

ORGANOIDE—MINI DÄRME HELFEN GROÙE FRAGEN ZUM NÄHRSTOFFTRANSPORT ZU BEANTWORTEN

Tamara Zietek^{1†} und Eva Rath^{2*†}

¹Lehrstuhl für Ernährungsphysiologie, Technische Universität München, Freising-Weihenstephan

²Lehrstuhl für Ernährung und Immunologie, Technische Universität München, Freising-Weihenstephan

JUNGE GUTACHTER:



ARASI

ALTER: 8 JAHRE



HANIYEH

ALTER: 14 JAHRE

Gesundes Essen versorgt deinen Körper mit Nährstoffen, um stark zu bleiben. Aber hast du dich einmal gefragt, wie Nährstoffe in deinen Körper gelangen? Nach dem Kauen und Schlucken wird dein Essen verdaut und erreicht den Darm als Brei. Wenn du dir deinen Darm als Röhre vorstellst, dann ist das Essen im Inneren und dein Körper ist um die Röhre herum. Die innere Schicht der Röhre, die das Essen berührt, besteht aus speziellen Zellen. Diese speziellen Zellen können Nährstoffe wie Zucker und Proteine transportieren. Manche Menschen können Nährstoffe nicht richtig aufnehmen. Die Moleküle, die die Nährstoffe transportieren, transportieren auch manche Medikamente. Die Erforschung des intestinalen Transports ist deshalb sehr wichtig, um Menschen mit Absorptionsproblemen zu helfen und bessere Medikamente entwickeln zu können. Wir haben ein neues wissenschaftliches Modell namens Organoide genutzt, um intestinale Transportprozesse zu erforschen. Organoide sind winzige "Mini-Därme", die im Labor aus Zellen gezüchtet werden. Organoide haben viele Vorteile im Vergleich zu anderen Modellen, die von Wissenschaftlern für die Erforschung des Darms genutzt werden.

GASTROINTESTINAL (GI) TRAKT

Eine lange, gewundene Röhre aus miteinander verbundenen Hohlorganen: Mund, Speiseröhre, Magen, Dünndarm, Dickdarm, Anus. Zusammen mit der Leber, der Gallenblase und der Bauchspeicheldrüse, die Verdauungssäfte produzieren, bildet der Magen-Darm-Trakt das Verdauungssystem.

VERDAUUNGSSÄFTE

Zum Beispiel Speichel, Magensäure oder Galle. Zersetzen chemisch (Säure, Denaturierung) und physikalisch (Galle, Emulgation) Nährstoffe. Sie beinhalten auch Enzyme (Speichel, Bauchspeicheldrüsenflüssigkeit), um Kohlenhydrate, Proteine und Fette zu spalten.

Abbildung 1

(A) Der Gastrointestinaltrakt. Eine große Oberfläche ist wichtig für eine effiziente Nährstoffaufnahme. Um eine möglichst große Oberfläche zu erzeugen, hat der Dünndarm große Falten, die mit mikroskopischen „Fingern“ (Villi) und „Tälern“ (Krypten) bedeckt sind. (B) Mikroskopisches Foto eines Gewebestücks aus dem Dünndarm. (C) Schematische Zeichnung der Krypt-Villus-Struktur des Dünndarms. (D) Schematische Zeichnung einer intestinalen Epithelzelle (IEZ), dem Zelltyp, der die Oberfläche des Dünndarms bildet. IEZ haben wiederum winzige Fortsätze, sogenannte Mikrovilli. Diese Mikrovilli sehen wie feine Härchen aus und vergrößern zusätzlich die Oberfläche.

WIE KOMMEN NÄHRSTOFFE IN DEN KÖRPER?

