

# Ohne korrekte Ernährung auch keine Wundheilung

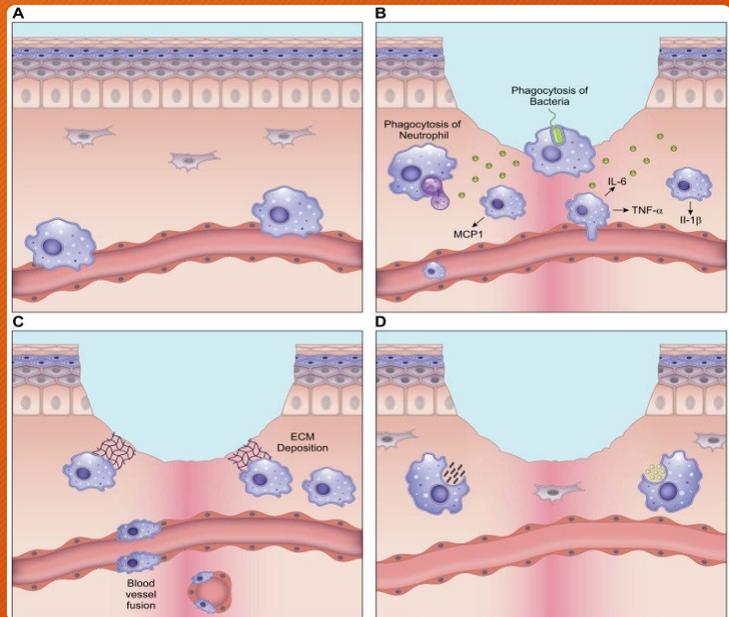
Mikrobiom und Ernährung bei Wundpatienten

Dr. Heinz Gyaky, 2025®

Physiol Rev. 1. Januar 2019; 99 (1): 665–706. PMC-ID: PMC6442927 Online veröffentlicht am 21. November 2018. doi: 10.1152/physrev.00067.2017 PMID: 30475656

## Wundheilung: Eine zelluläre Perspektive

Melanie Rodrigues , Nina Kosaric , Clark A. Bonham und Geoffrey C. Gurtner



Die Wundheilung ist ein komplizierter und sehr komplexer Vorgang im Körper. Es ist ein Zusammenspiel aus Hautzellen und Immunsystem.

# Merke



- Bei intakter Durchblutung ist die nicht heilende Wunde zuletzt immer ein Problem des Immunsystems.

# Wundheilung

- Die Wundheilung verläuft in aufeinanderfolgenden Phasen
- Jede Phase durchläuft immunologische Prozesse die aufeinander abgestimmt sind.
- Dabei ist das Aktivieren und Deaktivieren einzelner Faktoren des Immunsystems wichtig, es muß das Einschalten aber auch das Abschalten dieser Vorgänge kontrolliert erfolgen.
- Einer der Knackpunkte dabei ist das Beenden der proinflammatorischen Phase und das Aktivieren der sog. Typ2 Makrophagen. Funktioniert das nicht, bricht die Wundheilung ab und es entsteht eine chronische Wunde.

### Phase 1: Exsudations- oder Gerinnungsphase

„Provisorischer“ Wundverschluss



EXSUDATION

### Phase 2: Resorptions- oder Entzündungsphase

Das „Aufräumen“ beginnt



RESORPTION

### Phase 3: Proliferations- oder Reparaturphase

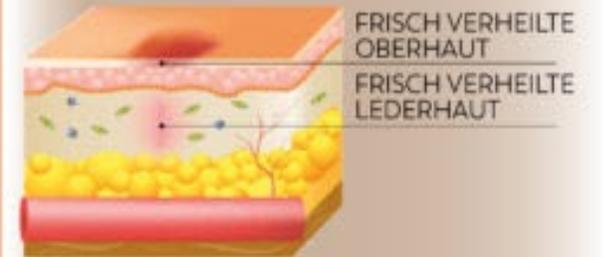
„Ersetzen“ von geschädigtem oder fehlendem Gewebe



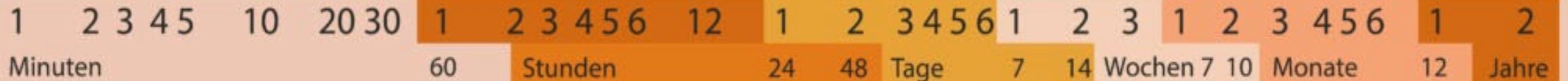
PROLIFERATION

### Phase 4: Reparations- oder Wiederaufbauphase

„Endgültiges Abdecken“ mit neuer Haut



REPARATION



[Physiol Rev.](#) 2019 Jan 1; 99(1): 665-706.

