

Weiterbildung Wundmanagement

# Thesenpapier

---

## **Mikrobiom**

Durch äußere Einflüsse nicht veränderbar?

Schule für Gesundheits- und Krankenpflege  
des Ausbildungszentrums West

Innsbruck

Betreuer:

Oliver Kapferer, BScN

Vorgelegt von

Michael Weinzierl

Innsbruck, Mai 2022

# Vorwort

Im Zuge meiner Weiterbildung zum Wundmanager in der Gesundheits- und Krankenpflege an der Fachhochschule für Gesundheit sowie dem AZW - Ausbildungszentrum West, Innsbruck habe ich mich entschlossen, meine Facharbeit dem Thema "Mikrobiom" zu widmen.

In der modernen Welt in der wir leben rückt das Mikrobiom und insbesondere das Darmmikrobiom immer mehr in den Mittelpunkt der Forschung. Da ich mich sehr für die Ernährung und deren Vor- und Nachteile für den menschlichen Körper interessiere, veranlasste mich dies, mich genauer mit dem Darmmikrobiom beschäftigen zu wollen. Somit stand der Entschluss für mich fest, meine Facharbeit diesem Thema zu widmen und mich so tiefer mit der Materie zu beschäftigen, um für mich selbst mehr Wissen zu erlangen.

Welchen Einfluss hat die Ernährung wirklich auf das Darmmikrobiom? Und welche Wechselwirkung entsteht zwischen Darmmikrobiom und der Darm-Hirn-Achse? Diese Facharbeit beschäftigt sich mit diesen interessanten Fragen und wird auch zeigen, welche Einflussfaktoren es auf verschiedene Krankheiten gibt und was dieses Wissen letztendlich für Wundmanager bringt?

Bedanken möchte ich mich bei meiner Freundin, meiner Familie, sowie meinen Freunden, die mich während der Erstellung meiner Facharbeit seelisch unterstützt haben. Sie haben mir mit ermutigenden Worten zur Seite gestanden.

Ein besonderer Dank geht auch an meinen Hauptbetreuer Herrn Oliver Kapferer, der mir stets bei der Erstellung meiner Arbeit hilfreich zur Seite stand.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
1.1	Problemdarstellung .....	1
1.2	These.....	1
1.3	Ziel .....	1
1.4	Literaturrecherche .....	2
2	Was ist ein Mikrobiom? .....	3
2.1	Entwicklung des (Darm-)Mikrobioms und dessen Veränderbarkeit unter Einfluss äußerer Faktoren .....	3
2.2	Aufgabe des Darmmikrobioms.....	5
2.3	Was ist ein (un-)gesundes Mikrobiom? .....	6
3	Auswirkungen des Darmmikrobioms auf Krankheiten .....	8
3.1	Darm-Gehirn-Achse .....	8
3.2	Einfluss des Mikrobioms auf Adipositas .....	10
3.3	Der Einfluss des Mikrobioms auf Diabetes mellitus Typ 2.....	12
3.4	Diabetisches Fußsyndrom .....	13
4	Stuhltransplantation .....	14
4.1	Anwendung Stuhltransplantation.....	15
4.2	Indikationen Stuhltransplantation.....	15
4.3	Risiken und Nebenwirkungen Stuhltransplantation .....	16
4.3.1	Gewichtszunahme nach Stuhltransplantation .....	18
4.3.2	Macht fremder Stuhl schlank? .....	18
5	Stuhltransplantation: Eine zukünftige Therapieoption bei Adipositas, Diabetes und diabetesbedingten Komplikationen? .....	20
6	Hype und kritische Stimmen.....	22
7	Diskussion/Resümee .....	24
8	Literaturverzeichnis.....	26
9	Abbildungsverzeichnis.....	31

# **1 Einleitung**

Laut WHO (2022, S. 1) ist Adipositas derzeit eines der relevantesten Themen im Gesundheitssektor. Laut Statistik Austria (2020, S. 54) waren im Jahr 2019 50,8 % der Österreicherinnen und Österreicher übergewichtig oder adipös und hatten damit einen BMI von über 25. Je nach Ausmaß des Übergewichts kann das Risiko für Diabetes mellitus Typ 2, sowie weitere Folgeerkrankungen stark steigen (Menche et al., 2019, S. 701). Die aktuelle Forschung rund um das Thema Darmmikrobiom zeigt relevante Zusammenhänge zwischen Adipositas, dessen Folgeerkrankungen und dem Darmmikrobiom (Med Uni Graz, 19. April 2022).

## **1.1 Problemdarstellung**

Laut ÖDG (16. April 2022) ist das diabetische Fußsyndrom der Auslöser für jährlich etwa 3.000 Amputationen in Österreich. Neueste Forschungsergebnisse auf dem Gebiet des Darmmikrobioms könnten neue experimentelle therapeutische Strategien zur Verringerung der Zahl der PatientInnen mit Diabetes mellitus aufzeigen. (Medizinische Universität Innsbruck 17.4.2022).

## **1.2 These**

Die Arbeit wendet sich der These zu, dass das Mikrobiom durch äußere Einflüsse nicht verändert werden kann.

## **1.3 Ziel**

Ziel dieser Literaturübersicht ist es, ein besseres Verständnis des Darmmikrobioms und dessen Einfluss auf Krankheiten wie Adipositas und Folgeerkrankungen wie Diabetes mellitus Typ 2 zu gewinnen. Darüber hinaus befasst sich die Arbeit mit einer experimentellen Behandlungsstrategie – der Stuhltransplantation –, die adipösen Menschen helfen könnte, ihr Gewicht zu reduzieren, was wiederum diabetische Wunden verringern und letztlich mögliche Amputationen verhindern könnte. Die Ergebnisse dieses Forschungsbereichs könnten für PatientInnen mit Diabetes mellitus Typ 2 von entscheidender Bedeutung werden, da die Anzahl von Amputationen und daraus entstehenden Folgekomplikationen gesenkt werden könnte, was zu einer Verringerung der Anzahl dieser PatientInnen für den Wundmanager bedeuten würde.

## 1.4 Literaturrecherche

Die Literaturrecherche hat das Ziel, verschiedene Veröffentlichungen zu finden, die das Thema Mikrobiom des Darms behandeln. Die elektronische Literaturrecherche wird in den Datenbanken CINAHL, Medline, Cochrane library und Academic Search Premier durchgeführt. Die Suche wird erweitert durch Fachbücher der Bibliothek an der UMIT Hall in Tirol und des AZW Innsbruck. Als Suchbegriffe wird 'Mikrobiom', 'Umwelteinflüsse' und 'Adipositas' in unterschiedlicher Kombination verwendet. Eingeschränkt wird die Suche durch den Zeitraum von 2013 – 2022. Einzelne Studien können in mehreren Datenbanken gefunden werden. Beim Screening der Literatur erkennt der Autor dieser Arbeit, dass zur weiteren Klärung der Thematik weitere Forschungsfragen und eine erneute Literaturrecherche notwendig sind um das Thema zu vertiefen. Als Suchbegriffe werden 'Stuhltransplantation' und 'diabetisches Fußsyndrom', verwendet. Die Suche wird erneut in den gleichen Datenbanken durchgeführt und erweitert.

## 2 Was ist ein Mikrobiom?

Der Begriff Mikrobiom bezeichnet die Gesamtheit aller Mikroorganismen, die den Menschen oder andere Lebewesen besiedeln; bei einem Menschen können dies bis zu 100 Billionen Mikroorganismen sein (Medizin am Hauptbahnhof, 12. April 2022). Es ist in verschiedenen Teilen des Körpers zu finden, z. B. in der Nase, im Mund, in der Speiseröhre, im Magen, im Dünndarm, im Dickdarm und in der Haut. Mikrobiota im speziellen beschreibt die Gesamtheit aller in einem bestimmten Bereich, wie etwa der Lunge oder Darm, vorkommenden Mikroorganismen. Die höchste Bakteriendichte befindet sich in unserem Darm (Steinmann, 12. April 2022). In einem Milliliter Darminhalt befinden sich etwa eine Billion Bakterien. Nur ein Bruchteil der Mikroorganismen ist bisher identifiziert worden. Darüber hinaus gibt es Unterschiede in der prozentualen Verteilung der verschiedenen Bakterien zu verschiedenen Tageszeiten (Stocker, 12. April 2022). Mikroorganismen sind beispielsweise Bakterien, Archaeen, Pilze, Algen oder Viren. Laut Pompl (12. April 2022) leben mehr als 1.000 verschiedene Organismen auf oder in uns. Ohne diese Mikroorganismen in unserem Verdauungstrakt wären wir nicht lebensfähig. Eine ihrer wichtigsten Aufgaben ist es, Krankheitserreger einzudämmen, damit sie sich nicht ungehindert im menschlichen Körper ausbreiten können. All diese Organismen in den verschiedenen Körperregionen bilden einen einzigartigen Kosmos, der so individuell und einzigartig ist wie ein Fingerabdruck. (Medizin am Hauptbahnhof, 12. April 2022).

Das Mikrobiom ist von grundlegender Bedeutung für unsere Gesundheit. Es kann nicht nur darüber entscheiden, ob wir an Adipositas und deren Begleiterkrankungen wie Diabetes erkranken, sondern auch darüber wieviel wir von einem Medikament benötigen. Es bildet eine Vielzahl an Botenstoffen und entscheidet darüber wieviel unser Gehirn davon erhält. Kommt es zu einem Ungleichgewicht können wir schneller und leichter erkranken. Neueste Studien bezeichnen das Mikrobiom auch als ein neu entdecktes und vernachlässigtes Organ. Einige WissenschaftlerInnen sprechen dem "Super-Organ" einen übergeordneten und wichtigen Bestandteil des menschlichen Lebens zu (Pompl, 12. April 2022). Die Forschung über das Mikrobiom hat sich in den letzten Jahrzehnten rasant (weiter-)entwickelt, und auch das öffentliche Interesse hat erheblich zugenommen.