Wenn du etwas isst, gelangt das Essen durch deinen Mund und deine Speiseröhre in den **Gastrointestinal-(GI)-trakt** (Abbildung 1). Das Wort „gastrointestinal“ kommt von „gastro“, was „Magen“ bedeutet, und „intestinal“, was sich auf den Dünndarm und den Dickdarm bezieht. Im GI-Trakt findet die Verdauung statt. Die Verdauung ist ein wichtiger Prozess, der das Essen in kleine Teile aufspaltet. Diese Einzelteile sind so winzig, dass sie von deinem Körper aufgenommen werden können. Kohlenhydrate, Proteine, Fette, Vitamine, Mineralstoffe und Wasser sind die Nährstoffe, die dein Essen und Trinken enthält. Von diesen Nährstoffen bekommt dein Körper Energie und Bausteine, damit er richtig funktionieren und wachsen kann. Dein Körper macht zwei Dinge, um das Essen zu verdauen. Zum einen zerkleinern deine Zähne das Essen und der GI-Trakt knetet und zermalmt den Nahrungsbrei mit seinen Muskeln. Dies wird mechanische Verdauung genannt. Zum anderen produziert dein Körper **Verdauungssäfte**, um das Essen chemisch aufzuschließen (Box). Auch wenn die Verdauung im Mund beginnt, findet die Nährstoffaufnahme hauptsächlich im Dünndarm statt. Der Dickdarm, der auch Kolon genannt wird, nimmt vor allem Wasser auf, und in ihm „wohnen“ die meisten Darmbakterien. Während der Dickdarm eines Erwachsenen ungefähr 1,5 Meter lang ist, ist der Dünndarm bis zu sieben Meter lang! Wenn man den gesamten GI-Trakt flach ausbreiten würde, hätte er ungefähr die Fläche von zwei Autogaragen (30–40 m²). Diese große Oberfläche hilft dem Körper Nährstoffe effizient zu absorbieren, also alle Nährstoffe aufzunehmen [1]. Um so eine große Oberfläche im Körper unterzubringen ohne viel Platz zu brauchen, ist der Dünndarm im Bauch geschlungen und hat innen viele Falten. Diese großen Falten sind nochmal bedeckt mit kleineren „Tälern“, die Krypte genannt werden, und winzigen fingerartigen Fortsätzen, die **Villi** genannt werden. Unzählige Villi (Mehrzahl von Villus) bedecken den Dünndarm, der dadurch eine Oberfläche hat, die wie Samt aussieht und sich auch so anfühlt. Die Villi funktionieren wie ein Kamm, der die Nährstoffe aus dem vorbeifließenden Nahrungsbrei fischt. Die Zellen, die die Oberflächen der Krypten und Villi bedecken, werden intestinale Epithelzellen (IEZ) genannt. Diese Zellen erledigen die Nährstoffaufnahme (Abbildung 1).

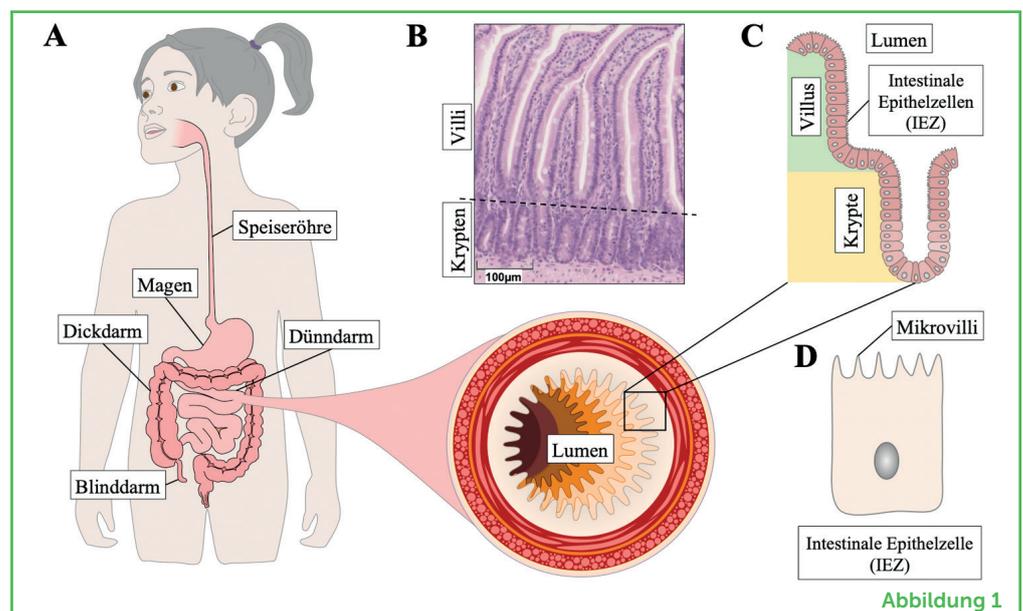


Abbildung 1

VILLUS/VILLI/ MIKROVILLI

Ein mikroskopisch kleiner, fingerförmiger Fortsatz der ins Lumen ragt, bestehend aus intestinalen Epithelzellen. Villi: Plural von Villus. Mikrovilli sind haarähnliche Strukturen an der luminalen Seite von intestinalen Epithelzellen, die die Oberfläche für die Nährstoffaufnahme vergrößern.