Published online 2018 Nov 21. doi: [10.1152/physrev.00067.2017](https://doi.org/10.1152/physrev.00067.2017)

PMCID: PMC6442927

PMID: [30475656](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30475656/)

## Wound Healing: A Cellular Perspective

[Melanie Rodrigues](#), [Nina Kosaric](#), [Clark A. Bonham](#), and [Geoffrey C. Gurtner](#)

[Author information](#) [Article notes](#) [Copyright and License information](#)

- Neutrophile Granulozyten übernehmen die Soforthilfe bei einer Hautverletzung, fördern das entzündliche Geschehen und helfen bei der Phagozytose.
- Makrophagen kommen anschließend und orchestrieren die Wundheilung. Sie sind immer noch proinflammatorisch ausgerichtet und erreichen ihren Höhepunkt am 2.-3. Tag.
- Der Proinflammatorische Makrophage muss in einen M2-Subtyp übergehen, der das inflammatorische Geschehen beendet.
- Passiert dieser Übergang nicht, bleibt eine nichtheilende Wunde bestehen.

# Makrophagenaktivierung

Review

Biomed Pharmacother . 2023 Sep;165:115276. doi: 10.1016/j.biopha.2023.115276. Epub 2023 Aug 4.

## The impact of microbiota-derived short-chain fatty acids on macrophage activities in disease: Mechanisms and therapeutic potentials

[Hongliang Duan](#)<sup>1</sup>, [LiJuan Wang](#)<sup>2</sup>, [Mingmei Huangfu](#)<sup>1</sup>, [Hanyang Li](#)<sup>3</sup>

Affiliations

- PMID: 37542852
- DOI: [10.1016/j.biopha.2023.115276](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.115276)

# Makrophagenaktivierung

Es sind also die SCFAs die den Makrophagensubtyp 2 aktivieren  
SCFA sind Butyrat, Acetat und Propionat

Sie werden im Dünndarm durch Fermentation erzeugt

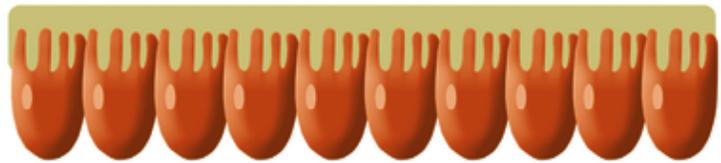
Das Substrat dafür sind lösliche Ballaststoffe wie z.B. resistente Stärke, Inulin, Pektin, Haferfaser,...

Dazu brauchen sie einen sog. Butyratbildner, z.B. das **Fäcalibacterium prausnitzii**



Ballaststoffe

Mikrobiom



Darmepithel mit Mucinschicht

**LOKALE WIRKUNG**

**Acetat  
Propionat  
Butyrat**

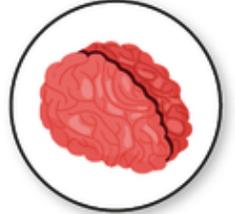
Immunsystem

Glukosehaushalt

Lipidstoffwechsel

Zentrales  
Nervensystem

**SYSTEMISCHE WIRKUNG**



# Störung der SCFA Fermentation durch

- Antibiotika
- Protonenpumpenhemmer
- Laxantien
- Colonoskopien
- Cortisol und Immunsuppressiva
- Diabetes und Insulinresistenz

# Störung der SCFA Fermentation durch

Review

Mol Ther . 2022 Sep 7;30(9):2891-2908.

doi: [10.1016/j.ymthe.2022.07.016](https://doi.org/10.1016/j.ymthe.2022.07.016). Epub 2022 Aug 2.

## Macrophages as a therapeutic target to promote diabetic wound healing

[Maryam Sharifiaghdam](#)<sup>1</sup>, [Elnaz Shaabani](#)<sup>1</sup>, [Reza Faridi-Majidi](#)<sup>2</sup>, [Stefaan C De Smedt](#)<sup>3</sup>, [Kevin Braeckmans](#)<sup>4</sup>, [Juan C Fraire](#)<sup>5</sup>

Affiliations

- PMID: [35918892](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35918892/)
- PMCID: [PMC9482022](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC9482022/)
- DOI: [10.1016/j.ymthe.2022.07.016](https://doi.org/10.1016/j.ymthe.2022.07.016)

# Wundheilung und Problemstellen

**Darm:** Das GALT (Gut associated lymphoid tissue) als Immunkompetenzentrum und seine Interaktion mit dem Darm- und Wundmikrobiom rückt in den Focus der Therapie. Ebenso die Fähigkeit der Darmwand, die nötigen Nährstoffe zu transportieren.

