

# FUNKTIONELLE DÜNNDARMDIAGNOSTIK IM RÖNTGENBILD

Beitrag zur Physiologie, Pharmakologie und Pathologie des Dünndarms

von

DR. WALTER NAUMANN

Privatdozent an der Medizinischen Klinik der Universität Göttingen

Mit 74 Abbildungen

19



48

---

GEORG THIEME VERLAG · STUTTGART

# FUNKTIONELLE DÜNNDARMDIAGNOSTIK IM RÖNTGENBILD

Beitrag zur Physiologie, Pharmakologie und Pathologie des Dünndarms

von

DR. WALTER NAUMANN

Privatdozent an der Medizinischen Klinik der Universität Göttingen

Mit 74 Abbildungen

19



48

GEORG THIEME VERLAG · STUTTGART

Veröffentlicht unter der Zulassung Nr. US - W - 2017  
der Nachrichtenkontrolle der Militärregierung

Privatdozent Dr. med. Walter Naumann  
geb. 8. XI. 05 in Ceyer i. Sa.

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten  
Copyright 1948 by Georg Thieme Verlag, Stuttgart  
Printed in Germany  
Satz und Druck: Dr. Cantz'sche Druckerei, Stuttgart-Bad Cannstatt  
Auflagenhöhe: 2000 Erschienen: Oktober 1948

## INHALT

	Seite	
Vorwort	5	
1. Einleitung und Problemstellung	7	
2. Anatomisch-physiologische und allgemein-röntgenologische Bemerkungen	10	
3. Methodik und Technik	13	
4. Kriterien der röntgenologischen Dünndarmdiagnostik	14	
5. Das funktionelle Verhalten des gesunden Dünndarms	16	
a) Allgemein	16	
b) Motorik	19	
c) Passage	35	
6. Physiologische Schwankungen im funktionellen Verhalten des gesunden Dünndarms	36	
7. Das funktionelle Verhalten des Dünndarms unter pharmakologischer und medikamentöser Beeinflussung	39	
8. Der funktionell pathologische Dünndarm	48	
a) Funktionelle Störungen auf vegetativ-nervöser und hormonaler Grundlage	49	
b) Funktionelle Störungen bei extraenteralen Krankheitsprozessen	50	
c) Funktionelle Störungen bei Erkrankungen des Dünndarms selbst	52	
$\alpha$ Unspezifisch entzündliche Prozesse	52	
$\beta$ Spezifische Dünndarmerkrankungen	59	
9. Schlußbetrachtung	61	
Schrifttum	63	
Bildanhang	65	