Abbildung 2

Der Zweck der Verdauung ist es, Nährstoffe in kleine Teile, die vom Körper aufgenommen werden können, aufzuspalten. Verdauungsenzyme können die langen Ketten aus Zuckermolekülen und Aminosäuren spalten, aus denen Kohlenhydrate beziehungsweise Proteine bestehen. Gallensäuren sind Emulgatoren, die, ähnlich wie Seife, Fett in winzige Tröpfchen (Mizellen), zerlegen können. Das in den Mizellen enthaltene Fett (Lipide) wird in den intestinalen Epithelzellen sortiert und zu Chylomikronen neu zusammengesetzt. Die anderen Nährstoffe werden durch "Tunnel", sogenannte Transporter, in die Zellen aufgenommen. Nachdem die Nährstoffe die intestinalen Epithelzellen durchquert haben, werden sie über das Blut und die Lymphe im Körper verteilt.

Box 1 | Experiment - Verdauung beginnt in deinem Mund

Der Speichel in deinem Mund ist ein Beispiel für einen Verdauungssaft. Du kannst ein einfaches Experiment machen, um die Verdauungsenzyme in deinem Speichel zu testen. Du nimmst ein „nacktes“ Stück Brot in den Mund. Dann kaust du gründlich und lässt den Brei für eine Weile in deinem Mund. Nach einer Weile schmeckt es ein bisschen süß. Warum? Weil Brot Stärke enthält. Stärke ist ein Kohlenhydrat. Chemisch sind Kohlenhydrate lange Ketten aus Zuckermolekülen. Diese langen Ketten schmecken aber nicht süß, weil die Rezeptoren für den süßen Geschmack auf deiner Zunge nur Kohlenhydrate erkennen, die aus einem oder zwei Zuckermolekülen bestehen. Die Enzyme in deinem Speichel spalten die langen Kohlenhydratketten der Stärke in kleinere Stücke. So werden Zuckermoleküle frei, die die Rezeptoren für den süßen Geschmack aktivieren können und deine Zunge sagt deinem Gehirn, dass du etwas Süßes gegessen hast.

Wie jede andere Zelle im Körper sind IEZ umschlossen von einer Zellmembran. Daher müssen alle Nährstoffe zuerst durch die Zellmembran, um in den Körper zu gelangen.

Die Verdauung zerlegt Kohlenhydrate in Zucker, Proteine in Aminosäuren und Fett in winzige Tröpfchen, sogenannte Mizellen (Abbildung 2). IEZ nehmen alle diese winzigen Nährstoffbestandteile auf. Während Mizellen die Zellmembran direkt durchqueren können, benötigen Zucker, Aminosäuren und Vitamine spezielle Moleküle, um in die IEZ zu kommen. Diese speziellen Moleküle werden Nährstofftransporter genannt (Abbildung 2).