**Haut:** Die Regenerationsmöglichkeit und Immunkompetenz der Haut hängt von verschiedenen Faktoren wie Alter, Durchblutung, Trockenheit, externe Einflüssen, ... ab.

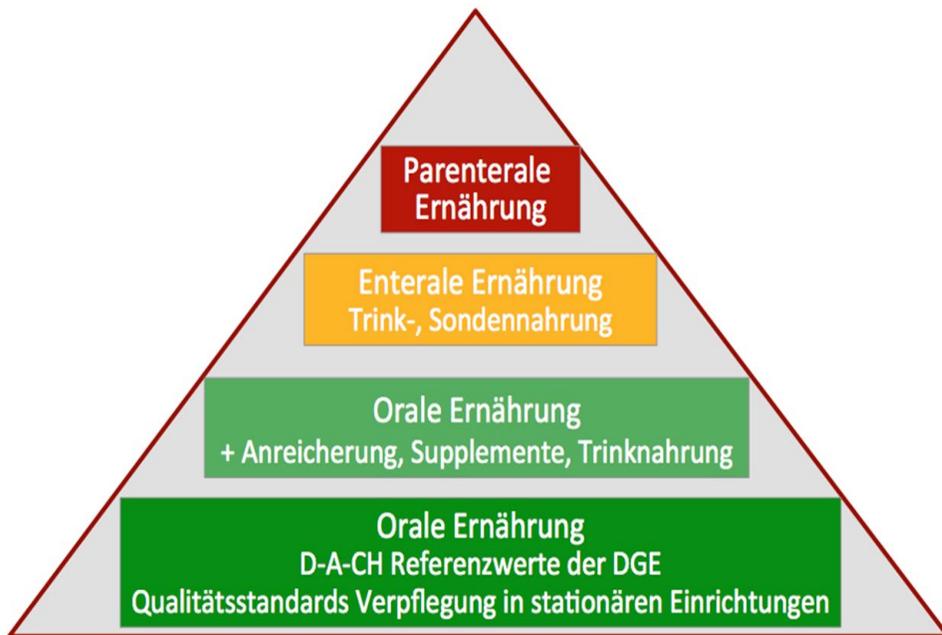
**Immunsystem:** Die Regulation und Balance des Immunsystems wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst und kann unterstützt werden.

**Ernährung:** Stichwort Eiweißverlust, Eiweißmangel, Vitaminmangel und Mangel an Spurenelementen, kann alles laut Ernährungsgesellschaften beeinflusst werden.

# Ernährung

- Wir orientieren uns nach dem Stufenplan der DGE für Mangel- und Fehlernährung bei älteren oder kranken Menschen.

## Stufenplan Ernährungstherapie bei Mangelernährung



nach Volkert D et al., Z Gerontol Geriatr 42, 2009

- Der Stufenplan sieht bei bestimmten Indikationen auch die Supplementierung von Makronährstoffen (z.B. Eiweiß) oder auch Mikronährstoffen (z.B. Zink) vor.
- Auch die Gabe von Pro- und Antibiotika, Aminosäuren, Ballaststoffen usw. ist häufig notwendig.
- Zur Dokumentation, zur Begründung gegenüber dem Patienten oder auch gegenüber von Versicherungsträgern oder Angehörigen braucht es Schemata, die einer wissenschaftlichen Überlegung standhalten.

# Hautalterung und Immunoseneszenz

- Haut wirkt ...
  - Dünnler
  - Dünner
  - Faltenbildung nimmt zu
  - Pigmentierter
  - Durchscheinender für Gefäße
  - Rauer
  - Weniger elastisch
  - Vulnerabel und leicht verletzlich
  - Weniger regenerativ
  - Hautanhangsgebilde