# FUNKTIONELLE DÜNNDARMDIAGNOSTIK IM RÖNTGENBILD

Beitrag zur Physiologie, Pharmakologie und Pathologie des Dünndarms

von

DR. WALTER NAUMANN

Privatdozent an der Medizinischen Klinik der Universität Göttingen

Mit 74 Abbildungen

19



48

GEORG THIEME VERLAG · STUTTGART

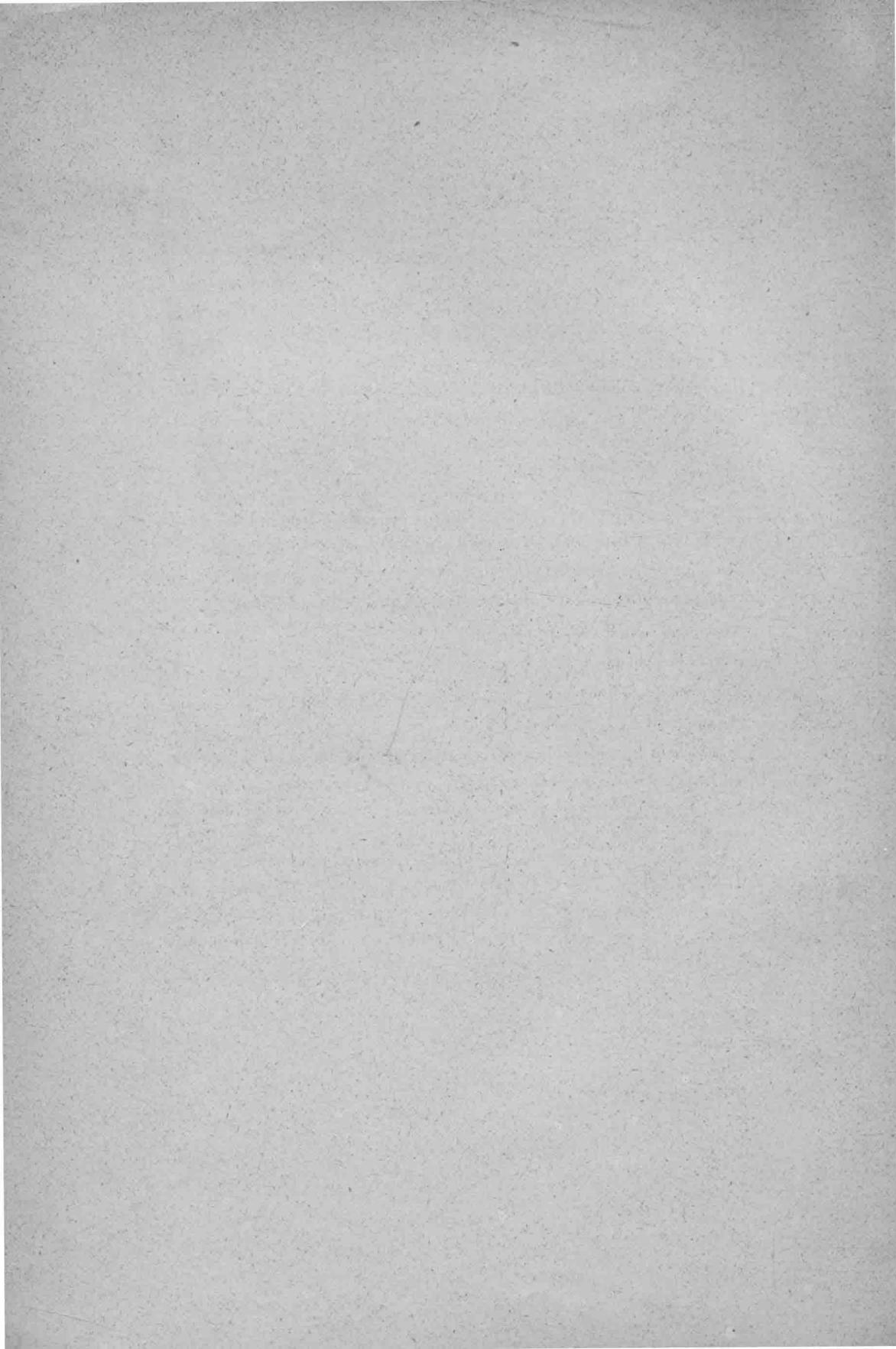
Veröffentlicht unter der Zulassung Nr. US - W - 2017  
der Nachrichtenkontrolle der Militärregierung

Privatdozent Dr. med. Walter Naumann  
geb. 8. XI. 05 in Geyer i. Sa.

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten  
Copyright 1948 by Georg Thieme Verlag, Stuttgart  
Printed in Germany  
Satz und Druck: Dr. Cantz'sche Druckerei, Stuttgart-Bad Cannstatt  
Auflagenhöhe: 2000 Erschienen: Oktober 1948

## INHALT

Vorwort	Seite	5
1. Einleitung und Problemstellung		7
2. Anatomisch-physiologische und allgemein-röntgenologische Bemerkungen		10
3. Methodik und Technik		13
4. Kriterien der röntgenologischen Dünndarmdiagnostik		14
5. Das funktionelle Verhalten des gesunden Dünndarms		16
a) Allgemein		16
b) Motorik		19
c) Passage		35
6. Physiologische Schwankungen im funktionellen Verhalten des gesunden Dünndarms		36
7. Das funktionelle Verhalten des Dünndarms unter pharmakologischer und medikamentöser Beeinflussung		39
8. Der funktionell pathologische Dünndarm		48
a) Funktionelle Störungen auf vegetativ-nervöser und hormonaler Grundlage		49
b) Funktionelle Störungen bei extraenteralen Krankheitsprozessen		50
c) Funktionelle Störungen bei Erkrankungen des Dünndarms selbst		52
$\alpha$ Unspezifisch entzündliche Prozesse		52
$\beta$ Spezifische Dünndarmerkrankungen		59
9. Schlußbetrachtung		61
Schrifttum		63
Bildanhang		65



## Vorwort

Für die klinische Diagnostik ist die Anwendung der Röntgenstrahlen als makroskopisch-formale Untersuchungsmethode unentbehrlich geworden. Die in zunehmendem Maße einsetzende Erörterung funktionell-diagnostischer Probleme in der Röntgenologie zeigt aber, daß die morphologische Betrachtungsweise allein nicht mehr genügt. Zum direkten Nachweis anatomischer Veränderungen tritt die Forderung nach Erfassung und Prüfung der Organfunktion.