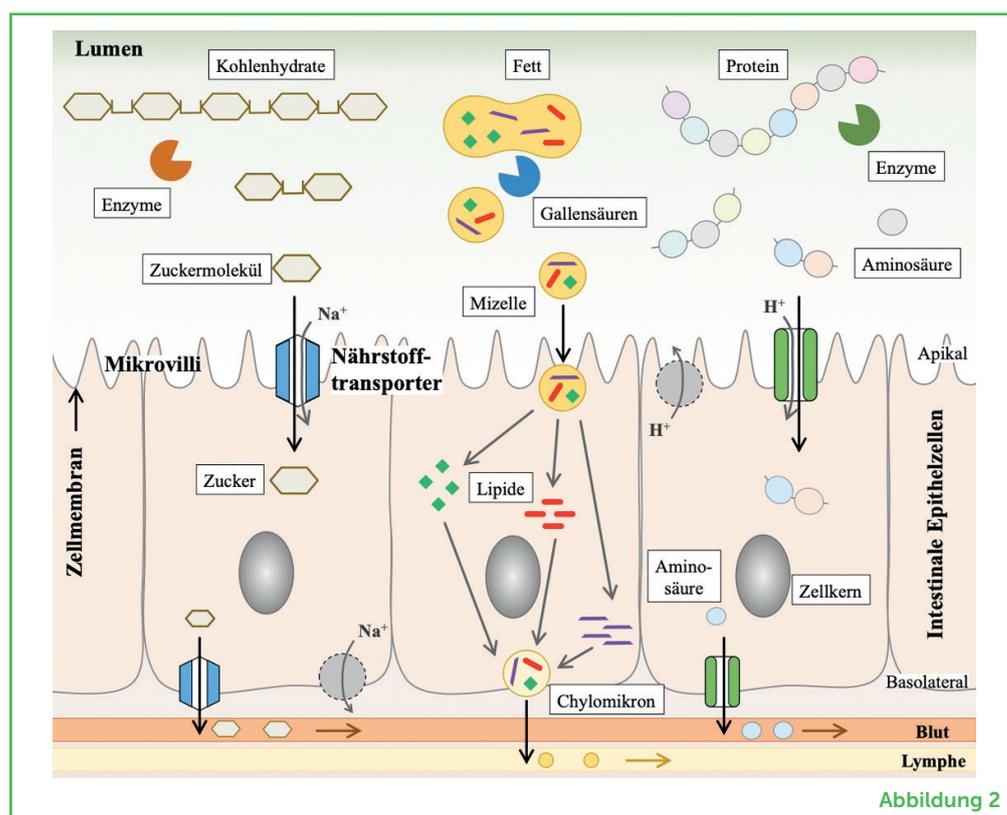


Abbildung 2

WAS SIND NÄHRSTOFFTRANSPORTER?

Nährstofftransporter bilden kleine Poren oder Tunnel in der Zellmembran. Sie sind also wie Türen, durch die die Nährstoffe in die Zellen kommen. Die Innenseite des Dünndarms heißt Lumen und enthält den Nahrungsbrei.

Um die Nährstoffe in den Körper zu transportieren, sitzen die Nährstofftransporter auf der Seite der Zellmembran, die in Richtung Lumen schaut. Der Grund, warum die Nährstoffe diese Türen benutzen und das Lumen verlassen, nennt sich Diffusion. Das Wort „Diffusion“ beschreibt den Vorgang, wenn sich Moleküle von einem Ort mit einer hohen Konzentration (z. B. wenn du einen Kuchen isst und viel Zucker in deinem Darmlumen hast) zu einem Ort mit einer niedrigeren Konzentration bewegen (in deinen IEZ sind weniger Zuckermoleküle als im Darmlumen). Umso größer der Unterschied zwischen den Konzentrationen ist, desto größer ist die physikalische Kraft, die die Moleküle (hier den Zucker) in die Zellen zieht. Manche Nährstofftransporter transportieren nicht nur Nährstoffe, sondern gleichzeitig auch Ionen. Ionen sind elektrisch geladene Teilchen. Salz enthält zum Beispiel positiv geladene Natrium- und negativ geladene Chloridionen. Ein Konzentrationsunterschied bei den Ionen kann als zusätzlicher „Antrieb“ für den Nährstofftransport genutzt werden, so dass dem Körper möglichst wenige Nährstoffe verloren gehen. Aber warum verlangsamt sich der Nährstofftransport nicht oder stoppt sogar komplett? Der ständige Transport von Nährstoffen und Ionen sollte doch die Konzentrationsunterschiede zwischen dem Lumen und dem Inneren der IEZ immer kleiner werden lassen? Damit genau das nicht passiert, haben IEZ auch Transporter auf der gegenüberliegenden Seite, der sogenannten „basolateralen“ Seite. Diese Transporter pumpen Ionen mit Hilfe chemischer Energie wieder aus den IEZ heraus. Sie funktionieren also nicht mit Diffusion, sondern eher wie eine elektrische Pumpe und brauchen keinen Konzentrationsunterschied. Deswegen können diese Transporter immer für die niedrige Konzentration von Ionen im Inneren der IEZ sorgen, die für die Nährstoffaufnahme nötig ist. Zusätzlich helfen Nährstofftransporter auf der basolateralen Seite den Nährstoffen, die IEZ wieder zu verlassen, damit die IEZ nicht mit Nährstoffen überladen werden. So gelangen Zucker, Aminosäuren und Vitamine mit Hilfe von Transportern durch die IEZ hindurch in den Blutkreislauf.