## Immunsystem

- Reagiert verlangsamt
- Reagiert überschießend
- Immungedächtnis nimmt ab

# Darm

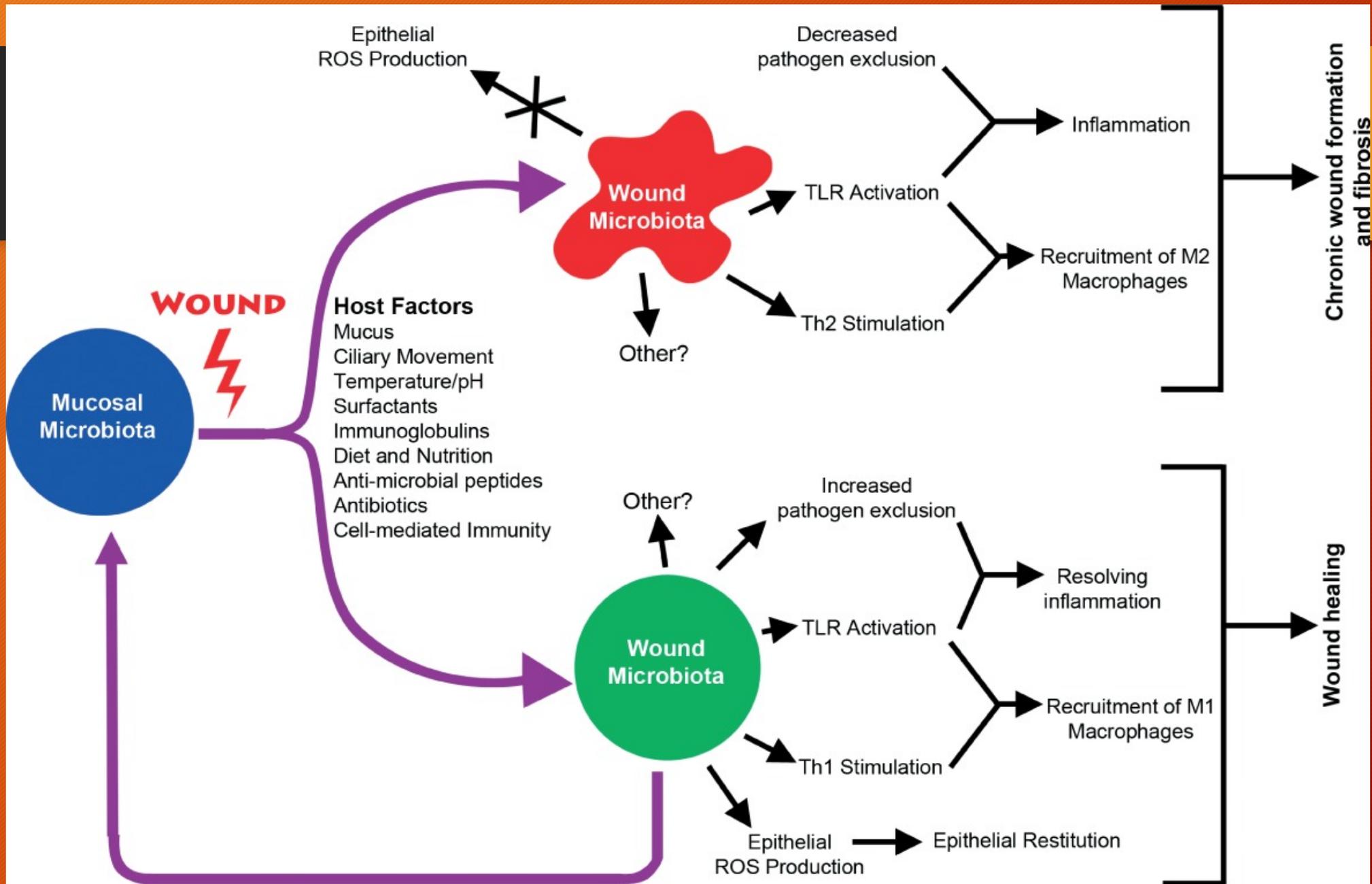
- Die Darmwand muß Nährstoffe in den Körper transportieren können. Funktioniert z.B. der Eiweißtransport nicht oder wird Eiweiß nur unzulänglich aufgespalten entstehen Fäulnisprozesse im Darm.
- Fäulnisprozesse brauchen meist eigene Fäulniskeime mit starken Gärprozessen und Gasbildung im Darm. Meist wird auch eine erhebliche Menge Histamin freigesetzt.
- Jede Dysbiose in der Darmflora, aber auch Entzündungen oder Toxine wie Kaffee, Nikotin, Konservierungsstoffe oder Alkohol können die Wundheilung negativ beeinflussen.

Journal of Pathology | Pathol 2013; 229: 323–33 | Published online 29 November 2012  
in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/path.4118 INVITED  
REVIEW

# The microbiome in wound repair and tissue fibrosis

Brittan S Scales<sup>1</sup> and Gary B Huffnagle<sup>1,2\*</sup> | Department of Microbiology and Immunology, University of Michigan Medical School, Ann Arbor, Michigan, USA<sup>2</sup>

Division of Pulmonary and Critical Care Medicine, Department of Internal Medicine, University of Michigan Medical School, Ann Arbor, Michigan, USA\*Correspondence to: Gary B Huffnagle, PhD, Division of Pulmonary and Critical Care Medicine, 6301 MSRB III – Bo



# Wundentstehung

## Host Factors

Mucus

Ciliary Movement

Temperature/pH

Surfactants

Immunoglobulins

Diet and Nutrition

Anti-microbial peptides

Antibiotics

Cell-mediated Immunity

[Anaesthesiologie](#). 2023; 72(4): 229–244.

