

Dünndarm (Intestinum tenue)

Die resorptive Leistung dieses etwa sechs Meter langen Organs ist direkt verbunden mit seiner Oberflächengestaltung. Der Oberflächenstruktur liegt das Prinzip der Oberflächenvergrößerung zugrunde und beinhaltet folgende Strukturelemente

- Falten (circa 650 Kerckring-Falten)
- Zotten (etwa 10 Millionen im gesamten Dünndarm, $50/\text{mm}^2$)
- Mikrovilli (pro Zelle circa 2.000)

Im Dünndarm wird der Verdauungsbrei (Chymus) mit dem Darmsaft, der Gallenflüssigkeit und dem Sekret der Bauchspeicheldrüse durchmischt und von proximal nach distal an den Mukosazellen vorbeigeführt. Die Enterozyten erfüllen dabei zwei wichtige und gewissermaßen entgegengesetzte Aufgaben. Einerseits sind sie für die Resorption von Nährstoffen zuständig und zum Anderen sekretieren sie Bestandteile für den intestinalen Schleim.

Für die Resorption sind die etwa ein Millimeter langen Zotten (Villi intestinalis) verantwortlich. Die fingerartigen Gebilde tragen ein einschichtiges prismatisches Epithel, das an der luminalen Seite durch einen Saum aus Mikrovilli begrenzt ist und zur Bezeichnung „Saumepithel“ geführt hat. An die Mikrovilli gebundene Enzyme ermöglichen die Resorption von Kohlenhydraten, Aminosäuren und anderen Nahrungsbestandteilen über den Blutweg und von Lipiden über den Lymphweg.

Unterhalb des Schleimhautepithels einer Zotte schließt sich das Zottenstroma an. Es besteht aus retikulärem Bindegewebe, in das die Kapillarnetze des Blutstroms und lymphatischen Stromgebiets eingebaut sind. Eingestreute glatte Muskelzellen erlauben der Zotte eine Formveränderung sowie die Herstellung eines engen Kontaktes zwischen Chymus und Schleimhaut.

In den Schleim des Darmes integrierte Abwehrstoffe halten die symbiotischen Mikroorganismen in Schach. Zu den Abwehrstoffen zählen beispielsweise Lysozym, Defensine und Cathelicidine, die mikrobielle Membranen zerstören. Diese, zum unspezifischen humoralen Teil des Immunsystems gehörenden Wirkstoffe, werden von den Mukosazellen und insbesondere von den Paneth-Zellen gebildet. Defensine sind körpereigene Antibiotika zum Schutz vor Krankheitserregern.

Im Schleim ist darüber hinaus auch IgA anzutreffen, das vor allem die Normalflora des Darmes auf Distanz hält. Täglich bilden die Plasmazellen der Lamina propria drei bis fünf Gramm IgA für den intestinalen Schutzfilm. Die ständige Peristaltik erschwert den Bakterien das Andocken an die Mukosazellen. Die Verschlussleisten zwischen den Zellen (tight junctions) bilden eine effektive mechanische Barriere gegen das Eindringen von Erregern, falls diese doch bis zu den Enterozyten

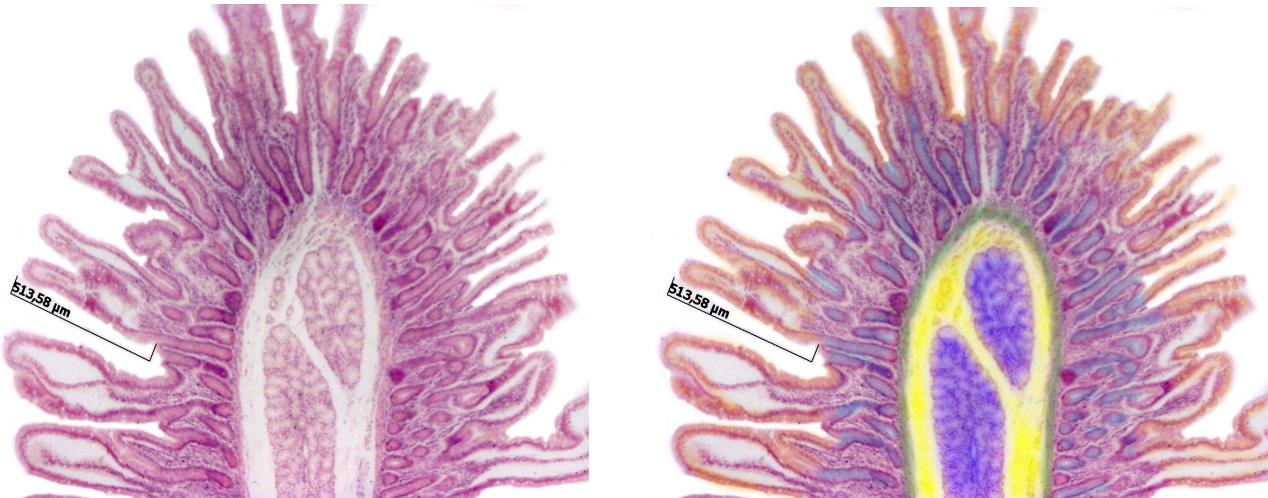
vordringen sollten.