Mit zunehmender Verbesserung der Methodik ist der Ausbau einer Funktionsdiagnostik an den verschiedensten Organen eingeleitet. Bewegungsabläufe, Tonusverhältnisse, Resorptions- und Sekretionsleistungen sind neben anderen Faktoren der röntgenologischen Beurteilung zugänglich geworden. Die gewonnenen funktionellen Zeichen bilden einen eigenen Symptomenkomplex, der neben den morphologischen Verhältnissen zu beurteilen ist. Erst die Kombination beider erlaubt die bestmögliche diagnostische Klärung. Funktionelle Störungen brauchen aber nicht unbedingt mit anatomischen Veränderungen gekoppelt zu sein. Das morphologische Substrat kann fehlen oder sich noch dem Nachweis entziehen. Dann ist die „*functio laesa*“ einzige Manifestation eines bestehenden Beschwerdekompleses und ihre röntgenologischen Symptome können den Wert direkter Krankheitszeichen erhalten.

Aus einer Arbeitsrichtung, die die röntgenologische Funktionsdiagnostik in diesem Sinne in die klinische Diagnostik einzubauen sucht, soll hier über die Befunde einer funktionellen Dünndarmdiagnostik berichtet werden.

Meinem Chef, Herrn Professor Dr. R. Schoen, bin ich für manche Anregung bei der Durchführung der Untersuchungen, die in engster Zusammenarbeit mit der Klinik erfolgte, zu Dank verpflichtet. Auch meinem Mitarbeiterkreis danke ich für die mir jederzeit geleistete Hilfe und Unterstützung.

Der Verlag hat unter außergewöhnlichen Schwierigkeiten die Drucklegung ermöglicht und die Voraussetzung für die Wiedergabe zahlreicher Abbildungen geschaffen, die aus technischen Gründen in einem Anhang zusammengefaßt werden mußten. Herrn Dr. med. h. c. Hauff sage ich für sein großzügiges Entgegenkommen meinen besonderen Dank.

Göttingen, im Januar 1948.

Walter Naumann.



## 1. Einleitung und Problemstellung

In der klinischen Medizin ist der Dünndarm auch heute noch ein relativ wenig beachtetes Organ, da er im Verhältnis zu seiner Ausdehnung und dem Umfang seiner physiologischen Aufgaben nur selten nachweisbare Krankheitserscheinungen erkennen läßt. Diese auffällige Diskrepanz steht aber schon zu theoretischen Überlegungen, wonach mit einer gesteigerten morphologischen oder funktionellen Differenzierung eine vermehrte Anfälligkeit einhergeht, in Widerspruch. Es kann mit Sicherheit angenommen werden, daß die Zahl der möglichen Dünndarmerkrankungen bedeutend größer ist als die der heute bekannten Störungen. Hinweise hierauf finden sich in der Pädiatrie, wo intestinale Intoxikationen mit ihren Auswirkungen auf den gesamten Organismus eine überragende Bedeutung gewonnen haben. Daß ähnliche Vorgänge, wenn auch in milderer Form, beim Erwachsenen ablaufen, ist nicht zu bezweifeln und bedarf kaum des Beleges durch das extreme Beispiel der Sprue mit ihren schweren Störungen der Fett- und Kohlehydratresorption. Aber auch für manche genetisch noch ungeklärten Erkrankungen, wie solche rheumatischer oder allergischer Natur, dürfte der Dünndarm als hauptsächlichstes Aufnahme- und Resorptionsorgan von größerer Wichtigkeit sein, als allgemein angenommen wird. Problemstellungen dieser Art beginnen sich in der neueren Literatur mehrfach abzuzeichnen, von ihrer Lösung sind wir aber noch weit entfernt. Die anatomischen und topographischen Besonderheiten und die verschiedenen gleichzeitig ablaufenden funktionellen Äußerungen des Dünndarms erschweren seine Untersuchung außerordentlich, so daß bereits die experimentelle Forschung auf erhebliche methodische Schwierigkeiten stößt und sich jeweils mit der Untersuchung von Teilfunktionen begnügen muß, deren Ergebnisse begrenzt und nicht immer übereinstimmend sind. Somit erklärt sich die geringe Rolle, die der Dünndarm im klinischen Denken spielt, zu einem wesentlichen Teil durch die ungenügenden Kenntnisse der hier ablaufenden physiologischen und vor allem pathologischen Vorgänge. Dazu kommt, daß bei der Länge des Organs sicher weitgehende Kompensationsmöglichkeiten vorhanden sind, so daß erst tiefgreifende Störungen klinisch manifest werden.