### 2.1 Entwicklung des (Darm-)Mikrobioms und dessen Veränderbarkeit unter Einfluss äußerer Faktoren

Die Entwicklung des Mikrobioms beginnt bereits bei der Geburt. Hier kommt das Neugeborene mit der Vaginalschleimhaut der Mutter und den darin enthaltenen Bakterien in Kontakt

(Pompl April 12, 2022). Wenn Neugeborene per Kaiserschnitt entbunden werden, findet diese Kontamination nicht statt. Diese Kinder können im späteren Leben ein erhöhtes Risiko für verschiedene Krankheiten wie Allergien, Asthma, Autoimmunerkrankungen, Leukämie, Fettleibigkeit, Diabetes und andere Krankheiten aufweisen. Einige Entbindungskliniken sind jedoch der Meinung, dass der erste körperliche Kontakt mit der Haut der Mutter nicht ausreicht. Deshalb streichen sie das Gesicht des Neugeborenen nach dem Kaiserschnitt mit einer Kompresse ein, die zuvor in den Geburtskanal eingeführt wurde, um physiologische Bedingungen zu simulieren. Die ersten drei Lebensjahre eines Kindes sind entscheidend für die Vielfalt des Mikrobioms, wobei das Stillen eine wichtige Rolle für das Darmmikrobiom spielt. Abhängig von der Darmmikrobiota der Mutter enthält die Muttermilch eine Vielzahl immunologisch wirksamer Komponenten wie Antikörper, Zytokine und Immunzellen, die eine passive Immunisierung des Säuglings ermöglichen. Neueste Erkenntnisse deuten darauf hin, dass die Muttermilch nicht, wie bisher angenommen, steril ist, sondern über bestimmte Immunzellen mit mütterlichen Darmbakterien angereichert wird und das Kind somit beim Stillen eine Vielzahl von Mikroorganismen erhält. Das Mikrobiom des Kindes, das eine möglichst große Diversität erhalten soll, wird durch das Mikrobiom der Mutter, ihrer Ernährung und auch seiner Ernährung, dem Geburtsmodus und dem Stillen beeinflusst (Hardtmuth, 2021, S. 55 - 56).

Im Erwachsenenalter sind es verschiedene Umwelteinflüsse, die uns prägen. Laut Chutkan (2020, S. 36 - 53) beschreibt eine sogenannte *Hygiene-Hypothese*, wie unser Immunsystem mit Schmutz und Keimen umgeht und sich dadurch positiv entwickelt. Dazu beschreibt Pompl (12. April 2022), dass ein Kind, das beispielsweise auf einem Bauernhof mit verschiedenen Tieren und Gräsern aufwächst, eine vielfältigere mikrobielle Belastung erfährt und damit ein geringeres Risiko hat, an Allergien zu erkranken oder Autoimmunstörungen zu bekommen, als ein Kind, das in einem extrem sauberen und nahezu sterilen Zuhause wie einer Wohnung aufwächst. Durch den frühen Kontakt mit Keimen erfährt das Immunsystem eine Art Grundausbildung. In einem Experteninterview mit Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. André Gessner, Direktor des Instituts für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene an der Universität Regensburg, sagte er: "Früher haben ja unsere Omas immer gesagt, man soll ruhig mal Dreck essen. Die moderne Mikrobiom-Forschung würde da noch hinzufügen: Es muss aber der richtige sein" (Pompl, 12. April 2022).

Das Mikrobiom wird auch durch eine Vielzahl von Merkmalen beeinflusst, wie z. B. Geschlecht, Alter, geografischer Standort, Klima, Kultur und Lebensstil (Ernährung). Die Ver-

änderbarkeit des Mikrobioms erstreckt sich über die gesamte Lebensspanne eines Menschen, der gewählte Lebensstil kann zu einer Veränderung führen. Sei es durch persönlich angewandte Hygienekonzepte oder eine Veränderung aufgrund einer psychiatrischen Komponente, z.B. chronischem Stress, Depression, einer Angst- oder Zwangsstörung. Wobei zu erwähnen ist, dass die Zufuhr von Antibiotika, entweder durch uns selbst oder auch durch eine unbewusste Zufuhr über unsere Ernährung wie durch Fleisch aus Massentierhaltung, das Darmmikrobiom ebenfalls verändern kann. Durch eine Einnahme von Antibiotika etwa kann die gut aufgebaute Diversität des Darmmikrobioms zerstört bzw. ins Ungleichgewicht gebracht werden (Chutkan, 2020, S. 61). Auch die Politik kann einen erheblichen Einfluss haben. Durch die Corona-Krise und die erzwungenen Maßnahmen, wie z.B. massiv durchgesetzte Hygienemaßnahmen zum Schutz vor dem Virus, kam es aber auch zu einem fortschreitenden Verlust der mikrobiellen Vielfalt (Hardtmuth, 2021, S. 56). Aber auch die Herkunft eines Menschen und die selbsterwählte Ernährungsweise beeinflussen das Mikrobiom. So haben beispielsweise Menschen aus Mexiko ein anderes Mikrobiom und eine andere Diversität als Menschen aus skandinavischen Ländern. Ebenso kommt es zu einer Anpassung des Mikrobioms, wenn eine Person in ein anderes Land emigriert, wo andere ökologische, soziokulturelle und auch ökonomische Umweltfaktoren herrschen (Pompl, 12. April 2022).

## **2.2 Aufgabe des Darmmikrobioms**

Um die Aufgaben des Mikrobioms überhaupt zu verstehen, muss laut Stocker (12. April 2022) vordergründig anerkannt werden, dass es nicht das eine Mikrobiom in seiner Gesamtheit gibt, hierzu schreibt er: " Statt vom menschlichen Mikrobiom zu sprechen, müsste man eigentlich vom Mikrobiom des nicht dominanten Vorderarms einer weissen Frau mit faserreicher Ernährung im Alter zwischen 45 und 55 Jahren um die Mittagszeit sprechen."

Das Institut für Mikroökologie (13. April 2022) beschreibt in der folgenden Liste die wichtigsten Aufgaben die das Darmmikrobiom erfüllt:

- Entwicklung des Immunsystems
- Versorgung des menschlichen Körpers mit Nährstoffen
  - Synthese essentieller Aminosäuren
  - Vitamin-Versorgung (Thiamin, Riboflavin, Pyridoxin, B12, K)
  - Umwandlung von Ballaststoffen
  - Enzymproduktion
- Beseitigung von Abfallprodukten

- Kolonisationsresistenz
- Unterstützung der Verdauung
- Versorgung der Darmepithelschicht mit Energie
- Anregung der Darmmotilität
- Aktivierung und Deaktivierung von Pharmaka

Das Darmmikrobiom nimmt den größten Anteil im Menschen ein und weist die höchste Diversität mit 500 bis 1.000 verschiedenen Spezies vor (Stocker, 12. April 2022). Darüber hinaus beschreibt er drei dominante Bakterienstämme:

- grampositiven Firmicuten
- gramnegativen Bacteroides
- grampositiven Actinobacteriae

### **2.3 Was ist ein (un-)gesundes Mikrobiom?**

Obwohl die Forschung keinen Zweifel daran lässt, dass das Mikrobiom eine wichtige Rolle für unsere Gesundheit spielt, ist die Definition eines (un-)gesunden oder (un-)günstigen Mikrobioms unklar. Eine eindeutige Aussage kann nicht getroffen werden, da verschiedene Aspekte eines Individuums, wie Umweltfaktoren, genetische Merkmale oder Lebensstilentscheidungen, das Mikrobiom erheblich verändern und beeinflussen können. Außerdem können sich relativ kleine Unterschiede unverhältnismäßig stark auf den Menschen auswirken und darüber entscheiden, ob eine Person relativ gesund ist oder ein erhöhtes Krankheitspotenzial hat. Mit anderen Worten: Das gesunde Mikrobiom einer Person ist in einem anderen Kontext möglicherweise nicht gesund. Dies wird noch komplexer und undurchsichtiger, wenn bedenkt wird, dass Mikroorganismen unterschiedliche Aufgaben erfüllen und dass diese auf viele Bakterienarten verteilt sind. Infolgedessen kann ein vermeintlich "gesundes" Mikrobiom von Mensch zu Mensch unterschiedlich zusammengesetzt sein. Unterm Strich geht es also darum, dass die Gesamtheit der Mikroorganismen ihre Aufgabe erfüllen und nicht darum, wer im Einzelnen diese Aufgabe genau erfüllt. Es kommt nicht explizit auf die verschiedenen Arten an, sondern auf deren Funktionalität. Um zu verstehen, was ein gesundes Mikrobiom ist, muss im Grunde akzeptiert werden, dass es nicht das eine perfekte oder gesunde Mikrobiom gibt. Sondern dass es mit unserer individuellen Lebensweise, den ökologischen, soziokulturellen und auch ökonomischen Umweltfaktoren jedes Einzelnen und zusätzlich mit unserer individuellen genetischen Komponente harmoniert oder nicht (Bosch, 2021, S. 564). Dennoch kann das Immunsystem ein wichtiger Indikator sein, um ein vermeintlich gesundes Mikrobiom zu identifizieren. Anhand des Ökosystems

unseres Planeten kann dies verdeutlicht werden. So lässt sich eindeutig feststellen, dass die Stabilität mit der Vielfalt seiner Lebensgemeinschaften zusammenhängt. Wälder, Wiesen und Gewässer sind auf die Aufrechterhaltung einer Vielfalt angewiesen. Kommt es hier zu einem Ungleichgewicht, etwa durch Artensterben (Insektensterben), brechen ganze Funktionsketten zusammen. Die Störanfälligkeit unseres Ökosystems nimmt mit schwindender Vielfalt zu und die Kompensationsmöglichkeiten scheitern. Die mangelnde Differenzierung des Mikrobioms führt auch beim Menschen zu Problemen wie Allergien, Nahrungsmittelunverträglichkeiten, Reizdarmsyndrom und Autoimmunerkrankungen. Ein differenziertes Immunsystem und damit ein gesundes Mikrobiom erfordert eine hohe Diversität der Bakterienkulturen (Hardtmuth, 2021, S. 57) und auch umgekehrt führt ein intaktes Mikrobiom entscheidend zur Ausbildung des Immunsystems bei.