Dendritische Zellen der Lamina propria führen ihre Ausläufer durch die Verschlussleisten und nehmen Kontakt mit den Antigenen im Darmlumen auf. Sie können Antigene phagozytieren und verarbeiten, um ausgewählte Epitope zu präsentieren. Eine weitere antigenpräsentierende Zelle des Darmes ist die M-Zelle (membranous cells). Es handelt sich dabei um spezialisierte Mukosazellen, die Antigene aller Art aus dem Darmlumen aufsammeln, diese in Fragmente zerlegen und gebunden an HLA- Rezeptoren zur Lamina propria weiterleiten. Hier warten B- und T-Lymphozyten auf die HLA-gebundenen Antigene, um die Botschaften in Empfang zu nehmen. Sind die B- und T-Zellen instruiert, wandern sie in den nächstgelegenen Lymphknoten (Peyer-Platte) und organisieren die Immunantwort. Im Darm befinden sich 60% aller T-Lymphozyten.

Duodenum

Charakteristisch für das Duodeneum sind die schnell aufeinanderfolgenden Ringfalten. Am histologischen Bau der Kerckring-Falten sind Mucosa und Tela submucosa beteiligt. Die ringförmig aufgeworfene Schleimhaut ist dicht mit Zotten besetzt. Die fingerförmigen Zotten bestehen aus hochprismatischen Saumzellen und dem Zottenstroma. Im Saume�ithel sind einzelne Becherzellen verbaut. Das Zottenstroma wird von retikulären Bindegewebe mit eingestreuten glatten Muskelzellen und von Kapillaren gebildet. Zwischen benachbarten Zotten senkt sich das Epithel zu Krypten ein, die Paneth-Zellen, Becherzellen und weitere sezernierende Zellen mit endokriner Funktion enthalten. Wegen der Ansammlung der verschiedenen Drüsenzellen werden die Dünndarmkrypten auch als Drüsen des Dünndarms (Glandulae intestinalis) angesehen. Die endokrinen Drüsenzellen geben über ihre basale Seite Serotonin für die Steuerung der glatten Muskulatur des Dünndarms und das Hormon Sekretin für die Gallensaftproduktion in der Leber ab. Sekretin bewirkt außerdem eine Öffnung des Pylorus und somit den Abfluss des Mageninhaltes in das Duodenum. In der Tela submucosa liegende Brunner Drüsen führen, im Vergleich von Duodenum und Jejunum, zu kräftigen und gedrunenen duodenalen Ringfalten. Die exokrinen Drüsen erzeugen ein basisch reagierendes Sekret, das die Neutralisation des Magensaftes unterstützt. Es sind mucöse Drüsen mit ekkriner Sekretbildung und überwiegend azinärer Endstückform. Neben den Drüsen können in der Tela submucosa Blut- und Lymphgefäße sowie Nervenendigungen beobachtet werden. Die Muskelschicht setzt sich aus den Strati circulare und longitudinalis zusammen, die den in lockeres Bindegewebe eingebetteten Plexus myentericus einschließen. Den Abschluss bildet die Serosa.