Published online 2023 Feb 16. German. doi: [10.1007/s00101-023-01258-4](https://doi.org/10.1007/s00101-023-01258-4)

PMCID: PMC9934515

PMID: [36797533](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36797533/)

Language: German | [English](#)

## Immunmodulation durch Ernährung bei kritisch kranken Patienten

[Simon Hirschberger](#),<sup>1,2</sup> [Annika Schmid](#),<sup>1,2</sup> and [Simone Kreth](#)<sup>✉1,2</sup>

▶ [Author information](#) ▶ [Article notes](#) ▶ [Copyright and License information](#) [PMC Disclaimer](#)

### Abstract

[Go to:](#) ▶

Kritisch kranke Patienten leiden häufig unter einer komplexen und schwerwiegenden immunologischen Dysfunktion. Die Differenzierung und Funktion von Immunzellen werden maßgeblich durch metabolische Prozesse gesteuert. Neue immunonutritive Konzepte versuchen daher, die Immunfunktionen intensivmedizinischer Patienten über enterale und parenterale Ernährung positiv zu beeinflussen. Die vorliegende Übersichtsarbeit präsentiert kondensiert die verfügbare Evidenz zu den gängigen isolierten Supplementen (antioxidative Substanzen, Aminosäuren, essenzielle Fettsäuren) und die damit verbundenen

**Kritisch kranker Patient**  
(Sepsis, Verbrennungen, Organdysfunktion, Trauma)

Immunologische Dysregulation

Metabolische Dysregulation

Hyperinflammation Protrahierte Immunsuppression

OXPHOS ↓

FAO ↓

Respiratorische Reserve ↓

**Immunmetabolische Paralyse**

**Malnutrition**

- Über- und Unterernährung

**Immunonutrition**

- Ernährungssupplementation
- Ganzheitliche Ernährungsintervention

**Immunmodulation**

- Immunmetabolismus
- Differenzierung und Funktion von Immunzellen
- Intestinales Mikrobiom
- Metabolom

**Outcome-Verbesserung**

(erworbene Infektion, Wundheilung, Aufenthaltslänge auf ITS, Hyperinflammation, Immunfunktion)

Mortalität ?

Anaesthesiologie 2023 · 72:229–244  
<https://doi.org/10.1007/s00101-023-01258-4>  
Angenommen: 11. Januar 2023  
Online publiziert: 16. Februar 2023  
© Der/die Autor(en) 2023



## Immunmodulation durch Ernährung bei kritisch kranken Patienten

Simon Hirschberger<sup>1,2</sup> · Annika Schmid<sup>1,2</sup> · Simone Kreth<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Klinik für Anaesthesiologie, LMU Klinikum München, München, Deutschland

<sup>2</sup>Walter-Brendel-Zentrum für experimentelle Medizin, Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU), München, Deutschland

# Immunonutrition

- Aminosäuren: Glutamin und Arginin
- Fettsäuren: Omega 3 und Omega 6
- Vitamine: C, E, A
- Spurenelemente: Selen, Zink
- Ballaststoffe: SCFAs
- Probiotika



## Immunmodulation durch Ernährung bei kritisch kranken Patienten

Simon Hirschberger<sup>1,2</sup> · Annika Schmid<sup>1,2</sup> · Simone Kreth<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Klinik für Anaesthesiologie, LMU Klinikum München, München, Deutschland

<sup>2</sup> Walter-Brendel-Zentrum für experimentelle Medizin, Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU), München, Deutschland

# Aminosäuren

- **Glutamin:** Eine geringe Serum-Glutamin-Konzentration bei Aufnahme auf die Intensivstation ist mit dem Schweregrad der Erkrankung assoziiert, und ein Glutaminmangel gilt als unabhängiger Risikofaktor, der mit einem schlechteren Outcome der Patienten korreliert.
- **Arginin:** Wichtige Rolle bei der T-Zell Aktivierung, auch beim Aufbau neuer Blutgefäße. Die Rolle von Arginin in der Immunonutrition ist aber noch nicht endgültig geklärt



## Immunmodulation durch Ernährung bei kritisch kranken Patienten

Simon Hirschberger<sup>1,2</sup> · Annika Schmid<sup>1,2</sup> · Simone Kreth<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Klinik für Anaesthesiologie, LMU Klinikum München, München, Deutschland

<sup>2</sup> Walter-Brendel-Zentrum für experimentelle Medizin, Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU), München, Deutschland

# Fettsäuren

- Omega 3 und 6 sind wichtige Partner in der Dämpfung einer entzündlichen Stoffwechselsituation. Sie üben insgesamt eine Dämpfende Wirkung auf das Immunsystem aus, ähnlich wie Cortison.
- Bei überschüssigen Entzündungsreaktionen ist die Gabe durchaus angebracht.
- Bei einer Immunsuppressiven Stoffwechselsituation dämpfen die Fettsäuren noch mehr, sind daher im Verband mit Formulas weniger sinnvoll.