### **3 Auswirkungen des Darmmikrobioms auf Krankheiten**

Nach Bercht (16.04.2022) werden nicht nur psychische Erkrankungen mit dem Darmmikrobiom in Verbindung gebracht, sondern auch viele verschiedene somatische Erkrankungen wie Darmerkrankungen, Leber- und Gallenwegserkrankungen, Autoimmunerkrankungen, Hauterkrankungen und Gefäßerkrankungen (Stange, 2021, S. 13-14). Das Darmmikrobiom hat ebenfalls das Potenzial, das Körpergewicht zu regulieren (Schlehe, 2016, S. 27) und nimmt damit Einfluss auf Erkrankungen wie dem metabolischen Syndrom und dessen Folgeerscheinungen Adipositas, Fettstoffwechselstörungen, Diabetes mellitus Typ 2 und Hypertonie (Menche et al., 2019, S. 701). So gibt Stange (2021, S. 13-14) an, dass aufgrund der weiteren Forschung am Darmmikrobiom mögliche Verbindungen zu diversen anderen Erkrankungen offenbart werden könnten. Darüber hinaus werden neue pathologische Kreisläufe bzw. Achsen erforscht, wie die Darm-Leber-Achse (Bechmann, 2021, S. 66) oder eine Darm-Gehirn-Achse (Trinh, 2021, S. 8) aber auch eine Darm-Muskel-Achse im Alter (Ticinesi, 2018, S. 259).

#### **3.1 Darm-Gehirn-Achse**

Holzrichter (2019, S. 2-3) zeigt mögliche Zusammenhänge auf, die über die Darm-Hirn-Achse in verschiedenen Studien untersucht wurden:

- Nervus vagus
- Immunglobuline
- Limbische System
- Serotonin – Tryptophan
- Hormonsystem

Eine anatomische Verbindung zwischen dem Magen-Darm-Trakt und dem Gehirn ist seit langem bekannt und wird durch den 10. Hirnnerv dem Nervus vagus gewährleistet. Besonders deutlich wird dies bei einem chirurgischen Eingriff namens Vagotomie. Dabei handelt es sich um die Behandlung eines Magengeschwürs. Der Zusammenhang wird deutlich, da z. B. bestimmte Verbindungen zwischen Angst und dem Darmmikrobiom durch die Vagotomie unterbrochen werden können. Diese beschriebenen Kommunikationswege verläuft bidirektional (Bravo et al., 2011, S. 16050).

O'Mahony et al. (2015, S. 32) beschreibt das Hormon Serotonin als eines der wichtigsten Hormone für den Menschen, wenn es um Gedächtnis, Lernen und eine stabile Psyche geht. Es wird in großen Mengen in unserem Darm produziert. Da Serotonin jedoch die Blut-Hirn-

Schranke nicht überwinden kann, steht nur das reduzierte Serotonin, das im Gehirn produziert wird, als Regulator von Aggression, Impulsivität, Angst und Hunger zur Verfügung. Die Vorstufe Tryptophan, welches die Blut-Hirn-Schranke überwinden kann und dann als Serotonin im Gehirn wirkt, wird als essentielle Aminosäure aus der Nahrung und damit aus dem Mikrobiom gewonnen. Die menschliche Psyche hängt also auch von seinem Darmmikrobiom ab.

Möhle et al. (2016, S. 1946) beschreiben etwa eine verminderte Zellbildung im Hippocampus und eine verminderte Lernleistung bei Mäusen. Ausgelöst durch eine Behandlung mit Antibiotika, die das Darmmikrobiom inaktivierten. Durch die Gabe von Probiotika zeigte sie die Symptomatik wieder reversibel.

In einer aktuellen Studie von Tengeler et al. (2020 S.) wurde Stuhl von ADHS- PatientInnen, sowie von einer Kontrollgruppe die keine ADHS Symptomatik aufwiesen, in keimfreie Mäuse transplantiert. Bei den Mäusen, die Stuhl von ADHS- PatientInnen erhielten wurde eine verminderte strukturelle Integrität verschiedener Gehirnregionen (z. B. Capsula interna, Hippocampus) festgestellt.

Eine Studie mit Fruchtfliegen zeigte, dass ihr Mikrobiom ihre Nahrungswahl beeinflusste (Leitão-Goncalves et al., 2017, S. 1). Das Darmmikrobiom ernährt sich unterschiedlich: Einige Bakterienstämme bevorzugen z. B. Blattgemüse und Ballaststoffe, während sich andere Bakterienstämme von Zucker und Stärke ernähren. Andere Bakterien bevorzugen fett-haltige Lebensmittel wie Chips oder Fast Food. So entscheidet der Mensch täglich, welche Bakterienstämme durch seine Nahrung gedeihen und weiterwachsen. Wenn die Ernährung des Menschen hauptsächlich von Fast Food geprägt ist, übernehmen die "Fast Food-Bakterien" die Oberhand. Wenn wir uns gesund ernähren, züchten wir Bakterien heran, die eben auch gesundes Essen mögen (FETeV, 19. April 2022). Eine weitere Studie zeigt, dass das Mikrobiom über die Darm-Hirn-Achse bestimmt, welche Lebensmittel wir bevorzugen und zu uns nehmen (Alcock, 2014, S. 940).

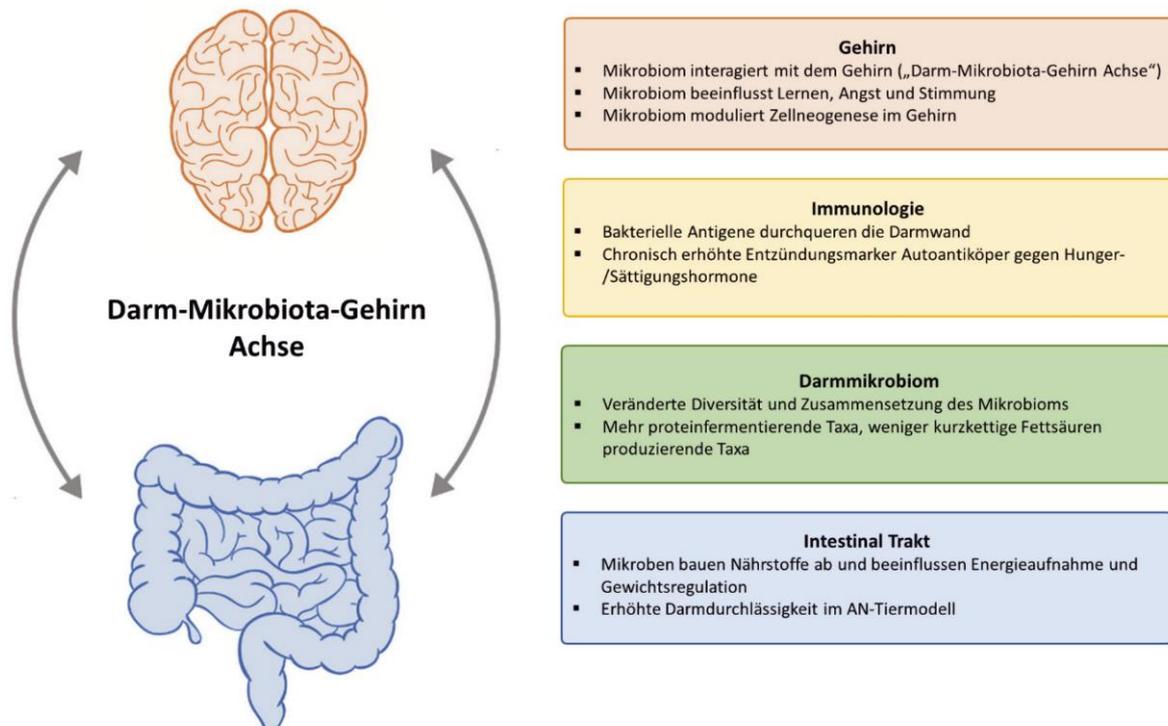


Abb. 1. Darm-Mikrobiota-Gehirn Achse (Trinh, 2021, S. 8)

### 3.2 Einfluss des Mikrobioms auf Adipositas

Frühere Forschungsstudien zum Mikrobiom konzentrierten sich hauptsächlich auf die Funktion der Bakterien im Darm. Ziel war es zu verstehen, wie beispielsweise der komplexe Prozess der Verdauung von Kohlenhydraten funktioniert und wie das Mikrobiom mit dem Immunsystem interagiert. Der große Einfluss der Mikrobiota auf unser Körpergewicht ist in den letzten Jahren unterschätzt worden. Die Mikrobiota liefert eine Biomasse von etwa 1,5 kg. Das Mikrobiom übertrifft das menschliche Genom um mindestens das 500-fache. Neueste Erkenntnisse deuten darauf hin, dass die Mikrobiota weitere wichtige Funktionen bei der Regulierung des Stoffwechsels hat; sie kann wesentlich zu Gesundheit und Krankheit eines Menschen beitragen. Der menschliche Organismus lebt also im Idealfall in einer Symbiose mit den Bakterien im Darm und die Entwicklungen der letzten Jahre haben zu einem besseren und tieferen Verständnis der Komplexität des Mikrobioms geführt. Wenn der Mensch in einer Symbiose mit der Mikrobiota lebt, fördert diese Gesundheit die Entwicklung und Ausprägung des Immunsystems und trägt zu einem gesunden Stoffwechsel bei, z. B. zur Produktion von Vitaminen und zur Verdauung von Ballaststoffen (Simon, 2021, S. 105).

Heute eröffnet die Möglichkeit, keimfreie Mäuse für Forschungszwecke zu züchten, neue experimentelle Möglichkeiten in der Mikrobiomforschung. Dies kann neue Erkenntnisse

über diese wechselseitige Symbiose und die ihr zugrundeliegenden Mechanismen liefern (Simon, 2021, S. 105).