Unter den zahlreichen Methoden und Arbeitsrichtungen, mit denen das Dünndarmproblem von den verschiedensten Seiten her angegangen wurde, spielte das Röntgenverfahren bald nach seiner Entdeckung zunächst eine bemerkenswerte Rolle. Manche grundlegende Erkenntnisse wurden schon frühzeitig damit gewonnen. Es gelang, das arbeitende Organ, wenn auch auf indirektem Wege, so doch unter physiologischen Bedingungen erstmals dem Auge sichtbar zu machen, die Verweildauer der Ingesta zu bestimmen, gewisse Bewegungsformen abzugrenzen und schließlich vereinzelt auch krankhafte Prozesse nachzuweisen. Für die betont morphologische Betrachtungsweise in der Röntgenologie aber verlor der Dünndarm bei dem seltenen Vorkommen grob anatomischer Veränderungen und seiner schweren Zugänglichkeit bald an Interesse, so daß die Röntgendiagnostik dieses Organes nur wenig vorangetrieben wurde.

Rieder hat in seinem 1925 erschienenen „Lehrbuch der Röntgenkunde“ den damaligen Stand der röntgenologischen Dünndarmdiagnostik in einer umfassenden Arbeit dargelegt. Auf diesen Erkenntnissen aufbauend, hat die weitere Erforschung

dieses Darmabschnittes erst in den letzten Jahren wieder Fortschritte gezeigt. Durch Arbeiten von Gutzeit, Kuhlmann, Pansdorf, v. Pannewitz, Pannhorst, besonders aber durch die Untersuchungen von Prévôt und Wetz, wurden neue Gesichtspunkte in das Dünndarmstudium hineingetragen und die Problematik einer erweiterten röntgenologischen Dünndarmdiagnostik aufgezeichnet und zur Debatte gestellt. Neue diagnostische Möglichkeiten ergaben sich nach zwei Richtungen: einmal durch den versuchten Nachweis anatomischer Wandveränderungen mittels der Reliefdarstellung, und zum anderen durch Einbeziehung röntgenologisch faßbarer funktioneller Zeichen. Nach beiden Seiten konnte die röntgenologische Symptomatik erweitert werden. Über den diagnostischen Wert der gewonnenen Befunde herrscht aber keine Einheitlichkeit der Anschauungen. Morphologische und funktionelle Betrachtungsweise stehen einander gegenüber und haben besonders in der Frage des Ausdrucks entzündlicher Schleimhautveränderungen im Röntgenbild zu sehr unterschiedlichen Auffassungen geführt.

