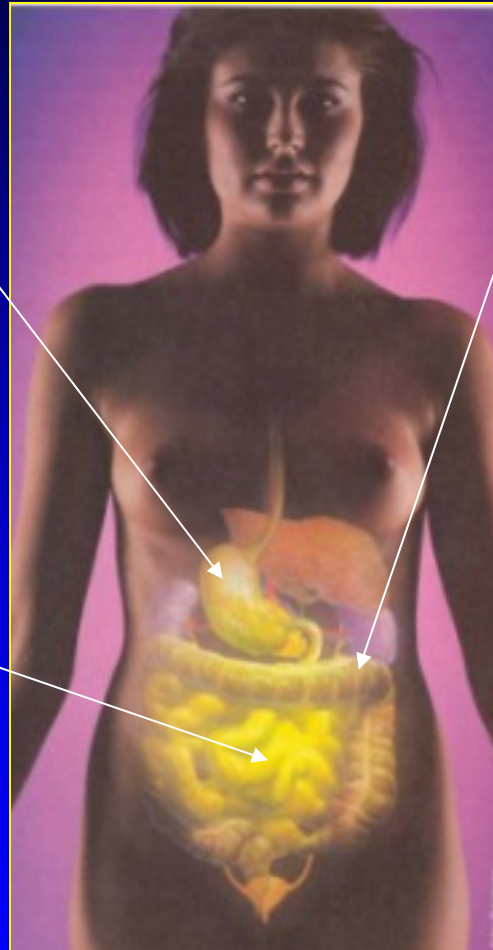
Wer ist wo im Darm?

Magen und Duodenum
($10^1 - 10^3$ KBE/ml)

Lactobacillus
Enterococcus
Hefen

Jejunum und Ileum
($10^4 - 10^8$ KBE/ml)

Lactobacillus
Enterococcus
Enterobacteriaceae
Bacteroides
Bifidobacterium
Fusobacterium



Kolon
($10^{10} - 10^{12}$ KBE/ml)

Bacteroides
Bifidobacterium
Eubacterium
Enterococcus
Fusobacterium
Lactobacillus
Enterobacteriaceae
Clostridium
Veillonella
Proteus
Staphylococcus Hefen
Protozoen

Enterobacteriaceae = E. Coli, Klebsiella, Enterobacter, Citrobacter

Wir sind nie allein: 1-2 kg Bakterien

Im menschlichen Darm leben **400 - 500 verschiedene Bakterienarten**, die zusammen die unvorstellbar grosse Zahl von 10 - 100 Milliarden Keime pro Gramm Darminhalt ausmachen. Dazu kommen noch einmal 10 - 100 Millionen Bakterien, die mit jedem Gramm Schleimhaut verwachsen sind. Damit übersteigt die Anzahl der Darmbewohner die Zahl der Körperzellen eines Menschen um das Zehnfache: **10x50 Billionen Darmbakterien!**

Die Besiedelung des Verdauungstraktes beginnt mit der Geburt und ist etwa mit zwei Jahren abgeschlossen. Die dann vorhandene Erwachsenenflora ist ausserordentlich stabil: Es ist so gut wie unmöglich, einen neuen Keim einzuschleusen (**Kolonisationsresistenz**), weil die bereits ansässige Flora für ein chemisches Milieu sorgt, das die Ansiedlung neuer "Mitbewohner" verhindert. Lediglich nach der Einnahme von Antibiotika kann es zu einer langfristigen Veränderung der Darmflora kommen.

Gute Bakterien - Schlechte Bakterien

Die Darmflora hat verschiedene Auswirkungen auf den Organismus. Die intestinalen Mikroorganismen werden dabei aufgrund ihrer gesundheitlichen Bedeutung mit positiven = gesundheitsfördernden, negativen = gesundheitsschädlichen und neutralen Attributen versehen.

Zu den Arten mit ausschliesslich positiven Wirkungen gehören die Laktobazillen. Sie tragen zur Verdauung der Nahrung und zur Absorption von Nährstoffen bei, verhindern die Kolonisierung von Pathogenen und stimulieren das Immunsystem.