So wurde festgestellt, dass die keimfreien Mäuse trotz energiereicher Ernährung schlank blieben und unter einer fettreicheren Ernährung tendenziell an Gewicht zunahmen, jedoch deutlich weniger als ihre nicht keimfrei aufgezogenen Geschwister. Die übergewichtigen Mäuse wiesen geringere Konzentrationen des dominanten Bakteriums *Bacteroides* und höhere Konzentrationen von Firmicutes auf als ihre mageren Geschwister. In weiteren Studien wurden diese Ergebnisse beim Menschen bestätigt. Darüber hinaus führte eine provozierte Gewichtsreduktion zu einer Erhöhung des relativen Anteils von *Bacteroides* um bis zu 20 % und einer Verringerung der Anteile von Firmicutes um etwa 10 %, ähnlich dem Verhältnis von *Bacteroides* zu Firmicutes von schlanken Menschen (Simon, 2021, S. 105).

Die Übertragung der Mikrobiota von adipöser Tieren auf keimfreie Mäuse führte zu einer größeren Gewichtszunahme als die Übertragung der Mikrobiota von schlanken Tieren auf keimfreie Mäuse. Dieses Forschungsexperiment zeigte, dass der Körperfettanteil der keimfreien Mäuse trotz reduzierter Nahrungsaufnahme innerhalb von zwei Wochen um 60 % stieg. Daraus lässt sich schließen, dass die Mikrobiota der adipösen Tiere effizienter ist, wenn es darum geht, dem Organismus Energie aus der Nahrung zuzuführen. Das Potenzial der Mikrobiomforschung an keimfreien Mäusen voranzutreiben ist groß, weist jedoch einige Einschränkungen bei Gabe einer spezifischen Mikrobiota auf. Ein Hauptkritikpunkt ist die veränderte Permeabilität und die vorangegangene Dysbiose im Darm der keimfrei gezüchteten Mäuse. Daher müssen neben dem möglichen positiven Effekt der Stuhltransplantation auch die Auswirkungen einer Dysbiose auf den Wirtsstoffwechsel berücksichtigt werden (Simon, 2021, S. 106).

Zusammenfassend deuten die Daten darauf hin, dass Adipositas nicht nur durch die Ernährung selbst, sondern auch durch das Mikrobiom beeinflusst wird. Diese Erkenntnisse eröffnen neue individuelle therapeutische Möglichkeiten. Sowohl in Tierstudien als auch in mehreren Humanstudien konnte eine Veränderung des Verhältnisses von *Bacteroides* zu Firmicutes mit Adipositas in Verbindung gebracht werden. Der Autor verweist auf eine Metaanalyse, die zeigt, dass das Ergebnis durch große interindividuelle Unterschiede und kleine Stichprobengrößen beeinflusst werden kann und noch nicht den endgültigen Durchbruch in der Forschung um die Erkrankung zeigt (Simon, 2021, S. 106).

### 3.3 Der Einfluss des Mikrobioms auf Diabetes mellitus Typ 2

Die Erkrankung Adipositas und die damit verbundene Komplikation Diabetes mellitus Typ 2, haben epidemische Ausmaße erreicht. Anhaltende hyperkalorische Nahrungsaufnahme in Kombination mit körperlicher Inaktivität sind zwei Kardinalsymptome für die Entwicklung von Adipositas und Diabetes mellitus Typ 2. Nach neuen Erkenntnissen spielt das Darmmikrobiom eine wichtige Rolle bei Stoffwechselprozessen. Zum einen ist es an der Nahrungsaufnahme beteiligt, zum anderen an der Entstehung von stillen Entzündungen, die wiederum die Krankheiten Adipositas und Diabetes mellitus Typ 2 fördern. Es wurde nach validen Vorhersagemarkern auf der Grundlage der mikrobiellen Zusammensetzung gesucht, z. B. bei adipösen Personen mit erhöhtem Risiko für die Entwicklung von Diabetes mellitus Typ 2. Durchhaus konnte eine Veränderung der Mikrobiota festgestellt werden (Simon, 2021, S. 103).

So zeigten klinische Forschungsergebnisse eine mikrobielle Dysbiose bei PatientInnen mit Diabetes mellitus Typ 2. Sie wiesen ein vermindertes Vorkommen von Firmicutes und Bacteroidetes Bakterien auf. Gleichzeitig konnte eine Zunahme von pathogenen Bakterien wie *Bacteroides caccae*, Clostridien und *Escherichia coli* im Vergleich zu gesunden Personen festgestellt werden (Vrieze et al., 2012, S. 913).

Auf dieser Grundlage wurden neuere Erkenntnisse gewonnen. So wurde beispielsweise berichtet, dass eine Zunahme der Häufigkeit von *Lactobacillus grasseri*, *Streptococcus mutans* und *Escherichia coli* die Entwicklung einer Insulinresistenz vorhersagen kann. Zumindest bei 145 skandinavischen adipösen postmenopausalen Frauen, die an dieser Studie teilnahmen. Dieses Wissen gibt noch keinen wirklichen validen Marker an, daher sind weitere Untersuchungen der Mikrobiota in klinischen Studien nötig (Karlsson et al., 2013, S. 99).

Eine weitere Auffälligkeit zwischen der Mikrobiota und Diabetes mellitus Typ 2 wurde im Bereich der medikamentösen Behandlung beobachtet. So zeigte das Medikament Metformin aus der Gruppe der Biguanide einen starken Einfluss auf die mikrobielle Zusammensetzung. Infolge einer Behandlung verbesserten sich die HbA1c-Konzentrationen und die Nüchtern glukosewerte. Diese verbesserten Stoffwechselvorgänge konnten anschließend sogar im Mikrobiom von Mäusen beobachtet werden die eine Stuhltransplantation erhielten und deren Spender mit Metformin behandelt wurde. Es stellt sich also die Frage, inwieweit Metformin anteilig auch auf eine veränderte Zusammensetzung der Mikrobiota zurückzu-

führen ist oder ob die Veränderungen in der Zusammensetzung der Mikrobiota ein sekundärer Effekt, infolge veränderter Darmmotilität, Ernährung, medikamentöser Therapie oder bakterieller Überwucherung des Dünndarms sind. Dieses Vorgehen wird häufig bei PatientInnen mit Diabetes mellitus Typ 2 beobachtet und gilt es in Zukunft zu klären (Wu et al., 2017, S. 7-8).

### **3.4 Diabetisches Fußsyndrom**

Die Definition des diabetischen Fußsyndroms ist: „Infektion, Geschwürbildung und/oder Schädigung bzw. Zerstörung tiefen Gewebes, die mit neurologischen Auffälligkeiten und verschiedenen Graden einer peripheren arteriellen Verschlusskrankheit in der unteren Extremität einhergeht“ (Hintner, o. J., S. 3).

Eine der Folgen von Diabetes kann das diabetische Fußsyndrom sein, das in Zukunft aus menschlichen und gesundheitsökonomischen Gründen mehr Aufmerksamkeit bedarf (ÖDG, 17. April 2022). Da die Füße von Menschen mit Diabetes aufgrund von Nervenschäden weniger schmerz- und druckempfindlich sein können, wird die Entstehung einer Wunde und damit das Risiko einer chronischen Wunde oft erst spät bemerkt (IQWiG, 16. April 2022). Die Österreichische Diabetes Gesellschaft (ÖDG) warnt vor dem diabetischen Fußsyndrom und seinen fatalen Folgen. Leider ist die Versorgung im Gesundheitssystem unzureichend.

Das Bundesministerium für Gesundheit und Frauen (2017, S. 3) geht im "Österreichischen Diabetesbericht 2017" davon aus, dass schätzungsweise 515.000 (7%) bis 809.000 (11%) Menschen eine diagnostizierte oder undiagnostizierte diabetische Erkrankung haben. Etwa 15% der Diabetes mellitus- PatientInnen entwickeln ein diabetisches Fußsyndrom (Hintner, o. J., S. 2). In Österreich ist dies die Ursache für etwa 3.000 Amputationen pro Jahr. Die Zahl der PatientInnen könnte bis 2045 auf über 1 Million Menschen ansteigen (Face Diabetes, 19. April 2022).

Im Vergleich dazu stellt das IQWiG (16. April 2022) für Deutschland fest, dass im Jahr 2020, bei einer Einwohnerzahl von 83,2 Millionen Menschen in Deutschland, mehr als 7 Millionen an Diabetes mellitus erkrankt. In Deutschland entwickeln etwa 20 bis 30 von 100 Menschen mit Diabetes im Laufe ihres Lebens ein diabetisches Fußsyndrom. In Deutschland ist das der Auslöser für etwa 25 000 Amputationen pro Jahr.

## 4 Stuhltransplantation

Die Stuhltransplantation oder fäkale Mikrobiota-Transplantation (FMT) mag aus heutiger Sicht eine drastische Maßnahme zur Wiederherstellung des Mikrobioms sein. Es ist jedoch ein naheliegender Schritt, direkt an der Quelle anzusetzen, um Darmbakterien zu gewinnen, die wiederum den PatientInnen helfen. Koprophagie, also der Verzehr von Fäkalien, ist im Tierreich nicht ungewöhnlich. Diese Praxis wird von den Landwirten schon seit langem praktiziert. Kühe, die an Verdauungsstörungen leiden, werden mit dem Mageninhalt einer gesunden Kuh gefüttert, was zur Linderung der Symptome der kranken Kuh führt. Andere Jungtiere wie Elefanten, Pandas, Koalas und Flusspferde fressen den Kot ihrer Mütter oder anderer erwachsener Tiere in ihrer Herde, um die für die Verdauung notwendigen Darmbakterien aufzunehmen. Bei einigen nomadischen Wüstenvölkern (Beduinen) wurden durch den Verzehr von Kamelkot therapeutische Erfolge bei infektiösen Durchfallerkrankungen beobachtet (Chutkan, 2020, S. 218).