Die Brauchbarkeit funktioneller Röntgensymptome und ihre Beweiskraft für die Diagnose ist nicht nur am Dünndarm, sondern ganz allgemein umstritten. Es bereitet die Fixierung und Deutung röntgenologisch erkennbarer Funktionsabläufe erheblich größere Schwierigkeiten als die Interpretation morphologischer Befunde. Eine Untersuchungsrichtung, die die Klärung funktioneller Erscheinungen bezweckt, befindet sich der anatomischen Diagnostik gegenüber insofern im Nachteil, als ihr eine Kontrolle durch Biopsie oder Autopsie entweder fehlt, oder eine solche nicht immer genügend objektive Unterlagen erbringt. Es blieb deshalb auch nicht aus, daß eine anfängliche Überwertung funktioneller Röntgensymptome zu diagnostischen Fehlleistungen führte, deren Folge zunächst eine Rückkehr zur rein anatomischen Betrachtungsweise war. Da der morphologische Zustand eines Organs aber nur in gewissem Umfange Rückschlüsse auf dessen Funktionstüchtigkeit zuläßt, andererseits Funktionsstörungen für die Entstehung von Beschwerden ursächlich oft häufiger und frühzeitiger von Bedeutung sind als Formänderungen, ist die direkte Erfassung funktioneller Organäußerungen durch die Röntgenuntersuchung immer wieder angestrebt worden. Mit verbesserter Methodik konnten nennenswerte und anerkannte Ergebnisse einer durch funktionelle Betrachtung verfeinerten Röntgen-diagnostik besonders an Gallenblase, Niere, Herz und am Verdauungskanal erreicht werden. Nur der Dünndarm fand dabei noch wenig Beachtung, obwohl gerade hier zahlreiche Möglichkeiten für das Auftreten derartiger Störungen gegeben sind. Im Röntgenbild wurden funktionelle Dünndarmzeichen zwar gelegentlich registriert, aber je nach Einstellung des Untersuchers gering oder überhaupt nicht bewertet. Erstmals hat Wetz mit Nachdruck in einer bemerkenswerten Mitteilung das funktionelle Moment absolut in den Vordergrund der röntgenologischen Dünndarm-diagnostik gestellt. Er verspricht sich von der Erkennung und Klärung funktioneller Störungen einen größeren diagnostischen Gewinn als durch den schwer zu führenden Nachweis anatomischer Veränderungen. Nach seiner Ansicht sind der morphologischen Betrachtung, die am Dünndarm weitgehend an das Schleimhautbild gebunden ist, Grenzen gesetzt, da der Füllungszustand dieses Darmabschnittes infolge des Peristaltikgesetzes nicht genügend willkürlich zu variieren ist. Auch Gutzeit und Kuhlmann ziehen nur mit großer Vorsicht diagnostische Schlüsse aus dem Schleimhautbild speziell bei der Enteritis und halten dabei die Reliefdiagnostik nur geeignet für den Nachweis schwerer entzündlicher Prozesse, wie sie sich zum Beispiel im Bereich einer Gastroenterostomie finden. Die von ihnen geprägten Begriffe der supermotorischen und supersekretorischen Form der Enteritis sind Ausdruck ihrer funktionellen Betrachtungsweise. Dagegen mißt Prévôt den funktionellen

Erscheinungen nur untergeordnete Bedeutung im Sinne indirekter Röntgensymptome zu. Gestützt auf die großen Erfahrungen der Bergschen Schule in der Anwendung der Reliefdiagnostik vertritt er den Standpunkt, daß die Schleimhautdarstellung und damit der direkte Nachweis morphologischer Veränderungen auch für den Dünndarm die Methode der Wahl ist. Daß sich dabei für die Reliefdiagnostik gerade hier besondere Schwierigkeiten ergeben, wird auch von ihm nicht verkannt.