Abb. 1 und 2 Duodenum Mensch, HE



folgende Strukturen sind farbig markiert: Zotten, Krypten, Tunica musculares mucosae, Tela submucosa und Brunner-Drüsen

Die Grenze zwischen Zotten und Krypten beschreibt das Schleimhautniveau. Durch Absenkung der Mucosazellen entstehen die Krypten. Die Zotten sind

Jejunum

Der histologische Bau unterscheidet sich gegenüber dem Duodenum durch das Fehlen der Brunner-Drüsen in der Tela submucosa und einer Zunahme der Becherzellen. Die Kerckring-Falten sind höher und schlanker. Zwischen den Zotten liegen unverzweigte Epitheleinsenkungen (Lieberkühn-Krypten). Von hier aus erfolgt durch mitotische Teilung die Regeneration der Darmschleimhaut. Nach der Teilung wandern die Zellen Richtung Zottenspitze und werden drei Tage nach dem Verlassen der Krypte in das Darmlumen abgestoßen. Die kurze Lebensdauer ist die Antwort auf den ständig existierenden Evolutionsdruck und verhindert, dass durch Nahrungsbestandteile geschädigte Mucosazellen überleben könnten. Die Lieberkühn-Krypten entsprechen den Glandulae intestinalis und enthalten wie das Duodenum Paneth-Zellen und endokrine Drüsenzellen.

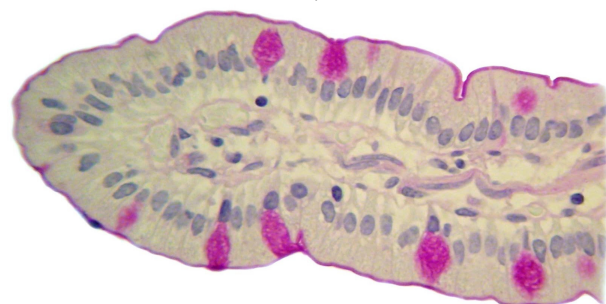
Der Bau von Tela submucosa, Muscularis und Serosa entspricht dem des Duodenums.

Abb. 3 Jejunum Mnesch, HE

Lupenvergrößerung der Ringfalten

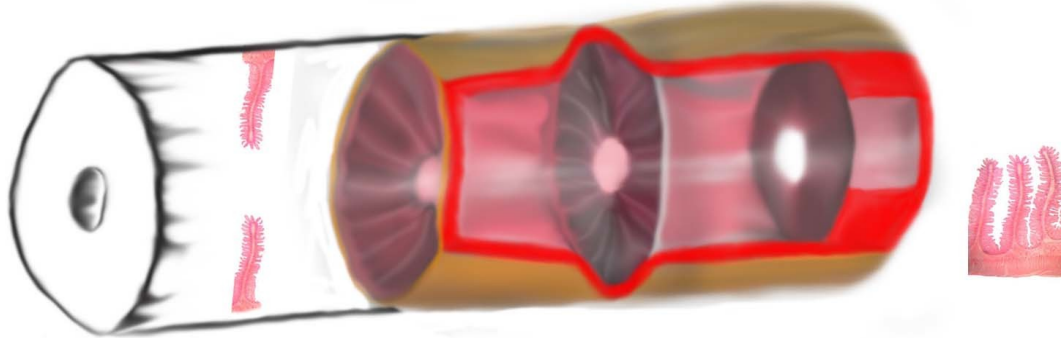


Abb. 4 Zotte Mensch, PAS/Hämalaun



Becherzellen und Saum violett

Abb. 5 Architektur der Ringfalten



Mucosa und Tela submucosa bilden gemeinsam die Ringfalten.