Es war ein langer Weg, von einer Abneigung gegen den eigenen menschlichen Stuhl, zu der Überlegung, den Stuhl für therapeutische Interventionen zu nutzen, um anderen zu helfen (Chutkan, 2020, S. 218). So konnten laut tirol kliniken (16. April 2020) Ärzte 2016 der Universitätsklinik Innsbruck Erfolge bei PatientInnen erzielen, die unter Darmentzündungen und Durchfall litten, indem sie diese PatientInnen mittels Stuhltransplantation erfolgreich behandelten. „Die Ergebnisse sind eindrucksvoll [...] Wir sprechen hier von Erfolgsraten von bis zu 95 Prozent. Es gibt PatientInnen, die bereits auf der Intensivstation lagen und 48 Stunden nach der Behandlung komplett symptomfrei waren. Wiederum zwei Tage später konnten sie entlassen werden.“ (tirol kliniken, 16. April 2022). Laut tirol kliniken (16. April 2022) ist die Therapie derzeit auf Infektionen mit *Clostridium difficile* beschränkt. Warum diese Behandlungsstrategie überhaupt Erfolge vorweisen kann, ist noch nicht komplett geklärt. Darüber hinaus wird davor gewarnt, die Anwendung der Stuhltransplantation, experimentell für andere Szenarien zu nutzen. Ziel der Forschung in den kommenden Jahren wird es sein, den Erfolg der Behandlung zu verstehen und zudem herauszufinden, welche Bakterien überhaupt dafür verantwortlich sind und in einem nächsten Schritt diese Bakterien künstlich herzustellen, um weitere Infektionen im Verdauungstrakt gezielt behandeln zu können. Als Experte aus Österreich im Vorstand der "Europäischen Helicobacter und Mikrobiota Studiengruppe (EHMSG)" beschreibt Tilg im Jahr 2019 im Zuge neuer Erkenntnisse zur Helicobacter-Therapie, neue Forschungsergebnisse und somit neu adaptierbare For-

schungsziele. Es gibt Grund zu der Annahme, dass eine Stuhltransplantationstherapie PatientInnen mit Lebererkrankungen, entzündlichen Darmerkrankungen und Diabetes helfen könnte (Medizinische Universität Innsbruck 17.4.2022).

#### **4.1 Anwendung Stuhltransplantation**

Für eine Stuhltransplantation muss der Spenderstuhl zunächst aufbereitet werden. Dazu wird ein möglichst frischer Stuhl eines gesunden Menschen mit einer Kochsalzlösung verdünnt und anschließend gefiltert, um grobe Teile zu entfernen. Im Rahmen einer Koloskopie wird dieser Stuhl in den Verdauungstrakt eingebracht (Medizinische Universität Innsbruck 17.4.2022). Der Vorteil dieser Applikation ist die exakte Positionierung des aufbereiteten Stuhls. Diese Methode erfordert jedoch eine präoperative Darmreinigung und Sedierung der PatientInnen, die auch mittels einer Endoskopie möglich wäre. Dabei muss darauf geachtet werden, dass der Stuhl tief im Dünndarm platziert wird, damit die Bakterien nicht durch die Magensäure zerstört werden. Auch dieser Eingriff erfordert eine Sedierung. Eine weitere Maßnahme bildet dabei der Einsatz einer Magensonde. Therapieerfolge wurden auch mit einer oral eingenommenen Kapsel verzeichnet, dazu müssen jedoch Dutzende solcher Kapseln geschluckt werden (Chutkan, 2020, S. 225 - 226).

#### **4.2 Indikationen Stuhltransplantation**

Hagel et al. (2015, S. 437) bezieht sich auf die aktuelle europäische und US-amerikanische Leitlinie, dass die Stuhltransplantation nur bei einer wiederkehrenden, sehr schwer verlaufenden Clostridium difficile-Infektion eine Indikation sei. Hierbei zeigt sich eine Heilungsrate von über 90 %. Für Chutkan (2020, S. 218 - 221) ist die Stuhltransplantation ein faszinierender und scheinbar logischer Schritt, um mikrobielle Störungen zu behandeln. Die Antibiotikatherapie reduziert die bakterielle Belastung und damit die Artenvielfalt in unserem Mikrobiom. Die Möglichkeit, dass die Stuhltransplantation die Spezifität des Mikrobioms erhöht, eröffnet ein plausibles Anwendungsfeld für die folgenden Krankheiten:

- Clostridium difficile
- Morbus Crohn
- Infektiöse Diarrhö
- Reizdarmsyndrom
- Schwere Antibiotika-assoziierte Diarrhö
- Pouchitis (nach einer Kolektomie bei Colitis ulcerosa)
- Colitis ulcerosa

Es ist jedoch zu beachten, dass die Stuhltransplantation nicht als primäre Therapie für diese Krankheitsbilder angesehen wird. Der erste Schritt sollte die vorgeschriebene Standardtherapie sein mit einer grundlegenden Ernährungsumstellung sowie einer evtl. Probiotika-Supplementierung. Es gibt jedoch klinische Daten die einen möglichen Therapieversuch stützen.

Potenzielle Indikationen:

- bakterielle Fehlbesiedelung des Dünndarmes
- Autismus
- Autoimmunerkrankungen
- Leaky-Gut-Syndrom
- Metabolisches Syndrom
- Adipositas
- Diabetes

Diese Krankheitsbilder bieten einen experimentellen Ansatz, obwohl dazu ebenfalls erste Hinweise auf positive Ergebnisse vorliegen. Es fehlen jedoch derzeit umfassende klinische Studien (Chutkan, 2020, S. 222).

### **4.3 Risiken und Nebenwirkungen Stuhltransplantation**

Stuhltransplantationen sind immer mit Risiken verbunden, denn der menschliche Stuhl ist ein komplexes Gemisch aus zahllosen Substanzen, Stoffen und Mikroorganismen, das längst noch nicht vollständig erforscht und entschlüsselt ist. Bei Stuhltransplantationen bestehen immer Risiken im Zusammenhang mit der Übertragung unerwünschter Mikroorganismen und möglicher Krankheiten. Das Hepatitis-C-Virus sollte in dieser Hinsicht ein abschreckendes Beispiel sein. Das Thema tauchte in der medizinischen Fachwelt erstmals in den 1970er Jahren auf, aber erst 1990 wurden standardisierte Blutspendertests eingeführt. Bis dahin hatten sich jedoch Hunderttausende von amerikanischen Bürgern durch kontaminierte oder unzureichend sterilisierte medizinische Geräte während einer Bluttransfusion infiziert. In Anlehnung an das Hepatitis-C-Virus, das durch Blut übertragen wird, könnte es auch noch unbekannte Infektionsquellen im Stuhl geben, die hochgradig ansteckend sein könnten (Chutkan, 2020, S. 229 - 230). Des weiteren berichtet Chutkan (2020, S. 229) auch über bereits bekannte Krankheiten und Organismen, die über den Stuhl übertragen werden.

- Ascariasis
- Cholera

- Clostridium difficile
- Kryptosporidiose
- Entameba histolytica
- Enteroviren
- Escherichia coli.
- Giardiasis.
- Hepatitis A
- Hepatitis E
- Noroviren
- Poliomyelitis
- Rotaviren
- Shigellen
- Bandwürmer
- Typhus
- Vibrio parahaemolyticus

Hibbeler (2016, S. 185) gibt folgende kurzfristigen gastrointestinalen Nebenwirkungen an:

- Bauchkrämpfe
- Übelkeit
- Aufstoßen
- Blähungen
- Fieber

Des Weiteren beschreibt Hibbeler (2016, S. 185) mögliche mittel- und langfristige Nebenwirkungen die beobachtet und auch diskutiert werden:

- Gewichtszunahme
- Autoimmunerkrankungen

Es ist jedoch schwer festzustellen, ob ein kausaler Zusammenhang mit einer Autoimmunerkrankung besteht. Die Forschung der Stuhltransplantation steckt noch in den Kinderschuhen, somit sind positive und negative Langzeitfolgen noch nicht ausreichend bekannt. Wächst die Studienlage rund um die Stuhltransplantation weiterhin so rasant wie in der Vergangenheit, werden Forschungserkenntnisse in naher Zukunft stark ansteigen und neues Wissen generiert werden (Chutkan, 2020, S. 230).

### **4.3.1 Gewichtszunahme nach Stuhltransplantation**

Neha (2015, S. 1 - 2) berichtet über eine 32-jährige Patientin, die nach einer Stuhltransplantation eine ungewollte Gewichtszunahme von 18 kg hatte. Ihr BMI stieg auf 34,5, was einer Adipositas entspricht. Die Patientin litt an einer Clostridium difficile-Infektion, sowie an einer Helicobacter-pylori-Infektion. Mehrere vorangegangene Antibiotikabehandlungen brachten keine Linderung der Symptome. Die Patientin litt weiterhin unter Bauchschmerzen und anhaltendem Durchfall. Schließlich wurde als therapeutische Maßnahme eine Stuhltransplantation durchgeführt; die Stuhlspende stammte von ihrer 16-jährigen Tochter. Daraufhin verschwanden die Beschwerden. Allerdings stieg das Gewicht der Patientin innerhalb von 16 Monate auf 77 kg (BMI 33). Zuvor hatte sie ein stabiles Gewicht von 62 kg (BMI 26). Trotz eingeleiteter medizinischer Diätmaßnahmen mit Bewegungsprogramm und unter normalen Schilddrüsen, und Cortisolwerten stieg das Gewicht der Patientin auf 80 kg (BMI 34,5) drei Jahre nach der Stuhltransplantation. Zum Zeitpunkt der Stuhlspende hat die Tochter ein Körpergewicht von 63 kg (BMI 26,4), im weiteren Verlauf zeigte sich jedoch auch eine Gewichtszunahme auf 77 kg. Obwohl für die Gewichtszunahme der Patientin auch andere Gründe denkbar sind, wie gesteigerter Appetit nach Clostridium difficile-Infektion, sowie die gleichzeitige Behandlung von Helicobacter-pylori-Infektion, liegt eine Gewichtszunahme bedingt durch die Stuhltransplantation nahe. Die Hypothese, dass es zu einer Gewichtszunahme kommen kann, wurde in Tierversuchen nachgewiesen. Es wäre daher denkbar, ein gestörtes Mikrobiom und damit das Krankheitsbild der Adipositas mit dem entsprechenden Mikrobiom bei einer Stuhltransplantation zu übertragen.