Wir selbst haben seit Jahren der Röntgenuntersuchung des Dünndarms besondere Aufmerksamkeit gewidmet in dem Bestreben, die diagnostischen Möglichkeiten zu erweitern und die unterschiedlichen Anschauungen über den Wert morphologischer und funktioneller Symptome zu überprüfen. Wir wandten uns zunächst der Frage der Erfassung anatomischer Veränderungen zu, wobei die Darstellung entzündlicher Schleimhautprozesse, die im Rahmen dieser Auseinandersetzungen ja im Vordergrund steht, besondere Berücksichtigung erfuhr. Das Ergebnis dieser Untersuchungen bestätigte einmal die Befunde jener Autoren, die die morphologische Richtung vertreten, brachte uns aber gleichzeitig die Erkenntnis, daß zahlreiche Abweichungen vom normalen Dünndarmbild auftreten können, die trotz subtilster Technik mit gezielten Kompressionsaufnahmen keinerlei entzündliche Infiltrationen des Schleimhautreliefs zeigen und somit funktioneller Natur sein müssen. Entweder handelt es sich dabei um rein funktionelle Störungen auf dem Boden hormonaler oder nervöser Irregularitäten, oder wir befinden uns hier an der Grenze der Reliefdiagnostik, da bei beginnenden und leichteren Erkrankungen die Niveaudifferenzen zwischen gesunder und kranker Schleimhaut so gering sein können, daß sie röntgenologisch noch nicht wahrnehmbar sind, aber bereits zu einer Beeinträchtigung des normalen Funktionsablaufes führen. Auf jeden Fall also lassen sich am Dünndarm bestimmte Zeichen funktioneller Störungen im Röntgenbild mit aller Deutlichkeit abgrenzen. Hierdurch wurden wir immer wieder erneut auf die Möglichkeit gelenkt, die morphologische Symptomatik am Dünndarm durch Einbeziehung funktioneller Erscheinungen zu ergänzen und diese mehr als bisher zu berücksichtigen. Unsere weiteren Untersuchungen erstreckten sich deshalb besonders auf die Frage, wie weit überhaupt das funktionelle Verhalten des gesunden, des pharmakologisch beeinflussten und schließlich des kranken Dünndarms röntgenologisch erkennbar ist und sich für die diagnostische Beurteilung verwerten läßt. Wir sind uns dabei bewußt, ein schwieriges und umstrittenes Gebiet zu betreten, in dem schon die zweifellos vorhandenen großen physiologischen Schwankungen noch nicht genügend bekannt sind. Absichtlich wurde auf eine Heranziehung des Tierexperimentes verzichtet, da es zweifelhaft ist, ob sich so erhobene Befunde ohne Einschränkung übertragen lassen, und es uns gerade darauf ankam, die Verhältnisse am lebenden Menschen zu studieren. In den folgenden Ausführungen soll also die röntgenologische Dünndarmdiagnostik vorwiegend vom Gesichtspunkt der intakten oder gestörten Funktion betrachtet werden und die Morphologie nur soweit Berücksichtigung finden, als sie für die Erklärung des funktionellen Verhaltens dienen kann. Hierbei nimmt die Schleimhaut eine Mittelstellung ein, da sie am Dünndarm mehr als an den übrigen Abschnitten des Verdauungskanalns am funktionellen Geschehen beteiligt ist. Bezüglich rein morphologischer Befunde wird auf die ausführliche Arbeit Prévôts verwiesen.

## 2. Anatomisch-physiologische und allgemein-röntgenologische Bemerkungen

Die wichtigsten physiologischen Eigenschaften des Dünndarms sind mit den Begriffen Motorik, Sekretion, Verdauung und Resorption gekennzeichnet. Hiervon scheidet die chemische Verdauungsarbeit für den direkten röntgenologischen Nachweis aus, während die übrigen Faktoren mehr oder weniger faßbar sind. Aus ihrem Verhalten lassen sich aber bei der gegenseitigen engen Koppelung Anhaltspunkte über den Ablauf des gesamten Verdauungsvorganges gewinnen, so daß auch hierüber gewisse Kenntnisse aus dem Röntgenbild zu erwarten sind. Besondere Bedeutung kommt der Motorik zu, die in ihren verschiedenen Erscheinungsformen eine wesentliche Teilfunktion des Dünndarms darstellt und in ihren Auswirkungen die übrigen Funktionen sowie die Formation des Schleimhautbildes beeinflusst. Die für das Auftreten aktiver Bewegungserscheinungen notwendigen kontraktile Elemente finden sich als glatte Muskelfasern einmal in der Schleimhaut als *Muscularis mucosae* und zum anderen als *Muscularis propria*, die, in äußere Längs- und innere Ringmuskelschicht unterteilt, den Hauptbestandteil des Darmschlauches ausmacht. Für die Form des Kontraktionsablaufes erscheint sowohl das quantitative Verhältnis zwischen beiden Schichten der *Muscularis propria* wie auch die Anordnung der muskulären und bindegewebigen Anteile der Darmwand wichtig. Nach anatomischen Untersuchungen (v. Ebner, Verson u. a.) nimmt beim Menschen die *Muscularis propria* coecalwärts an Dicke ab. Dies betrifft besonders die Längsfaserschicht, die an sich schwächer ausgebildet ist als die Ringmuskulatur und am Mesenterialansatz sogar ganz fehlen kann. Über die räumliche Anordnung gehen die Meinungen auseinander. Mall und Carey haben bei Tieren einen spiralförmigen Verlauf mit unterschiedlicher Ganghöhe für äußere und innere Muskelschicht nachgewiesen, was bewirken soll, daß der Bewegungsablauf den Touren einer nach links gedrehten Schraube vergleichbar wird. Für den Menschen kommt Goerttler neuerdings zu ähnlichen Ergebnissen und stellt sich damit in Gegensatz zu der bisherigen Annahme einer rein longitudinalen bzw. rein zirkulären Anordnung der Muskelfasern. Auch bei geschlossener Kreisführung der Ringmuskulatur wäre eine Spiralbewegung noch denkbar, da nach Braus die einzelnen Muskelreifen durch feine schräggehende Verbindungen überbrückt werden, über die der Reiz für die Bewegungsauslösung von Segment zu Segment derart weitergeleitet wird, daß ein schraubenförmiger Kontraktionsvorgang entstehen könnte. Dagegen kann das anatomische Verhalten der Längsmuskulatur bei Annahme eines rein longitudinalen Verlaufes nicht zur Erklärung eines spiralförmigen Bewegungsablaufes herangezogen werden.