# Vitamine

## Leitthema

Anaesthesiologie 2023 · 72:229–244  
<https://doi.org/10.1007/s00101-023-01258-4>  
Angenommen: 11. Januar 2023  
Online publiziert: 16. Februar 2023  
© Der/die Autor(en) 2023



## Immunmodulation durch Ernährung bei kritisch kranken Patienten

Simon Hirschberger<sup>1,2</sup> · Annika Schmid<sup>1,2</sup> · Simone Kreth<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Klinik für Anaesthesiologie, LMU Klinikum München, München, Deutschland

<sup>2</sup>Walter-Brendel-Zentrum für experimentelle Medizin, Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU), München, Deutschland

- Die Gabe von Vitaminen als Immunmodulator ist aufgrund der unterschiedlichen Studienlage umstritten.
- Die Frage ist immer: Muß (!) ich es geben oder Kann(!) ich es geben. Die aktuellen Evidenzen sprechen ganz klar für ein KANN.



## Immunmodulation durch Ernährung bei kritisch kranken Patienten

Simon Hirschberger<sup>1,2</sup> · Annika Schmid<sup>1,2</sup> · Simone Kreth<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Klinik für Anaesthesiologie, LMU Klinikum München, München, Deutschland

<sup>2</sup> Walter-Brendel-Zentrum für experimentelle Medizin, Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU), München, Deutschland

# Spurenelemente

- Selen und Zink
- Bei Zink ist ein ganz klarer Benefit für das Immunsystem der Haut nachweisbar.
- Bei Selen ist die Studienlage unbefriedigend, bei einem nachgewiesenen Mangel muss substituiert werden, sonst ist es eine weitere KANN-Lösung.



## Immunmodulation durch Ernährung bei kritisch kranken Patienten

Simon Hirschberger<sup>1,2</sup> · Annika Schmid<sup>1,2</sup> · Simone Kreth<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Klinik für Anaesthesiologie, LMU Klinikum München, München, Deutschland

<sup>2</sup>Walter-Brendel-Zentrum für experimentelle Medizin, Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU), München, Deutschland

# Ballaststoffe

- Veränderungen in der Zusammensetzung der Makronährstoffe wirken sich bereits innerhalb von 24 h in gravierender Form aus [213]. Auch bei intensivmedizinischen Patienten kann z. B. die Zusammensetzung der intestinalen Flora durch die Gabe von Ballaststoffen beeinflusst werden [126]. Dadurch entwickelt sich das Darmmikrobiom zu einer wichtigen und spannenden Stellschraube in der Immunonutrition (Abb. 2).
- Die SCFA stimulieren oxidative Stoffwechselwege in Makrophagen und polarisieren diese in Richtung des antiinflammatorischen M2-Phänotyps.



## Immunmodulation durch Ernährung bei kritisch kranken Patienten

Simon Hirschberger<sup>1,2</sup> · Annika Schmid<sup>1,2</sup> · Simone Kreth<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Klinik für Anaesthesiologie, LMU Klinikum München, München, Deutschland

<sup>2</sup> Walter-Brendel-Zentrum für experimentelle Medizin, Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU), München, Deutschland

# Probiotika

- Die in zahlreichen Metaanalysen zusammengefasste Evidenz hinsichtlich des Einsatzes von Probiotika zeigt eine Reduktion einer Reduktion von negativen Einflüssen wie z.B. sekundäre Wundinfektionen und einen positiven Einfluß auf den Heilungsverlauf.
- Entsprechend könnte die Stärkung des intestinalen Mikrobioms einen wichtigen Ansatzpunkt für zukünftige innovative Immunonutrition darstellen.