Ein Ausschlusskriterium für eine Stuhlspende sind daher Menschen mit einem metabolischen Syndrom bzw. mit Adipositas oder Diabetes mellitus (Neha, 2015, S. 2; Hibbeler, 2016, S. 185; Chutkan, 2020, S. 228).

### **4.3.2 Macht fremder Stuhl schlank?**

Wie stark beeinflusst das Darmmikrobiom unser Gewicht oder anders gefragt, macht fremder Stuhl schlank? Diese Fragen stellte sich Ridaura et al. (2013 S. 1079) und berichtet darüber folgendes: Bei einem Tierversuch zeigt sich, dass die Zusammensetzung des Darmmikrobioms ausschlaggebend dafür ist, ob Mäuse normal- oder übergewichtig werden. Zu diesem Zweck werden keimfreie Mäuse gezüchtet, deren Darmmikrobiom sich erst bei Kontakt mit einem Stuhltransplantat bildet. Der Spenderstuhl stammte von menschlichen eineiigen Zwillingspaaren. Dabei wies ein Zwilling ein Adipöses Krankheitsbild auf und der andere Zwilling war schlank. Bei konstanter Nahrungsaufnahme nahmen die Mäuse, die den Stuhl des übergewichtigen Zwillings erhielten, an Gewicht zu. Im Gegensatz dazu

blieb das Gewicht der Mäuse, die den Stuhl des schlanken Zwillingss erhalten, konstant. Weitere Tests zeigten einen therapeutischen Nutzen eines gesunden Darmmikrobioms.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine Stuhltransplantation dazu beitragen kann, ein normales Darmmikrobiom bzw. ein Darmmikrobiom mit einer stark aufweisenden Diversität sicherzustellen. Dies kann jedoch nur funktionieren, wenn das Darmmikrobiom mit einer ausgewogenen Ernährung versorgt wird (Ridaura et al., 2013 S. 1079).

## **5 Stuhltransplantation: Eine zukünftige Therapieoption bei Adipositas, Diabetes und diabetesbedingten Komplikationen?**

Eine Dysbiose der Darmmikrobiota ist ein häufiges Merkmal bei Adipositas und damit verbundene Stoffwechselkrankheit wie Diabetes mellitus Typ 2. Vor allem gewonnene Erkenntnisse in der Forschung mit Mäusen deuten darauf hin, dass die Behandlung der Dysbiose mit einer Verbesserung des Stoffwechsels einhergeht. Die Stuhltransplantation ist eine interessante experimentelle Option zur Veränderung der Darmmikrobiota und wurde mit verbesserten klinischen Ergebnissen in Verbindung gebracht, obwohl sie nur in der Routinebehandlung von Clostridium difficile-Infektionen eingesetzt wird (Aron-Wisnewsky, 2019, S. 6). Daten deuten darauf hin, dass Adipositas nicht nur durch die Ernährung selbst, sondern auch durch das Mikrobiom beeinflusst wird (Simon, 2021, S. 106). Und dieses Mikrobiom kann wiederum auch durch eine Stuhltransplantation beeinflusst werden, um so eine positive Wirkung auf den Gesamtorganismus zu erzielen (Chutkan, 2020, S. 218).

Ecker (2021, S. 374) beschreibt aktuelle mikrobielle Therapien wie z.B. Stuhltransplantationen, die bei Stoffwechselkrankheiten getestet werden. Ausgehend davon, dass Stoffwechselerkrankungen wie Diabetes mellitus Typ 2 und Adipositas durch ein verändertes Darmmikrobiom verursacht werden. Darüber hinaus wird angenommen, dass das Darmmikrobiom ursächlich an der Entstehung und dem Fortschreiten von Diabetes mellitus Typ 2 und Adipositas beteiligt ist. Die dahinterstehenden Mechanismen sind jedoch noch unklar. Es wird vermutet, dass Mikroorganismen allein oder in Gemeinschaften, insbesondere bei Vorliegen einer Dysbiose, den Insulin- und Glukosestoffwechsel, die Energieverwertung aus der Nahrung sowie die Darmbarriere- und Immunfunktion beeinflussen. Allerdings ist die aktuelle Studienlage lückenhaft und widersprüchlich.

Auf Grund der Tatsache, dass das Mikrobiom auch Einfluss auf die Erkrankung Diabetes mellitus Typ 2 hat und auf Grund der aussichtsreich erscheinenden Erkenntnisse der Stuhltransplantationen in Tiermodellen, wurde eine doppelblinde, randomisierte klinische Studie durchgeführt, die die Wirkung von Stuhltransplantation bei adipösen Personen mit metabolischem Syndrom untersuchte. Bei den Studienteilnehmerinnen, die eine Stuhlspende von einem schlanken Menschen erhielten, verbesserte sich die periphere Insulinsensitivität, während sie bei der Kontrollgruppe, die ihre eigene Mikrobiota erhielt, die Insulinsensitivität unverändert blieb. Auch konnte eine tendenziell verbesserte Insulinsensitivität in der Leber festgestellt werden. Als Grund für diese Verbesserung wird eine erhöhte mikrobielle Vielfalt

im Darm angenommen. Diese Ergebnisse bleiben jedoch umstritten, da nicht alle Stuhlspenden positive Auswirkungen auf adipöse Studienteilnehmer hatten (Simon, 2021, S. 106).

Patikorn et al. (2020, S. 1 - 12) berichteten über eine klinische Prüfung, in der die Stuhltransplantation – in diesem Fall die Verabreichung des fäkalen Mikrobioms in Form von Kapseln – als therapeutische Option bei adipösen Jugendlichen untersucht wurde. Die Gabe einer einzigen Dosis führte zu einer 12-wöchigen nachweisbaren Veränderung des Darmmikrobioms, jedoch zu keiner deutlichen Veränderung des Body-Mass-Index (BMI). Eine signifikante Verringerung des Bauchfetts wurde jedoch nach sechs, zwölf und 26 Wochen festgestellt. Die Verringerung war bei den weiblichen Teilnehmern stärker ausgeprägt. Zudem wurden keine schweren Nebenwirkungen beobachtet. Eine signifikante Verringerung im Bauchfettbereich führte zu einer stärkeren Reduktion der Diagnose metabolisches Syndrom.

Cai et al. (2018 S. 1 - 4) berichteten über eine 46-jährige Frau mit diabetischer Neuropathie. So konnte ihr mit einer Stuhltransplantation zur Remission verholfen werden. Die Patientin litt bereits seit 8 Jahren an Diabetes und Bluthochdruck. Außerdem wurden bei ihr Schmerzen im rechten Oberschenkel und eine schlechte Blutzuckereinstellung diagnostiziert. Die vorangegangenen hypoglykämischen und analgetischen Therapiemaßnahmen waren für ihre Symptome nutzlos. Als experimenteller Therapieversuch kam es zu einer zweimaligen Stuhltransplantation. Es zeigte sich eine Verbesserung des Blutzuckerwertes, mit einer bemerkenswerten Linderung der neuropathischen Schmerzen, wobei keine offensichtlichen Nebenwirkungen auftraten.

„In einem neuen Pilotprojekt an der Medizinischen Universität Graz soll nun erforscht werden, ob die Stuhltransplantation (Fäkale Mikrobiota Transplantation – FMT) eine langfristige Lösung zur Behandlung der Adipositas und anderer Stoffwechselerkrankungen darstellen kann. Das Projekt wird vom Wissenschaftsfonds FWF gefördert. [...] wobei das Ansprechen der Stuhltransplantation auf den Stoffwechsel und das Körpergewicht kontrolliert werden.“ (Med Uni Graz, 19. April 2022).

## 6 Hype und kritische Stimmen

Das Mikrobiom ist in den letzten Monaten und Jahren zunehmend in den Fokus der Öffentlichkeit, aber auch der Forschung gerückt. Es gibt kaum eine Krankheit, von A wie Alzheimer bis Z wie Zirrhose, die mit dem Mikrobiom nicht in kausalen Zusammenhang gebracht wurde (Storr, 2022, S. 54). Der Fokus liegt derzeit auf der Bestimmung von (un-)günstigen Stämmen und man wird sich der Komplexität bei der Erforschung kausaler Zusammenhänge erst jetzt voll und ganz bewusst wird. Die Erforschung dieser Zusammenhänge gestaltet sich jedoch deshalb so schwierig, weil das Mikrobiom von vielen Faktoren beeinflusst wird, z. B. von Geschlecht und ethnischen Hintergrund. Aus diesem Grund ist fundiertes Fachwissen zu diesem Thema schwer zu treffen oder zwingend erforderlich und notwendig (Stummvoll, 2022, zit. aus Stiefelhagen, 2022, S. 16).

Stiefelhagen (2022, S. 16) legt eine umfassende Studie vor, die die Auswirkungen von Medikamenten auf das Mikrobiom unterstreicht. So wurden "Fußabdrücke" von fast allen gängigen Medikamentengruppen, insbesondere von Antibiotika gefunden. Medikamente können daher das Mikrobiom mehr beeinflussen als die Krankheit selbst, die eigentlich das Problem darstellt. Dass die Einnahme von Medikamenten unser Mikrobiom nicht verändert, wäre schlichtweg eine sehr naive und unrealistische Annahme (Stummvoll, 2022, zit. aus Stiefelhagen, 2022, S. 16).