Über die Tätigkeit der *Muscularis mucosae* und ihre Bedeutung für die Formgebung und für die Funktion der Dünndarmschleimhaut sind von Forssell sowie von amerikanischen Autoren (Gun und Underhill, King, Loyd, Arnold und Curch) grundlegende Untersuchungen angestellt worden. Danach besitzt die Schleimhaut auf Grund ihrer Verschieblichkeit gegen ihre Unterlage, ihres wechselnden hydrodynamischen Zustandes und besonders durch das Vorhandensein eines eigenen muskulären Apparates die Fähigkeit, ihre Form aktiv weitgehend zu ändern und sich den jeweiligen funktionellen Aufgaben anzupassen. Neben dem Einfluß der Aktionen der *Muscularis propria* auf die Gestaltung des Faltenbildes, worauf später noch einzugehen ist, sind es besonders die Kontraktionen der bis in die Zotten aufsteigenden Fasern der *Muscularis mucosae*, die gemeinsam mit den übrigen genannten Faktoren den Formenreichtum und den oft außerordentlich raschen Wech-

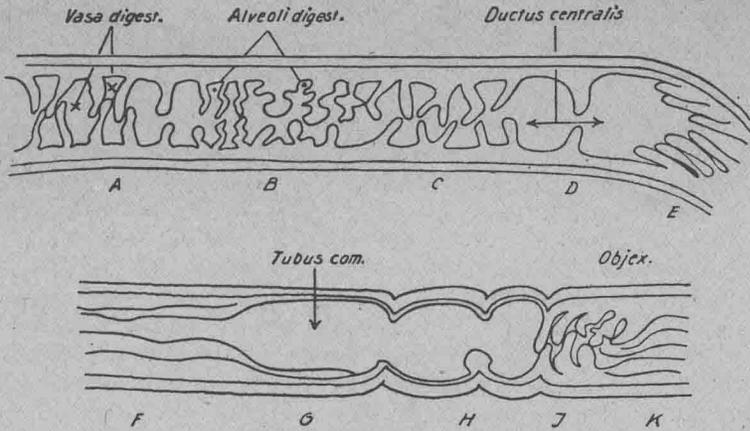


Abb. 1. Schleimhautformationen des Dünndarms nach Forssell

sel des Dünndarmreliefs bewirken, dessen hauptsächlichste röntgenologisch erkennbare Varianten Forssell in seinem bekannten Schema zusammengestellt hat (Abb. 1). Diese Eigenmotilität der Schleimhaut, die an allen Abschnitten des Verdauungskanal mehr oder weniger ausgeprägt ist, wird von ihm mit dem Begriff der Autoplastik bezeichnet. Für den Dünndarm ist der gegenüber dem anatomischen Präparat im Röntgenbild immer wieder nachweisbare enorme Faltenreichtum allein schon ein Zeichen dafür, daß es sich hier im wesentlichen um funktionelle Gebilde handeln muß. Auch die weitgehende Umformung der Schleimhautstrukturen unter den Kontraktionen der Muscularis propria ist im Sinne der Inkonstanz dieser Gebilde zu werten.