LYMPHE

Eine farblose Flüssigkeit, die entsteht, wenn Blutflüssigkeit (Plasma genannt) aus den Blutgefäßen austritt. Mit der Lymphe werden Fett aus dem Darm und Immunzellen transportiert. Das Hauptlymphgefäß vereinigt sich mit einem großen Blutgefäß im Brustraum, und Lymphe und Blut werden wieder vermischt.

Im Gegensatz dazu kann Fett direkt durch die Zellmembran hindurch, ohne dass ein spezieller Transporter gebraucht wird. In den IEZ werden die kleinen Fetttropfchen in ihre Bestandteile zerlegt und neu zusammengesetzt. So entstehen Transportpartikel, die sogenannten Chylomikronen, die mit der **Lymphe** abtransportiert werden. Alle Nährstoffe werden dann im Körper verteilt und von den Zellen genutzt (**Abbildung 2**).

WARUM DEN NÄHRSTOFFTRANSPORT ERFORSCHEN?

Wie du dir vorstellen kannst, sind die Aufnahme und der Transport von Nährstoffen sehr komplizierte Prozesse. Es gibt viele verschiedene Transporter für die unterschiedlichen Nährstoffe und es gibt sogar verschiedene Transporter für die unterschiedlichen Arten von Zuckern und Proteinen. Andererseits ist es so, dass ein bestimmter Transporter verschiedene Zuckerarten transportieren kann oder viele verschiedene Transporter genau den gleichen Nährstoff transportieren können. Es ist also kein Wunder, dass die Nährstoffaufnahme immer noch nicht vollständig verstanden wird. Allerdings ist es sehr wichtig, den Nährstofftransport zu erforschen, denn es gibt Krankheiten, die durch nicht funktionierende Transporter verursacht werden. Es gibt aber auch Menschen, die funktionierende Transporter haben, aber trotzdem manche Nährstoffe nicht aufnehmen können. Zum Beispiel haben

BIOLOGISCHES MODELL

Ein experimentelles System, das Gewebefunktionen oder Krankheiten vereinfacht darstellt. Modelle reagieren in medizinischen Tests ähnlich wie das natürliche Gewebe und geben Einblicke in komplexe biologische Funktionen.

ZELLINIE

Zellen von Pflanzen, Tieren oder Menschen, die in kleinen Plastikbehältern gezüchtet und als biologische Modelle verwendet werden. Sie "schwimmen" in Medium. Ein Medium ist eine Flüssigkeit, die alles enthält, was die Zellen zum Leben und Wachsen brauchen.

Patienten mit Fruktosemalabsorption, die keinen Fructose aufnehmen können, häufig einen funktionierenden Fruktosetransporter. Zu wissen, was in jedem dieser Fälle genau falsch läuft, hilft Wissenschaftlern Behandlungen dafür zu entwickeln. Das ist wichtig, denn eine Malabsorption kann starke Bauchschmerzen und andere Gesundheitsprobleme verursachen.

Nährstofftransporter sind auch für die Entwicklung neuer Medikamente wichtig, denn manche Medikamente werden von Nährstofftransportern in den Körper aufgenommen. Einige Antibiotika, die bakterielle Infektionen bekämpfen können, werden zum Beispiel von Nährstofftransportern aufgenommen, da ihre chemische Struktur kleinen Proteinen ähnelt. Wenn wir genau wissen, wie der Transport funktioniert, können Medikamente entwickelt werden, die vom Körper besser aufgenommen werden können und weniger Nebenwirkungen haben.

WIE WIRD DER NÄHRSTOFFTRANSPORT ERFORSCHT?