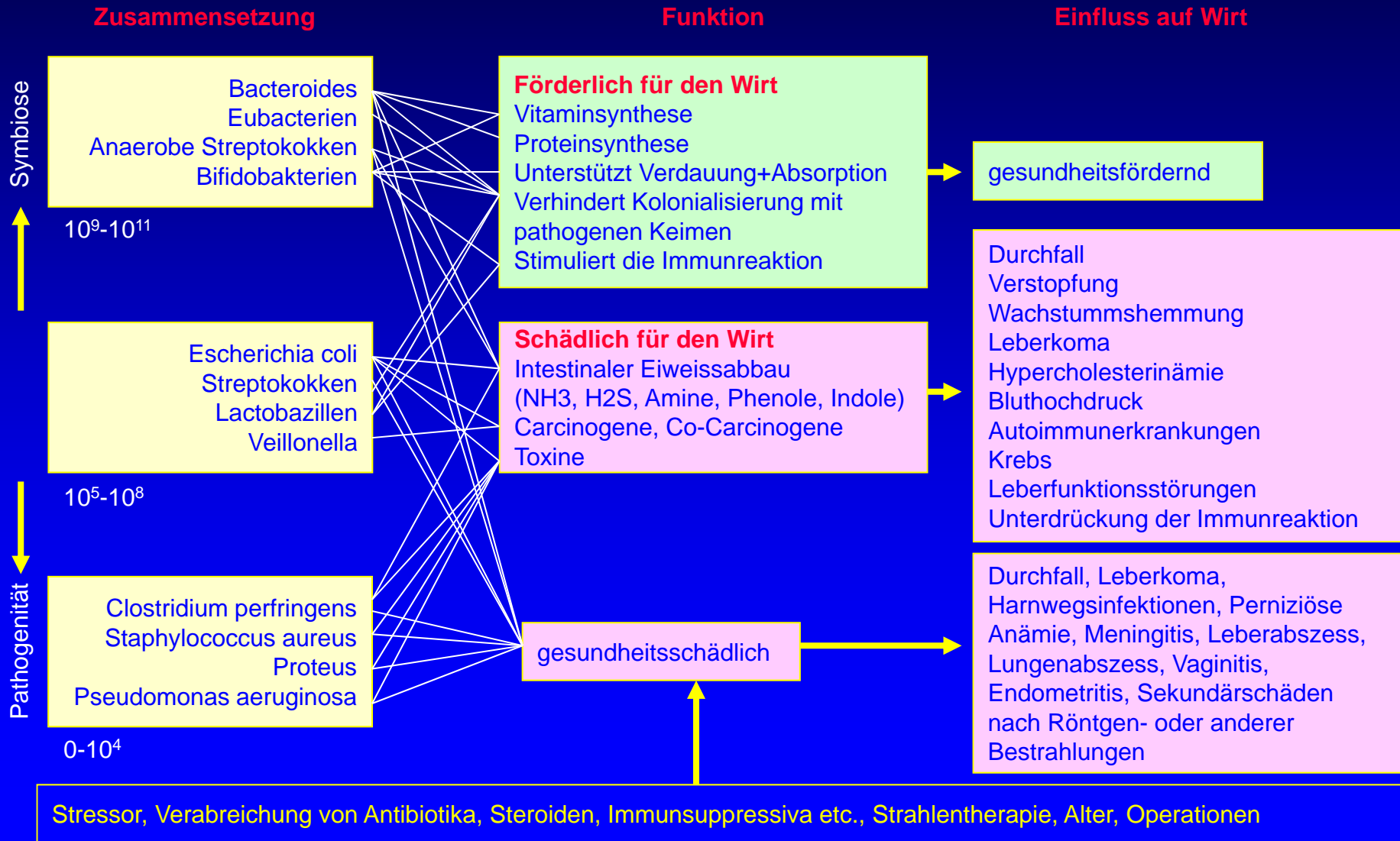
Escherichia coli, *Clostridium perfringens*, *Proteus sp.* und einige *Bacteroides* - Spezies haben für den Menschen nachteilige Auswirkungen, indem sie Fäulnissubstanzen wie Amine, Indole, Ammoniak, Schwefelwasserstoff und Phenole bilden können.

Zusätzlich ist bei einigen dieser Bakterienarten eine potentielle Pathogenität, insbesondere durch Toxinbildung, vorhanden (sog. opportunistische Keime).