Einige positive Zusammenhänge konnten bereits entdeckt werden, beispielsweise Statine in Kombination mit ASS helfen und führen zu einer Senkung der atherogenen Serumlipoproteine. Das Gleiche gilt für Diuretika in Kombination mit Betablockern. Darüber hinaus gibt es Hinweise darauf, dass ein Teil der günstigen Wirkung von Metformin auch mit der Veränderung des Mikrobioms in Zusammenhang stehen könnte (Stiefelhagen, 2022, S. 16).

Holzrichter (2019, S. 15) stellt fest, dass es auch gegenteilige Meinungen gibt, die nicht ignoriert werden sollten.

Bercht (2018, 16. April 2022) verweist in einem Interview auf den möglichen Therapieerfolg von Stuhltransplantationen bei chronischen Darmentzündungen. Diesbezüglich wurden am AMC (Academisch Medisch Centrum) Krankenhaus in Amsterdam keine statistisch signifikanten Verbesserungen festgestellt. Dennoch hilft sie einer kleinen Gruppe von Menschen relativ gut. Möglicherweise funktioniert die Therapie der Stuhltransplantation nur bei Familienmitgliedern, deren Darmbakterien sich ähnlicher sind.

Zudem hinterfragt Tan (2019, S. 5) die Stuhltransplantation kritisch. Könnte eine Stuhlspende im Rahmen einer Clostridium difficile-Infektion das Mikrobiom nicht noch mehr schädigen und wäre eine Standardtherapie mit Antibiotika nicht besser? Dem Wirkstoff Bezlotoxumab werden hier ebenfalls gute Ergebnisse in der Begleittherapie mit Antibiotika zugeschrieben.

Ebenfalls konnte Kelly et al. (2017 S. 59) in einer Untersuchung keinen nennenswerten Effekt der Placebo-Gruppe im Gegensatz zur Gruppe die Probiotikum erhielten feststellen. Das Fazit lautete: Das Probiotikum war dem Placebo in stressbezogenen Messwerten, die HPA-Reaktion (Hypothalamus–Hypophysen–Nebennierenrinden–Achse), Entzündungen oder der kognitiven Leistung nicht überlegen.

## 7 Diskussion/Resümee

Im folgenden Abschnitt wird diese Literaturarbeit in Hinblick auf die These reflektiert und kritisch diskutiert.

Die Annahme, dass sich das Mikrobiom nicht durch äußere Einflüsse verändert, konnte im Zuge dieser Literaturarbeit nicht belegt werden. So berichten mehrere unabhängige Quellen davon, dass sich das Mikrobiom und vor allem das Darmmikrobiom durch Einflüsse verändern lassen. Stiefelhagen (2022, S. 16) beschreibt eine Veränderung bedingt durch Erkrankungen und Medikamente. Chutkan (2020, S. 139 - 143) beschreibt eine Veränderung durch die Wahl der Ernährung.

Auch der Geburtsvorgang prägt und verändert bereits unser Mikrobiom (Pompl April 12. 2022). Wie es sich anschließend verändert und entwickelt ist wieder stark von diversen und individuellen Einflüssen abhängig. Den Grundstein des Mikrobioms erhalten wir von unserer Mutter während des Geburtsvorgangs und der Stillzeit. Durch die anschließende Ernährung des Säuglings kommt es zu einer weiteren Beeinflussung und Veränderung des Mikrobioms (Hardtmuth, 2021, S. 56). Im Laufe des Lebens kann es durch ökologische, soziokulturelle und auch ökonomische Faktoren zu einer weiteren dynamischen Entwicklung kommen. Auch eine Emigration in ein anderes Land oder einen anderen Kontinent führt zu einer Abänderung des Mikrobioms (Pompl, 12. April 2022).

Aufgrund dieser Erkenntnisse ist das Thema "Mikrobiom" zunehmend in den Fokus der Forschung, aber auch der breiten Öffentlichkeit gerückt. Immer mehr kausale Zusammenhänge werden dem Mikrobiom im Zusammenhang mit Krankheiten zugeschrieben (Storr, 2022, S. 54). Im Zuge der Forschung werden mehrere neue mögliche Verbindungen zwischen dem Darm und unserem Körper festgestellt. Dadurch entstehen auch neue Formen pathologischer Kreisläufe und Achsen. Eine der wichtigsten scheint die sogenannte Darm-Hirn-Achse zu sein (Trinh, 2021, S. 8). Das Darmmikrobiom ist an wichtigen Stoffwechselprozessen beteiligt und daher wird ihm auch eine wichtige Rolle bei Adipositas, einer Krankheit, die epidemische Ausmaße angenommen hat, und den damit verbundenen Komplikationen wie Diabetes mellitus Typ 2, zugeschrieben (Simon, 2021, S. 103). Vor dem Hintergrund dieser Erkenntnisse, werden neue experimentelle Therapieoptionen untersucht, um so eine (günstige) Veränderung des Darmmikrobioms herbeizuführen. Die Stuhltransplantation ist eine interessante Option hierfür (Aron-Wisnewsky, 2019, S. 51-6). In Tiermodellen gibt es bereits aussichtsreich erscheinende Erkenntnisse (Simon, 2021, S. 106). Des Wei-

teren gibt Ecker (2021, S. 374) an, dass es aktuelle mikrobielle Therapien wie die Stuhltransplantationen, bei Stoffwechselkrankheiten gibt, die gerade getestet werden. Laut Cai et al. (2018, S. 1 - 4) konnte einer 46-jährigen Frau mit diabetischer Neuropathie bereits geholfen werden. Auch Patikorn et al. (2020, S. 1 - 12) berichteten, dass eine signifikante Reduktion des Bauchfetts auftrat, wenn ein fäkales Mikrobiom in Form von Kapseln verabreicht wurde. Der Body-Mass-Index (BMI) änderte sich jedoch nicht.

Es werden auch kritische Stimmen laut, wie z. B. Tan (2019, S. 5), der in Frage stellt, ob durch eine Stuhltransplantation das Mikrobiom nicht nur positiv, sondern auch negativ beeinflusst werden könnte, oder Kelly et al. (2017 S. 59), die keinen signifikant positiven Unterschied zwischen der Probiotikagruppe und der Placebogruppe sahen.

Holzrichter (2019, S. 15) und Ecker (2021, S. 374) geben an, dass die aktuelle Forschung im Bereich des Mikrobioms zu wenig menschliche Probanden aufweist und die Studienlage lückenhaft und widersprüchlich sei. Dennoch, könnte dieses Thema wichtig für neue Ernährungslehren oder Therapiekonzepte sein und so das Thema Adipositas und die Begleiterkrankungen Diabetes oder das diabetische Fußsyndrom vorantreiben (Holzrichter, 2019, S. 15). Wie bereits zuvor gezeigt, könnte dies eine Strategie sein, um die bis zu 3.000 Amputationen jährlich in Österreich zu senken.

Auf der Basis der bisherigen Arbeiten wird plädiert, weitere Forschungen sowohl zum Darmmikrobiom als auch zu möglichen präventiven Maßnahmen, wie der Stuhltransplantation anzustoßen bzw. zu forcieren, um Krankheiten wie Adipositas und den damit verbundenen Komplikationen wie Diabetes mellitus Typ 2 und dem diabetischen Fußsyndrom vorzubeugen. Sodass die Zahl der Begleitkomplikationen und damit verbundenen Amputationen in Österreich verringert werden kann und um somit die Lebensqualität der Betroffenen zu verbessern.

**Schlüsselwörter:** Mikrobiom, Umwelteinflüsse, Adipositas, Stuhltransplantation und diabetisches Fußsyndrom

## 8 Literaturverzeichnis

**Alcock J., Maley C. C., Aktipis C. A. (2014).** Is eating behavior manipulated by the gastrointestinal microbiota? Evolutionary pressures and potential mechanisms. In: Bioessays. 36/2014. S. 940 – 949

**Aron-Wisnewsky J., Clément K., Nieuwdorp M. (2019).** a Future Therapeutic Option for Obesity/Diabetes?. In: Current Diabetes Reports 19/2021. S. 51-1 – 51-9

**Bechmann L. P. (2021).** Intestinales Mikrobiom bei Lebererkrankungen. In: **Stange E. F. (Hg.).** Intestinales Mikrobiom und Innere Medizin. Bremen, London, Boston. UNI-MED Verlag. S. 66 – 70

**Bercht A. (2018).** Eine psychische Störung beginnt im Darm. <https://www.spektrum.de/news/eine-psychische-stoerung-beginnt-im-darm/1532597> (16. April 2022)

**Bosch T. C. G. (2021).** Mikrobiom als natürlicher Schutzfaktor. In: Der Hautarzt 72/2021. S. 563 – 693

**Bravo J. A., et al. (2011).** Ingestion of Lactobacillus strain regulates emotional behavior and central GABA receptor expression in a mouse via the vagus nerve. In: Proceedings of the National Academy of Sciences 108/38/2011. S 16050 – 16055

**Bundesministerium für Gesundheit und Frauen (2017).** Österreichischer Diabetesbericht 2017. Wien. (o. V.)

**Cai T. T., et al. (2018).** Fecal microbiota transplantation relieve painful diabetic neuropathy. In: Medicine 97/50/2018. S. 1 – 4

**Chutkan R. (2020).** Das Mikrobiom. Heilung für den Darm. Kandern. Unimedica im Narayana. Verlag

**Ecker M., Haller D. (2021).** Bedeutung des Mikrobioms für Adipositas und Glukosestoffwechsel. In: Diabetologe 17/2021. S. 369 – 375

**Face Diabetes - Eine Initiative der ÖDG (o. J.).** Zahlen und Fakten zu Diabetes mellitus. <https://www.facediabetes.at/zahlen-und-fakten.html> (19. April 2022)

**FETeV - Fachgesellschaft für Ernährungstherapie und Prävention (2021).** Intestinales Mikrobiom – ein Überblick. <https://fet-ev.eu/darm-mikrobiom/> (19. April 2022)

**Hagel S., et al. (2015).** S2k-Leitlinie Gastrointestinale Infektionen und Morbus Whipple. In: Zeitschrift für Gastroenterologie 53/2015. S. 418 – 459