Leider ist es schwierig, den Nährstofftransport zu erforschen. Wissenschaftler verwenden für die Erforschung des Nährstofftransports sogenannte **biologische Modelle**, weil die Transportprozesse nicht direkt im menschlichen Darm untersucht werden können. Solche biologischen Modelle sind meist entweder **Zelllinien** oder Tiere, aber beide haben große Nachteile. Damit man sie für Experimente benutzen kann, müssen Zelllinien ständig wachsen und sich teilen. Deshalb wurden die meisten Zelllinien aus Krebszellen gezüchtet oder ihr Erbgut wurde gentechnisch verändert. Aber die Veränderungen, die diese Zellen so gut wachsen lassen, verändern auch andere Eigenschaften der Zellen. Vor allem Tumorzelllinien, die sehr häufig für die Erforschung des Nährstofftransports im Darm verwendet werden, haben manchmal mehr oder weniger Transporter als normale Zellen. Ihnen können manche Transporter sogar ganz fehlen.

Im Gegensatz dazu kann man mit Tieren mehr als nur die Aufnahme von Nährstoffen durch die IEZ erforschen. Die Nährstoffaufnahme kann durch vieles beeinflusst werden. Zum Beispiel durch die Zusammensetzung des Essens, die Geschwindigkeit, mit der der Nahrungsbrei an den Villi vorbeifließt, oder wie schnell die Nährstoffe an das Blut auf der basolateralen Seite weitergegeben werden. Deshalb ist es so wichtig das ganze Lebewesen und nicht nur bestimmte Zellen zu betrachten. Allerdings sind Mäuse das Tiermodell, das am häufigsten benutzt wird. Aber Mäuse sind Nagetiere, sie essen ganz andere Sachen als Menschen und ihr Darm ist völlig anders als der eines Menschen aufgebaut. Ihre Nährstofftransporter sind zwar denen von Menschen sehr ähnlich, aber nicht gleich. Trotzdem haben Wissenschaftler diese Modelle jahrelang verwendet, bis... eine neue, bahnbrechende Methode entwickelt wurde: intestinale Organoide!

WAS SIND ORGANOIDE?

Organoide sind kleine, organähnliche Strukturen aus Zellen. Sie wachsen nicht als "Zellenrasen" wie normale Zelllinien, sondern in 3-dimensionalen Strukturen in einer Substanz, die Wackelpudding ähnelt. Intestinale Organoide sind wie "Mini-Därme", die aus Darmkrypten gezüchtet werden können

Abbildung 3

(A) Intestinale Organoide können innerhalb von sieben bis zehn Tagen aus Darmkrypten gezüchtet werden. Diese "Mini-Därme" bestehen aus intestinalen Epithelzellen und sind ein großartiges Werkzeug für die Forschung. Sie können so klein sein wie ein Haar breit ist (100µm) aber auch 2mm groß werden. Dann sind sogar ohne Mikroskop als kleine Punkte sichtbar. (B) Organoide sind auch schön. Manchmal, wenn man durch das Mikroskop schaut, sieht es so aus als würden sie zurück-schauen. Organoide können die unterschiedlichsten Formen haben. Mit ein bisschen Fantasie kann man einiges in der Petri-schale entdecken! Was siehst du?