# Mikrobiom und Wundheilung

- Ich brauche ein intaktes Darmmikrobiom für...
  - Die Herstellung eines heilungsfördernden Wundmikrobioms
  - Die Verdauung und Aufnahme aller Nährstoffe inklusive hochwertiger Eiweißverbindungen und Aminosäuren
  - Die Bildung von kurzkettigen Fettsäuren zur Aktivierung von antientzündlichen Makrophagen
  - Die Förderung und Kontrolle der Immunkompetenz meines Immunsystems

# Mikrobiom und Wundheilung

- Wir können die Diversität und Immunkompetenz des Mikrobioms fördern durch
  - Die Gabe von multistrain Probiotika
  - Die Gabe von Ballaststoffen
  - Das Erlernen einer darmgesunden Ernährung
  - Die Gabe von Vitaminen, Aminosäuren, Omega 3, sekundären Pflanzenwirkstoffen aus Curcuma, Weihrauch, Papaya u.v.m,
  - Das Weglassen von Darmgiften wie Alkohol, Konservierungsstoffe, Kaffee, Zucker, Antibiotika, Stress u.v.m.

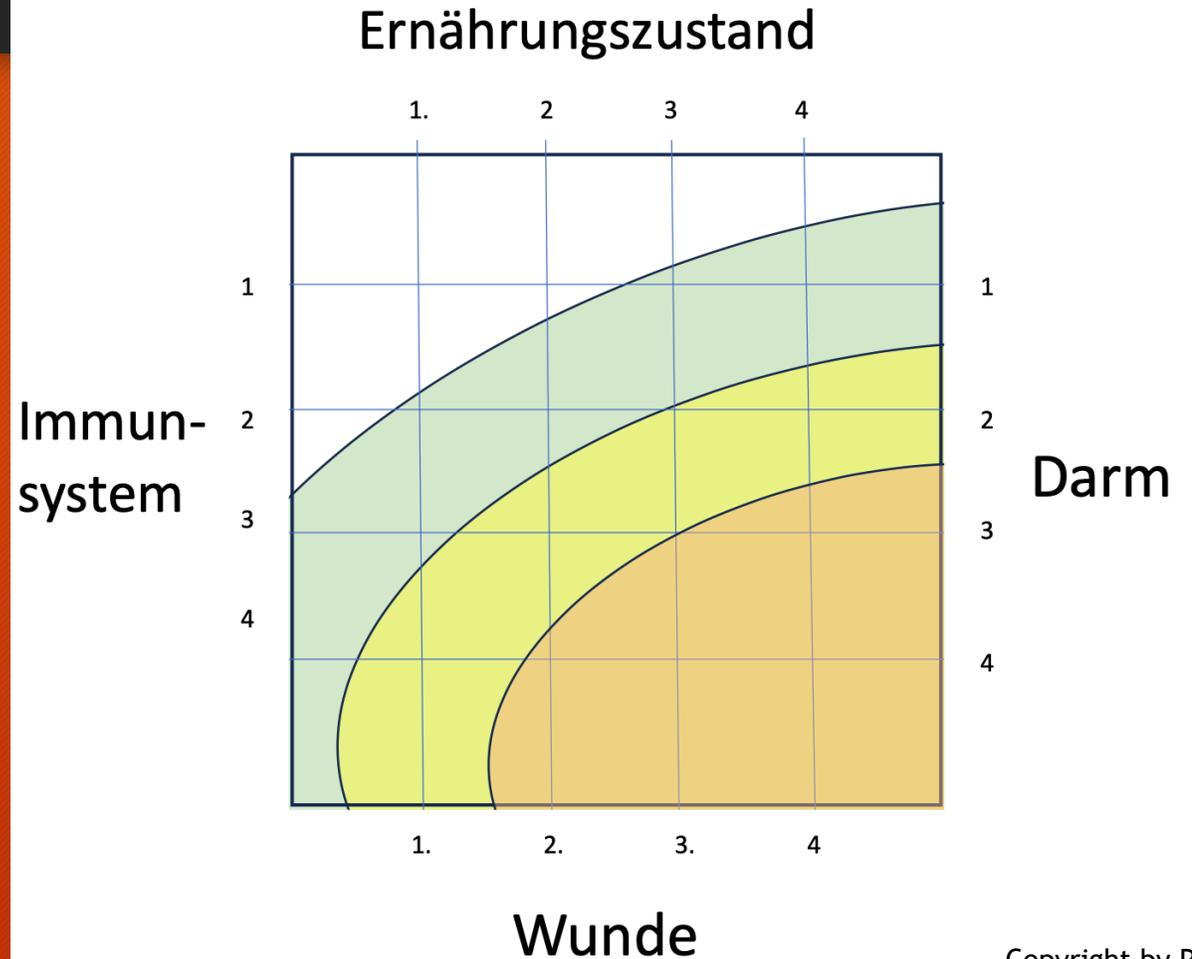
# Immunonutrition bei Wundheilungsstörungen