Die Darmflora

- Zusammenfassende Bezeichnung für alle im Darm lebenden Bakterien und Pilze.
- Sie sind überwiegend im Dickdarm angesiedelt.
- Die Darmflora spaltet übrig gebliebene Nahrungsreste, die in den Dickdarm gelangt sind und sorgt dafür, dass bestimmte Krankheitserreger unterdrückt werden.
- Ausserdem bildet die Darmflora bestimmte Vitamine, die aber für die Versorgung des Menschen wahrscheinlich keine grosse Rolle spielen.
- Die Zusammensetzung der Darmflora wird durch die Art der Nahrung beeinflusst. Eine ballaststoffreiche Ernährung fördert das Wachstum von nützlichen Bakterien und unterdrückt schädliche.
- Antibiotika können die Darmflora negativ beeinflussen oder sogar zerstören.
- Etwa ein Drittel des Stuhlgewichts besteht aus lebenden oder toten Bakterien.

Gesundheitsfördernde und –schädliche Effekte der Darmflora



Säuerungsflora - Fäulnisflora

Säuerungsflora:

Bifidobakterium
Lactobacillus
Enterococcus

Nahrungsfasern!

Fäulniskeime:

Enterobakteriazeen
Clostridien

Fleisch fault!

Kolonisationsresistenz:

Bacteroides
Bifidobakterien

Die Fäulnisdyspepsie

- Eine meist chronische Verdauungsstörung mit Zunahme der Fäulnisprozesse im Dün- u. v.a. Dickdarm infolge mangelhafter

Eiweissverdauung (z.B. bei Enzymmangel),
übermässigem Eiweissangebot und
Eiweissresorption
- Wird u.a. begünstigt durch krankhaft aktivierte entsprechende Darmflora, fehlende peptische Verdauung, entzündlichen Darmprozess, Tumoren mit verstärkter eiweissreicher Sekretion
- Symptome: vermehrte Peristaltik, Durchfälle, Fäulnisstühle

Die Fäulnis

- Vorwiegend durch Fäulnisbakterien verursachte anoxidative Spaltung stickstoffhaltiger organischer Substanzen (v.a. als Eiweissfäulnis) unter Bildung von – z.T. übelriechenden – Gasen u. Zwischenprodukten (z.B. Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff, Ammoniak bzw. Indol, Skatol)
- Biologisch im Darm (in den Fäzes)
- Vermehrt bei Fäulnisdyspepsie: Verwesung

Die Gärungsdyspepsie

- Verdauungsstörung, die durch flüssige Stühle, aufgetriebenen Leib und Schmerzen gekennzeichnet ist. Sie entsteht besonders nach dem Genuss von gärenden Speisen (zuviel Obst, Most, Hefe usw.).
- Die Kohlenhydrate dieser Speisen gelangen bei ungenügender Verdauung im Dünndarm "unaufgeschlossen" in den Dickdarm.
- Dort spalten sie Bakterien in Stoffe auf, die den Darm reizen und seine Bewegungen beschleunigen.
- Symptome: Blähbauch (Meteorismus)
Windabgang (Flatulenz)
Dünnflüssig-schaumig Stühle
Druck, Völlegefühl, Beklemmungen und Unbehagen,
kolikartige Schmerzen, Kollern im Leib
Pektanginöse und andere Herzbeschwerden (sog.
Roemheldscher Symptomenkomplex)

Gärung

- Anaerob – i.w.S. auch aerob – **enzymatischer Kohlenhydratabbau** durch Mikroorganismen zu organischen, nicht vollständig oxidierten Endstufen
- **Alkoholische Gärung:** Abbau durch Hefen zu Äthanol u. CO₂
- **Milchsäuregärung:** Milchzuckerabbau durch Milchsäurebakterien zu Milchsäure; (ohne Nebenprodukte)
- **gemischte Gärung:** nach verschiedenen Stoffwechselschemata u. mit verschiedenen Endprodukten:
Butanol- u. Glycerin-, Essig-, Ameisen-, Propion-, Butter- u. Zitronensäuregärung
- **Im weitesten Sinne auch Abbau anderer Naturstoffe**, z.B. Eiweiss:
anaerob durch Fäulnisbakterien mit Bildung von Methan oder Schwefelwasserstoff