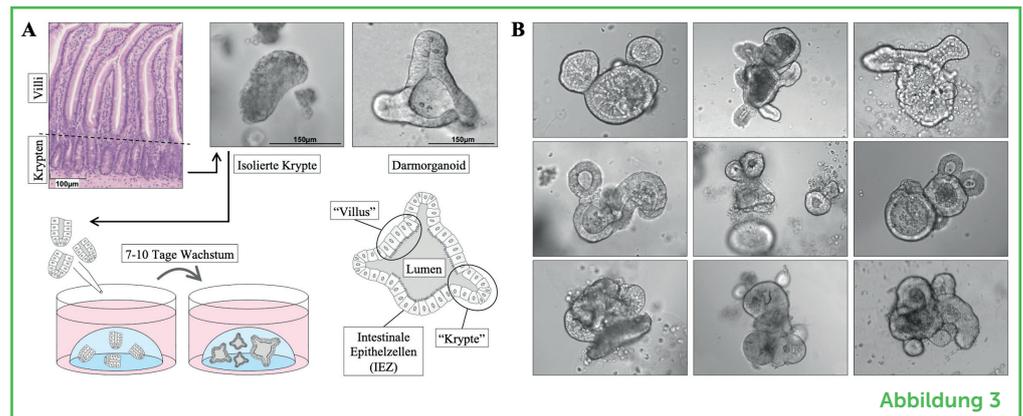


Abbildung 3

(Abbildung 3) [2]. Während die Krypten in der Zellkulturschale wachsen, schließen sie sich und formen einen Ballon. Die IEZ bilden die Haut des Ballons mit einem Lumen in der Mitte, das wie die Luft im Inneren des Ballons ist. Mit der Zeit wachsen dem Organoid-Ballon Fortsätze und er bekommt eine krakenartige Form. Die zahlreichen Arme der Krake und die Bereiche dazwischen sind wie die Krypten und Villi des Dünndarms (Abbildung 3).

Man braucht nur sehr kleine Stücke Darmgewebe um genügend Krypten für die Zucht von intestinalen Organoiden zu bekommen. Aber woher bekommen wir die? Es gibt zwei Möglichkeiten. Manchmal müssen Patienten Teile des Darms entfernt werden, vor allem bei Darmentzündungen oder Krebserkrankungen. In diesen Fällen wird auch etwas von dem gesunden Darmgewebe neben dem kranken Gewebe entfernt. Dieses Gewebe kann zur Gewinnung von Krypten verwendet werden. Die andere Möglichkeit sind Biopsien. Eine Biopsie ist ein kleines Stück Gewebe, das während einer medizinischen Untersuchung aus dem GI-Trakt entnommen wird. Biopsien werden mit kleinen Klemmen entnommen, die wie winzige Krokodilmäuler aussehen. Diese zwicken in die Darmwand und beißen dadurch Gewebestücke heraus, die ca. 10mm² groß ist. Zum Vergleich: Ein „Knopf“ von einem LEGO®-Stein hat eine Fläche von 18mm². Aus 2-3 dieser Gewebestücke können wir ungefähr 150-300 Krypten bekommen. Das ist genug, um intestinale Organoide zu züchten [3].

WARUM SIND ORGANOIDE EIN SO TOLLES MODELL?

Organoide haben sehr viele Vorteile:

- sie bestehen aus Zellen, die genauso sind wie die „echten“ im Darm.
- im Gegensatz zu Zelllinien stammen sie nicht von Krebszellen ab und haben kein verändertes Erbgut.
- sie sind menschlichen Ursprungs und nicht von Tieren wie z.B. Mäusen.
- sie können aus verschiedenen Teilen des Darms gezüchtet werden – das ist wichtig, weil einige Nährstoffe nur in bestimmten Bereichen des Darms aufgenommen werden und deshalb die dafür notwendigen Transporter nur in diesen Teilen des Darms zu finden sind.
- sie können direkt aus dem Gewebe von Patienten gezüchtet werden und können so helfen, die beste Behandlung für jeden einzelnen Patienten zu finden. Das nennt man **personalisierte Medizin**.

PERSONALISIERTE MEDIZIN

Dieselbe Krankheit kann unterschiedliche Ursachen haben. Die personalisierte Medizin berücksichtigt das und stimmt die Behandlung auf jeden Patienten individuell ab, um die bestmögliche Behandlung zu ermöglichen.

FAZIT UND AUSBLICK

Es gibt noch viel zu erforschen über die Nährstoffaufnahme im Darm. Intestinale Organoide sind ein großartiges Werkzeug für diesen Forschungsbereich und sie werden Wissenschaftlern helfen, Krankheiten wie die Nährstoffmalabsorption besser zu verstehen. Mit menschlichen Darmorganoiden haben wir jetzt ein besseres System, die Aufnahme von Medikamenten durch Nährstofftransporter zu testen. Das erleichtert die Entwicklung neuer Medikamente. Und nicht nur das, Organoide werden auch Labortieren das Leben retten. Denn die Verwendung von menschlichen Organoiden wird die Zahl der Tierversuche verringern.

Im Zusatzmaterial findest du Fotos von den Mikroskopen, mit denen die Bilder von den Organoiden gemacht wurden. Außerdem kannst du noch mehr darüber lernen, was man alles mit Organoiden machen kann.