Weiß: keine Intervention

Grün: Eiweiß und Ballaststoffe

Gelb: Eiweiß, Ballaststoffe und optional Probiotika

Rot: Eiweiß, Ballaststoffe und Probiotika



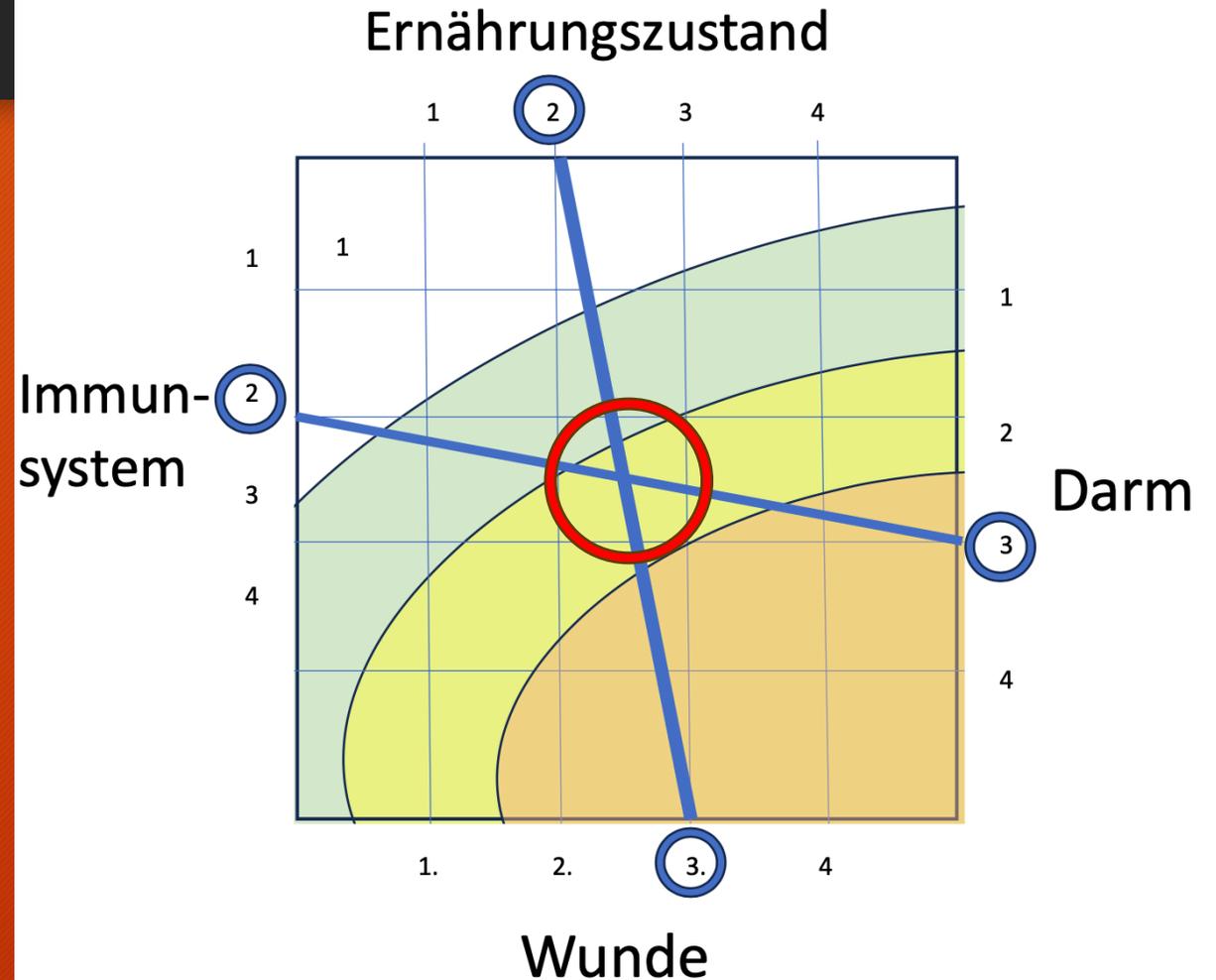
# Immunonutrition Schemata

**Weiß:** keine Intervention

**Grün:** Eiweiß und lösl. Ballaststoffe

**Gelb:** Eiweiß, lösl. Ballaststoffe und optional Probiotika

**Rot:** Eiweiß, lösl. Ballaststoffe und Probiotika



# Danke

„Ein gesundes Darmmikrobiom ist der Schlüssel zu einem starken Körper - wenn du es schützt, dann schützt es dich.“

*Heinz Gyaky*

- Mail: [heinz@gyaky.at](mailto:heinz@gyaky.at)