Darmgase: 6 Ursachen

- Verschluckte Luft
- CO₂ aus H⁺ (Magen) und HCO⁻ (Pankreas)
- Bakterieller Kohlenhydratabbau im Kolon
- Gasdiffusion vom Blut in das Darmlumen
- Milchintoleranz. Sorbitintoleranz – Sorbit als Zuckerersatz häufig verwendet.
- Behinderte Passage: Verwachsungen
Spastik bei irritablem Kolon und starker Abknickung im Bereich der Flexuren besonders links ("**Syndrom der linken Flexur**").
Typische Angabe: morgens Beschwerdefreiheit, zunehmende Blähungen im Laufe des Tages.

Bacteroides

Obligat anaerobe/mikroaerophile Keimgattungen

Normalbereich	Gram	Form	Stoffwechsel-physiologische Eigenschaften	Aufgaben innerhalb der Darmflora
log 9-11	(-)	S	<ul style="list-style-type: none">▪ Verwertung von Kohlenhydraten▪ Verwertung von Eiweiss (pH-neutral)▪ pH-Optimum: 7-8	<ul style="list-style-type: none">▪ Wichtiger Träger der Kolonisationsresistenz▪ Nährstoffversorgung der Dickdarmschleimhaut durch Produktion kurzkettiger Fettsäuren

Erläuterungen: (-) = grammnegativ (+) = grammpositiv S = Stäbchen K = Kokken

Bifidobakterien

Obligat anaerobe/mikroaerophile Keimgattungen

Normalbereich	Gram	Form	Stoffwechsel- physiologische Eigenschaften	Aufgaben innerhalb der Darmflora
log 9-11	(+)	S	<ul style="list-style-type: none">▪ Verwertung von Kohlenhydraten (reine Säuerungsflora)▪ pH-Optimum: um 6	<ul style="list-style-type: none">▪ Wichtiger Träger der Kolonisationsresistenz▪ Antagonist der Fäulnisflora▪ Neutralisierung alkalischer Stoffwechselprodukte▪ Nährstoffversorgung der Dickdarmschleimhaut durch Produktion kurzkettiger Fettsäuren

Lactobazillen

Obligat anaerobe/mikroaerophile Keimgattungen

Normalbereich	Gram	Form	Stoffwechsel- physiologische Eigenschaften	Aufgaben innerhalb der Darmflora
log 5-7	(+)	S	<ul style="list-style-type: none">▪ Verwertung von Kohlenhydraten (reine Säuerungsflora)▪ pH-Optimum: um 6	<ul style="list-style-type: none">▪ Ansäuerung des Darmmilieus▪ Antagonist der Fäulnisflora (besonders im Dünndarm)▪ Neutralisierung alkalischer Stoffwechselprodukte▪ Wichtiger Träger der Kolonisationsresistenz im Dünndarm▪ Makrophagenaktivierung

Clostridien

Obligat anaerobe/mikroaerophile Keimgattungen

Normalbereich	Gram	Form	Stoffwechsel- physiologische Eigenschaften	Aufgaben innerhalb der Darmflora
<log 5	(+)	S	<ul style="list-style-type: none">▪ Verwertung von Eiweiss und Fett (Fäulnisflora)	<ul style="list-style-type: none">▪ Alkalisierung des Darminhalts▪ Leberbelastung und Schädigung der Darmschleimhaut durch Produktion toxischer/subtoxischer Stoffwechselprodukte▪ Steroidtransformation durch NDH-Clostridien▪ pathogene Vertreter: <i>C. perfringens</i>, <i>C. difficile</i>

Escherichia coli

Obligat **aerobe** Keimgattungen

Normalbereich	Gram	Form	Stoffwechsel-physiologische Eigenschaften	Aufgaben innerhalb der Darmflora
log 6-7	(-)	S	<ul style="list-style-type: none">▪ Verwertung von Kohlenhydraten▪ Verwertung von Eiweiss	<ul style="list-style-type: none">▪ Alkalisierung des Darmmilieus bei erhöhtem Eiweissangebot im Dickdarm (=> Leberbelastung)▪ Stimulation der Abwehrleistungen▪ Milieubereitung für obligat anaerobe Keime