DANKSAGUNG

Eva möchte ihren Kindern dafür danken, dass sie bei der Auswahl der Organoidbilder geholfen haben.

WISSENSCHAFTLICHER ORIGINALARTIKEL

Zietek, T., Giesbertz, P., Ewers, M., Reichart, F., Weinmüller, M., Urbauer, E., et al. 2020. Organoids to study intestinal nutrient transport, drug uptake and metabolism—Update to the human model and expansion of applications. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 5:577656. doi: [10.3389/fbioe.2020.577656](https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.577656)

REFERENZEN

1. Helander, H. F., and Fandriks, L. 2014. Surface area of the digestive tract—revisited. *Scand. J. Gastroenterol.* 49:681–9. doi: [10.3109/00365521.2014.898326](https://doi.org/10.3109/00365521.2014.898326)
2. Sato, T., Vries, R. G., Snippert, H. J., van de Wetering, M., Barker, N., Stange, D. E., et al. 2009. Single Lgr5 stem cells build crypt-villus structures *in vitro* without a mesenchymal niche. *Nature* 459:262–5. doi: [10.1038/nature07935](https://doi.org/10.1038/nature07935)
3. Mahe, M. M., Sundaram, N., Watson, C. L., Shroyer, N. F., and Helmrath, M. A. 2015. Establishment of human epithelial enteroids and colonoids from whole tissue and biopsy. *J. Vis. Exp.* 97:52483. doi: [10.3791/52483](https://doi.org/10.3791/52483)

EDITOR: Kathryn Jane Burton-Pimentel, Agroscope, Switzerland

SCIENCE MENTORS: Medha Priyadarshini and Jamal Houssaini

CITATION: Zietek T and Rath E (2023) Organoids—Mini Guts Help Answer Big Questions About Intestinal Nutrient Transport. *Front. Young Minds* 10:717455. doi: [10.3389/frym.2022.717455](https://doi.org/10.3389/frym.2022.717455)

JUNGE GUTACHTER



ARASI, AGE: 8 YEARS

Hola Amigo! I am Arasi. I am in 3rd grade. I love to dance, play the piano, and draw! In my free time, I read books, my favorite series are diary of a wimpy kid and dork diaries. My favorite colors are pastel pink, purple, and mint green. When I grow up, I want to become a lawyer. I just want to say, for a better world, kindness is the way to go! Addios!



HANIYEH, AGE: 14 YEARS

Hello, I am Haniyeh! My favorite subjects in school are Art and English, and like drawing and mixing/mastering in my free time. I enjoy reading about various topics on the internet, and am fascinated with analysing mysteries and strange events.

AUTHOREN



TAMARA ZIETEK

Tamara hat im Bereich Biochemie promoviert und am Lehrstuhl für Ernährungsphysiologie an der Technischen Universität München gearbeitet. Während ihrer Zeit dort hat sie den Nährstofftransport, die Arzneimittelaufnahme und die Hormonproduktion im Darm untersucht. Tamara und Eva haben sich während ihrer Arbeit im selben Gebäude zufällig kennengelernt und intestinale Organoide mit Methoden zur Messung des Nährstofftransports kombiniert. Tamara arbeitet jetzt für eine Organisation, die tierfreie Technologien basierend auf menschlichen Geweben fördert und sich für die Rettung von Tierleben einsetzt.



EVA RATH

Eva hat "Ernährung und Biomedizin" studiert und arbeitet jetzt als Postdoc am Lehrstuhl für Ernährung und Immunologie an der Technischen Universität München. Ihr Forschungsthema sind intestinale Epithelzellen und wie sich der zelluläre Stoffwechsel verändert, wenn der Darm entzündet ist. Seit 2013 arbeitet sie mit intestinalen Organoiden und ist immer noch erstaunt zu welchen Formen sie heranwachsen können und fasziniert von den Forschungsmöglichkeiten, die sie bieten. Tamara und Eva haben 2013 zum ersten Mal zusammen Experimente gemacht und sind seitdem Kollegen und Freunde. eva.rath@tum.de

CONFLICT OF INTEREST: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

COPYRIGHT © 2023 Zietek and Rath. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.