**Hardtmuth T. (2021).** Mikrobiom und Mensch. Die Bedeutung der Mikroorganismen und Viren in Medizin, Evolution und Ökologie Wege zu einer systemische Perspektive. Berlin. Salumed Verlag

**Hibbeler B. (2016).** Clostridium Difficile: Stuhltransplantation als Option. In: Deutsches Ärzteblatt 5/2016. S. 185

**Hintner M. (o. J.).** Der diabetische Fuß. Unveröffentlichtes Vorlesungsskriptum. Innsbruck. AZW

**Holzrichter L. (2019).** Der Einfluss des Darmmikrobioms auf die Gehirnentwicklung. München. Ravensburg. GRIN Verlag

**Institut für Mikroökologie (o. J.).** Bedeutung des Mikrobioms. <https://www.mikrooek.de/labor/bordiagnostik/fuer-aerzte-und-therapeuten/neues-aus-dem-labor/kyberbiom/das-mikrobiom/> (13. April 2022)

**IQWiG - Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (2020).** Amputationen beim diabetischen Fußsyndrom? IQWiG legt Entscheidungshilfe vor. [https://www.iqwig.de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilungen-detail-seite\\_11956.html](https://www.iqwig.de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilungen-detail-seite_11956.html) (16. April 2022)

**Karlsson F., et al. (2013).** Gut metagenome in European women with normal, impaired and diabetic glucose control. In: Nature 498/2012. S. 99 – 103

**Kelly J. R., et al. (2017).** Lost in translation? The potential psychobiotic Lactobacillus rhamnosus (JB-1) fails to modulate stress or cognitive performance in healthy male subjects. In: Brain, Behaviour and Immunity 61/2017. S. 50 – 59

**Leitão-Goncalves R., et al. (2017).** Commensal bacteria and essential amino acids control food choice behavior and reproduction. In: Plos Biolog 15/2017. S. 1 – 29

**Med Uni Graz - Medizinische Universität Graz (2021).** Adipositas Teilnehmer\*Innen für Pilotstudie gesucht. <https://www.medunigraz.at/news/detail/adipositas-teilnehmerinnen-fuer-pilotstudie-gesucht> (19. April 2022)

**Medizin am Hauptbahnhof (o. J.).** Das Mikrobiom. Eine Wohngemeinschaft von Viren, Bakterien und Mikroorganismen auf unserem grössten Organ, der Haut. <https://www.derma-wien.at/mikrobiom> (12. April 2022)

**Medizinische Universität Innsbruck (2019).** Neue Erkenntnisse zur Therapie des Helicobacter-Keims und der Mikrobiota werden in Innsbruck präsentiert. <https://www.i-med.ac.at/pr/presse/2019/37.html> (17. April 2022)

**Menche N. et al. (2019).** Pflege Heute 7 Auflage. München, Jena. Urban & Fischer in Elsevier

**Möhle L., et al. (2016).** Ly6C(hi) Monocytes Provide a Link between Antibiotic-Induced Changes in Gut Microbiota and Adult Hippocampal Neurogenesis. In: Cell reports 15/2016 S. 1945 – 1956

**Neha A., Colleen R. K. (2015).** Weight Gain After Fecal Microbiota Transplantation. In: Open Forum Infectious Diseases. 2/1/2015. S. 1 – 2

**ÖDG - Österreichische Diabetes Gesellschaft (2019).** Auch im Sommer ist barfuß gehen für Menschen mit Diabetischer Polyneuropathie keinesfalls zu empfehlen!. [https://www.o-edg.at/1907\\_PR\\_diabetischer-fuss.html](https://www.o-edg.at/1907_PR_diabetischer-fuss.html) (16. April 2022)

**O'Mahony S. M., et al. (2015).** Serotonin, tryptophan metabolism and the brain- gut-microbiome axis. In: Behavioural Brain Research 277/2015. S. 32 – 48

**Patikorn C., et al. (2020).** Effects of Fecal Microbiome Transfer in Adolescents With Obesity: The Gut Bugs Randomized Controlled Trial. In: Jama Network Open. 12/2021. S. 1 – 12 doi:10.1001/jamanetworkopen.2021.39558 (19. April 2022)

**Pompl M., Gessner A. (2021).** Der Mikrokosmos im Darm. <https://www.br.de/radio/bayern2/der-mikrokosmos-im-darm-100.html> (12. April 2022)

**Ridaura V. K., et al. (2013).** Gut Microbiota from Twins Discordant for Obesity Modulate Metabolism in Mice. In: Science 341/6150/2013. S. 1079, S. 1241214-1 – 1241214-10

**Schlehe J. S., Ussar S. (2016).** Das Mikrobiom: Einfluss auf Adipositas und Diabetes. In: **Deutsches Ärzteblatt (Hg.).** Perspektiven der Diabetologie 1/2016. S. 27 – 30

**Simon M. (2021).** Intestinales Mikrobiom bei Adipositas und Diabetes. In: **Stange E. F. (Hg.)**. Intestinales Mikrobiom und Innere Medizin. Bremen, London, Boston. UNI-MED Verlag. S. 103 – 110

**Stange E. F. (2021).** Intestinales Mikrobiom und Innere Medizin. Bremen, London, Boston. UNI-MED Verlag

**Statistik Austria (2020).** Österreichische Gesundheitsbefragung 2019. Wien. (o. V.)

**Steinmann N. (2018).** Einflussreiche Winzlinge. <https://www.dasgehirn.info/handeln/ernaehrung/einflussreiche-winzlinge> (12. April 2022)

**Stiefelhagen P. (2022).** Patient kommt mit Selbstdiagnose "gestörte Darmbarriere". In: MMW - Fortschritte der Medizin 6/2022. S. 12 – 16

**Stocker R. (2016).** Das Mikrobiom: Ein Universum für sich. <https://www.rosenfluh.ch/media/ernaehrungsmedizin/2016/02/Das-Mikrobiom-Ein-Universum-fuer-sich.pdf> (12. April 2022)

**Storr M. (2022).** Patient kommt mit Selbstdiagnose "gestörte Darmbarriere". In: MMW - Fortschritte der Medizin 6/2022. S. 54 – 58

**Tan X., Johnson S. (2019).** Fecal microbiota transplantation (FMT) for C. difficile infection, just say 'No'. In: Anaerobe 60/2019. S. 1 – 6

**Tengeler A. C., et al. (2020).** Gut microbiota from persons with attention-deficit/hyperactivity disorder affects the brain in mice. In: Microbiome 8/2020. S. 1 – 14

**Ticinesi A., et al. (2018).** Human gut microbiome: the hypothesis of a gut-muscle axis in the elderly. In: Sportmed. 12/2018. S. 359 - 365

**Tirol kliniken (2016).** Stuhltransplantation - Heilung für viele Erkrankungen?. <https://www.tirol-kliniken.at/page.cfm?vpath=ueber-uns/aktuelles&genericpageid=2266> (16. April 2022)

**Trinh S., Keller L., Seitz J. (2021).** Das Darmmikrobiom und seine klinischen Implikationen im Kontext der Anorexia nervosa. In: Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie 3/2021 S. 1 – 13

**Vrieze A, et al. (2017).** Transfer of intestinal microbiota from lean donors increases insulin sensitivity in individuals with metabolic syndrome. In: *Gastroenterology* 143/2012. S. 913 – 916

**WHO - World Health Organization (2022).** WHO European Regional Obesity Report 2022. In: WHO Regional Office for Europe 2022. S. 1 – 206

**Wu H., et al. (2017).** Metformin alters the gut microbiome of individuals with treatment-naive type 2 diabetes, contributing to the therapeutic effects of the drug. In: *Nature Medicine* 23/2017. S. 850 – 858

## **9 Abbildungsverzeichnis**

**Abb. 1. Trinh S., Keller L., Seitz J. (2021).** Das Darmmikrobiom und seine klinischen Implikationen im Kontext der Anorexia nervosa. In: Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie 3/2021 S. 1 – 13

## **Eidesstattliche Erklärung und Einverständniserklärung**

für die Publikation der vorher genannten Abschlussarbeit (Thesepapier) einschließlich Foto- und Videomaterial

Ich erkläre, dass ich mein Thesepapier selbständig verfasst und alle in ihr verwendeten Unterlagen, Hilfsmittel und die zugrunde gelegte Literatur genannt habe.

Ich, als alleinige InhaberIn aller Rechte am genannten Werk und dem Verfügungsrecht über eventuell beiliegende selbst erstellte Abbildungen, Fotos, Graphiken, Tabellen, Film material, etc., räume dem Ausbildungszentrum West (AZW) das zeitlich unbegrenzte, unentgeltliche Recht ein, meine Abschlussarbeit (Thesepapier) den jeweiligen technischen Standards angepasst, elektronisch im Dateiformat „pdf“ ohne Kennwortschutz, zu archivieren und online im Internet einem unbestimmten Personenkreis unentgeltlich und zeitlich unbeschränkt zur Verfügung zu stellen.

Es ist mir bewusst, dass bei einer Datenmigration eine etwaige Änderung von Form, Umfang oder Darstellung des Werks aus technischen Gründen nicht von vornherein ausgeschlossen werden kann und ich habe diesbezüglich keine Einwände.

Ich nehme zur Kenntnis, dass die vorgelegte Arbeit mit geeigneten und dem derzeitigen Stand der Technik entsprechenden Mitteln (Plagiat-Erkennungssoftware) elektronisch überprüft wird. Zu diesem Zweck wird die vorne genannte Arbeit auf dem Server des Softwareanbieters gespeichert und zum Vergleich mit anderen Arbeiten herangezogen.

Ebenso nehme ich zur Kenntnis, dass auch bei auszugsweiser Veröffentlichung meiner Arbeit das Ausbildungszentrum West und die BetreuerInnen zu nennen sind.

Dieses Einverständnis kann jederzeit, auch teilweise, widerrufen werden und gilt ansonsten zeitlich unbeschränkt.

Innsbruck, am 20.05.2022

WEINZIERL Michael