Klebsiellen Enterobacter Citrobacter, Proteus, Hafna

Obligat **aerobe** Keimgattungen

Normalbereich	Gram	Form	Stoffwechsel-physiologische Eigenschaften	Aufgaben innerhalb der Darmflora
<log 4	(-)	S	<ul style="list-style-type: none">▪ Verwertung von Kohlenhydraten▪ Verwertung von Eiweiss (Fäulnisflora)	<ul style="list-style-type: none">▪ Vorwiegend Alkalisierung des Darmmilieus▪ Leberbelastung und Schädigung der Darmschleimhaut durch Produktion toxischer/subtoxischer Stoffwechselprodukte

Pseudomonas

Obligat **aerobe** Keimgattungen

Normalbereich	Gram	Form	Stoffwechsel- physiologische Eigenschaften	Aufgaben innerhalb der Darmflora
<log 4	(-)	S	<ul style="list-style-type: none">▪ Verwertung von Kohlenhydraten▪ Verwertung von Eiweiss (Fäulnisflora)	<ul style="list-style-type: none">▪ Ansäuerung des Darmmilieus▪ Leberbelastung und Schädigung der Darmschleimhaut durch Produktion toxischer/subtoxischer Stoffwechselprodukte

Enterokokken

Obligat **aerobe** Keimgattungen

Normalbereich	Gram	Form	Stoffwechsel-physiologische Eigenschaften	Aufgaben innerhalb der Darmflora
log 6-7	(+)	K	<ul style="list-style-type: none">▪ Verwertung von Kohlenhydraten (Säuerungsflora)▪ Verwertung von Eiweiss	<ul style="list-style-type: none">▪ Ansäuerung des Darmmilieus▪ Antagonist der Fäulnisflora (besonders im Dünndarm)▪ Träger der Kolonisationsresistenz im Dünndarm▪ Stimulation der Abwehrleistungen

pH im Darm

- Neben den Keimzahlen relevanter Bakteriengattungen stellt auch der pH-Wert einen wichtigen Parameter in der Beurteilung der Mikrobiozönose dar
- Bei einem gesunden, mit Brustmilch ernährten Säugling sind pH-Werte von 4,9 - 5,4 Zeichen einer physiologischen Darmbesiedlung
- Die pH-Werte erhöhen sich bei einem mit Mischkost ernährten Erwachsenen, sie sollten jedoch nicht über 6,4 liegen
- Da Bifidobakterien durch Bildung kurzkettiger Fettsäuren alkalisierende Stoffwechselprodukte neutralisieren und den pH- Wert im Dickdarm absenken, kann auch eine alleinige Verminderung der Säuerungsflora, ohne gleichzeitige Vermehrung von Fäulnisbakterien, zu einem pH-Wert-Anstieg führen

Folgen einer gestörten Mikroflora

- Von der Norm abweichende Befunde deuten dagegen auf eine gestörte Mikroflora hin, die je nach Schwere der Fehlbesiedlung nicht mehr oder nur noch begrenzt im Stande ist, ihre physiologischen Aufgaben zu erfüllen
- Es resultiert eine **Störung der mikrobiellen Barriere**. Pathogene Bakterien, Viren, Pilze oder Parasiten finden leichter einen Zugang zu Schleimhautrezeptoren, sie können sich schneller vermehren und so unter Umständen endogene Infektionen auslösen
- Ein ausgeprägtes Defizit der anaeroben Florabestandteile kann darüber hinaus zu einer **unzureichenden Nährstoffversorgung** der Dickdarmepithelien führen und durch einen Mangel an kurzkettigen Fettsäuren die Entstehung einer Obstipation begünstigen

Folgen einer gestörten Mikroflora

- Zu den **häufigsten Floraverschiebungen** gehört eine Vermehrung von gramnegativen, aeroben Stäbchen (Escherichia coli, Klebsiellen, Citrobacter usw.), begleitet von einer Verminderung der Bifidusflora und ggf. einer Zunahme von Pilzen oder Clostridien
- Durch das Überwiegen eiweiss- und fettverwertender Keime (Enterobacteriaceen, Clostridien) fallen vermehrt alkalisierende Stoffwechselprodukte an (Ammoniak, Indol, Skatol, Schwefelwasserstoff usw.), die längerfristig zu einer Schädigung der Darmschleimhaut führen können und den pH-Wert im Dickdarm ansteigen lassen
- Die im Darm anfallenden Stoffwechselprodukte werden von der Leber entgiftet, wodurch die Organfunktion erheblich belastet werden kann (intestinale Autointoxikation)