Abb. 6 Jejunum Mensch, HE-Färbung

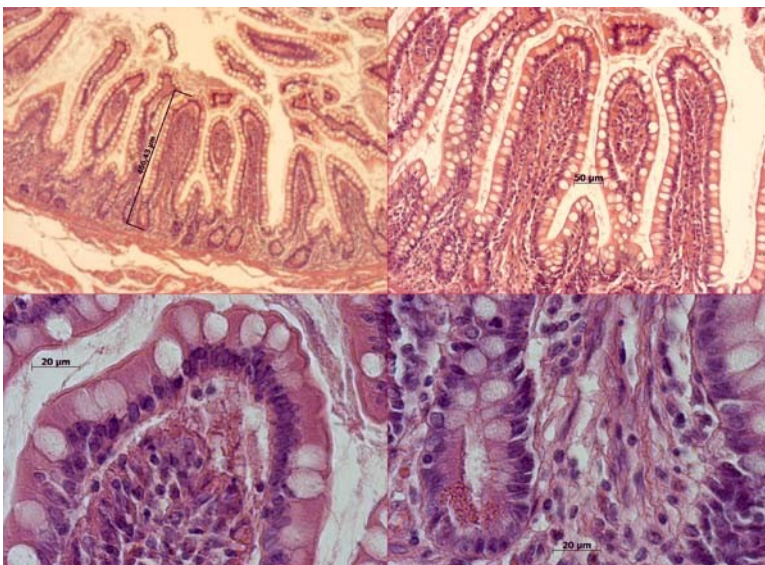
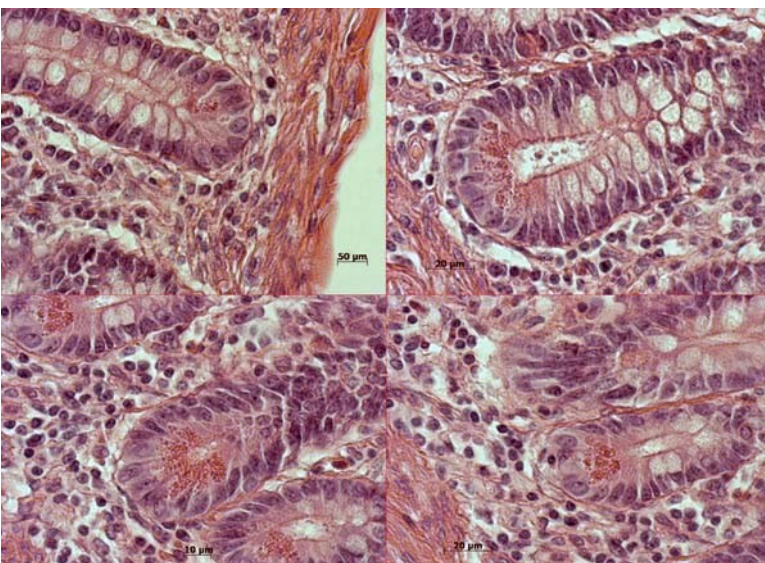


Abb. 7 Jejunum Mensch, HE-Färbung



Krypten mit Körnerzellen

Ileum

Nur noch am Anfang des Ileums sind flache und weit auseinander liegende Kerkring-Falten anzutreffen. Die Anzahl der Zotten verringert sich und geht einher mit der Zunahme der Becherzellen. Die Anzahl der Krypten nimmt gleichfalls. Sie sind nicht mehr so tief und enthalten keine endokrinen Drüsenzellen mehr. Charakteristisch für die Morphologie des Ileums ist die Anhäufung lymphatischen Gewebes in Mucosa und Tela submucosa (Peyer-Platten). Die Muscularis zweigt den selben Bau wie im Duodenum und Jejunum, ist jedoch insgesamt schwächer. Den Abschluss des Organs bildet die Serosa. Das Ileum endet an der Valva ileocaecalis (Bauhin-Klappe) mit der Einmündung in den Dickdarm.

Abb. 8 Ileum Mensch



Abb. 9 Dünndarm Ratte, makroskopisch sichtbarer Lymphfollikel



Abb. 10 und 11 Zotte Dünndarm Mensch, HE-Färbung



Rekonstruktion der dreidimensionalen Gestalt

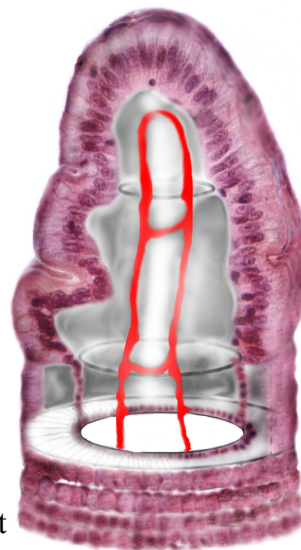


Abb. 12 Vergleich Zotte und Krypte



Der Unterschied erklärt sich sehr einfach an der Sekretion der Becherzellen. Diese geben den Schleim über die apikale Fläche ab. Bei der Krypte jedoch zunächst in das Lumen der Krypte und von dort ins Darmlumen. Bei der Zotte geben die Becherzellen den Schleim sofort ins Darmlumen. Die Krypten des Dünndarms werden deshalb auch Glandulae intestinalis (Dünndarmdrüsen) genannt.

Abb. 13 Schematische Zeichnung zum Bau des Dünndarms

Mucosaepithel gelb, Tunica muscularis mucosae rot, Tela submucosa grün,
Stratum circulare rot, Bindegewebe mit Plexus myentricus gelblich-rosa,
Stratum longitudinale rot, Serosa gelb-braun
Ringfalten