Folgen einer gestörten Mikroflora

- Eine Dominanz von **Fäulniskeimen (Fäulnisdyspepsie)** oder Keimen der **Säuerungsflora (Gärungsdyspepsie)** führt nicht selten sekundär zu einer Schädigung der Darmschleimhaut
- Über eine daraus resultierende erhöhte Schleimhautpermeabilität mit einem **Anstieg der Antigentranslokation**, kommt es zu einer chronischen Überlastung der nachgeschalteten systemischen Körperabwehr
- Zusätzlich auftretende Infekte können nur noch unzureichend verarbeitet werden
- Der Patient ist gekennzeichnet durch eine **wachsende Infektanfälligkeit**

Folgen einer gestörten Mikroflora

Escherichia Coli

- E. Coli ist ein Bewohner des menschlichen und tierischen Darmtraktes und fakultativ pathogen
- Sein Anteil beträgt etwa 1 % der Darmflora
- Ausserhalb des Darmtraktes gilt E. Coli als Indikatorbakterium für eine fäkale Verunreinigung von Wasser und Lebensmitteln
- E. Coli verursacht extraintestinale und intestinale Infektionen

Folgen einer gestörten Mikroflora

Die darmpathogenen Escherichia Coli

1. **Enteropathogene:** Vor allem bei Säuglingen schwere Durchfallerkrankungen und in Entwicklungsländern beträchtliche Säuglingssterblichkeit.
2. **Enterotoxische:** Reisediarrhoe (travellers diseases, Montezumas Rache, Tourista, Mexikanischer Twostep). Die Sterblichkeit bei Säuglingen und Kleinkindern ist hoch.
3. **Enteroinvasive:** Ruhrähnliche Infektion. Erreger dringen in das Epithel der Dickdarmschleimhaut ein, vermehren sich dort und zerstören die Dickdarmschleimhaut.
4. **Diffuse-adhering:** Diarrhoeausbrüche bei Kindern in Mexiko.
5. **Enter aggregative:** Hartnäckige Diarrhoe bei Kindern.
6. **Enterohämorrhagische:** Blutige Durchfälle

Folgen einer gestörten Mikroflora

E. coli-Biovare

- Bei E.coli-Biovaren handelt es sich um laktose-negative Stämme, die Hämolysin, Toxin bzw. Schleimkapseln (M-Formen) ausbilden können
- Stoffwechselphysiologisch verhalten sich E.coli-Biovaren wie andere E.coli-Stämme. Sie sind im Stande, sowohl Kohlenhydrate als auch Eiweiss zu verwerten. Die Stimulation der Körperabwehr ist unterschiedlich stark ausgeprägt. Bei R-Mutanten ist sie besonders stark (Verwendung als AUTOVACCINE)

Folgen einer gestörten Mikroflora

Enterobacter

- Hohe Keimzahlen von ENTEROBACTER im Stuhl gehen nicht selten mit entzündlicher Schleimhautveränderungen einher

Folgen einer gestörten Mikroflora

Bacteroides und Bifidobakterien

- Über die Bildung kurzkettiger Fettsäuren fördern BACTEROIDES und BIFIDOBACTERIEN die Energieversorgung des Dickdarmepithels und regen die Darmperistaltik an
- Eine Reduktion von Bacteroides und Bifidobakterien kann somit zu einer Minderversorgung der Schleimhautepithelien führen
- Als zahlenmässig wichtigste Vertreter der Dickdarmflora besetzen sie Schleimhautrezeptoren. Ist Ihre Keimzahl vermindert, entstehen Nischen, die die Ansiedlung und Vermehrung pathogener Bakterien, Pilze oder Parasiten im Darm begünstigen

Folgen einer gestörten Mikroflora

Laktobazillen und Enterokokken

- LAKTOBAZILLEN und ENTEROKOKKEN sind die wichtigsten Bestandteile der physiologischen Dünndarmflora
- Sind ihre Keimzahlen im Stuhl vermindert, deutet das auf eine gestörte mikrobielle Barrierefunktion Im Dünndarm hin
- Mit der Nahrung aufgenommene Erreger finden leichter einen Zugang zu Schleimhautrezeptoren, können sich schneller vermehren und unter Umständen abdominelle Beschwerden hervorrufen
- Erkrankungen, die typischerweise mit verminderten Laktobazillenzahlen einhergehen sind
Nahrungsmittelallergien, -unverträglichkeiten und Neurodermitis

Folgen einer gestörten Mikroflora

Laktobazillen

- LAKTOBAZILLEN stellen den funktionell wichtigsten Bestandteil der Dünndarmflora dar
- Eine Verminderung im Stuhl kann auf eine **gestörte mikrobielle Barrierefunktion im Dünndarm** hinweisen
- Mit der Nahrung aufgenommene invasive Erreger finden so einen erleichterten Zugang zu Schleimhautrezeptoren, können sich rasch vermehren und unter Umständen abdominelle Beschwerden hervorrufen. Vermindert nachweisbar sind Laktobazillen bei entzündlichen Irritationen der Darmschleimhaut, bei Nahrungsmittelallergien oder -unverträglichkeiten

Folgen einer gestörten Mikroflora

Enterokokken

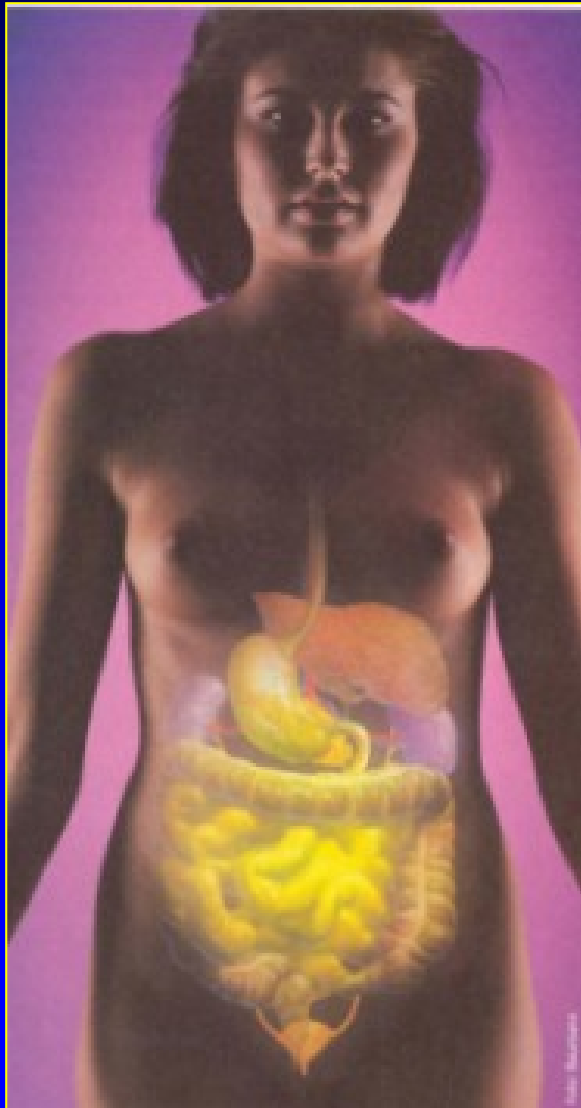
- ENTEROKOKKEN gehören zur physiologischen Dünn- und Dickdarmflora
- Verminderte Enterokokkenzahlen im Stuhl können auf eine gestörte Kolonisationsresistenz im Dünndarm hinweisen
- Mit der Nahrung aufgenommene Erreger finden so einen erleichterten Zugang zu Schleimhautrezeptoren, können sich rasch vermehren und unter Umständen abdominelle Beschwerden hervorrufen

Folgen einer gestörten Mikroflora

Klebsiellen

- KLEBSIELLEN stellen potentiel-pathogene Mikroorganismen dar
- In stark erhöhten Keimzahlen weisen sie nicht selten auf entzündliche Irritationen der Darmschleimhaut hin

Take Home Message



Wir leben nicht von dem,
was wir essen,
sondern von dem,
was wir verdauen.

Krankheit beginnt

fast immer im Mund.

$\frac{3}{4}$ aller Krankheiten sind
ernährungsbedingt!