In funktioneller Hinsicht äußert sich (Forssell) die Tätigkeit der Muscularis mucosae in rhythmischen Kontraktionen der Kerkringschen Falten und Darmzotten, während die Schleimhaut als Ganzes mittels ihrer autoplastischen Fähigkeiten durch Anschwellen und Retraktion umschriebener Abschnitte Druck- und Saugwirkungen auf den Darminhalt auszuüben in der Lage ist. Diese bewirken ebenso wie die feinsten Bewegungen der Zotten eine Förderung der Verdauungsarbeit im Sinne der Sekretion und Resorption. Röntgenologisch ist das Spiel der Muscularis mucosae infolge der Feinheit der hier ablaufenden Vorgänge bisher nicht zu beobachten und läßt sich nur in seinen Auswirkungen am erfolgten Umbau und Formenreichtum des Reliefbildes erkennen.

Im Gegensatz dazu ist die Tätigkeit der Muscularis propria, die als grober Motor der Darmbewegungen mit der Aufgabe der Verteilung, Mischung und Fortbewegung der Ingesta fungiert, röntgenologisch wahrnehmbar. Ihre Kontraktionen können am bariumpföllen Darm an der Formänderung des Kontrastschattens und der Endeffekt der Förderleistung an der Passagezeit durch den Dünndarm beurteilt werden. Während letztere schon in den Anfängen der Röntgenära eingehend studiert wurde, ist eine Klarstellung der umschriebenen Bewegungserscheinungen durch die Röntgenuntersuchung erst in neuerer Zeit versucht worden. Da die Darmwand selbst durch Röntgenstrahlen nicht darstellbar ist, läßt sich nur indirekt aus der Umformung des Kontrastschattens auf die Bewegungsexkursionen seiner Umhüllung schließen. Die so gewonnenen Ergebnisse müssen bei dem außerordentlich engen

Kontakt zwischen Darmwand und Kontrastmittel mit dem tatsächlichen motorischen Ablauf weitgehend übereinstimmen, so daß hieraus keine wesentlichen Fehlerquellen entstehen dürften, zumal selbst umschriebene und geringfügige Kontraktionsvorgänge zu einer Gestaltsänderung des Kontrastbildes führen. Weiter ist zu überlegen, ob der Dünndarm auf die Füllung mit indifferenten wässriger Kontrastmittelaufschwemmung mit anderen Bewegungserscheinungen reagiert, als sie beim physiologischen Verdauungsvorgang ablaufen. Zur Klärung dieser Frage haben wir anlässlich unserer Untersuchungen über die Abhängigkeit der Dünndarmpassage-dauer von der Art der verabreichten Kost die motorischen Phänomene mit beobachtet. Es zeigte sich, daß bei den verschiedensten Nahrungsmittelzusätzen zum Bariumbrei keine qualitativen Änderungen der Motorik auftraten, so daß angenommen werden kann, daß bei Belastung mit Kontrastmittel und bei Nahrungsverwertung am Dünndarm prinzipiell die gleichen Bewegungserscheinungen ablaufen.

Die sehr unterschiedlichen röntgenologischen Zustandsbilder während der Dünndarmpassage fanden aber durch den Einfluß der muskulären Elemente auf die Formgebung noch keine völlig befriedigende Erklärung. Diese wurde erst herbeigeführt durch Berücksichtigung und Einbeziehung des Tonusbegriffes. Es ist das Verdienst von Weltz., die Aufmerksamkeit erneut darauf gelenkt und Klarheit über die Wechselwirkungen zwischen Füllungszustand, Tonus und Peristaltik gebracht zu haben. Weltz konnte zeigen, daß die von verschiedenen Autoren (Trendelenburg u. a.) tierexperimentell gewonnenen Ergebnisse über das Auftreten von Peristaltik sich bei Berücksichtigung des Tonus zwanglos auch auf den menschlichen Dünndarm übertragen lassen. Die Beziehungen zwischen Tonus und Peristaltik sind nach ihm dabei derart, daß der Tonus unabhängig ist von den peristaltischen Bewegungen, und daß die Peristaltik allein durch den Dehnungsreiz ausgelöst wird. Ihr Auftreten ist an eine Reizschwelle gebunden, deren Höhe abhängig ist von der absoluten Höhe des herrschenden Tonus und von der Geschwindigkeit des Druckzuwachses, durch den die Dehnung erfolgt. Je höher der Tonus liegt und je schneller der Druckzuwachs vor sich geht, desto eher setzt die Peristaltik ein. Dazu ist einschränkend zu sagen, daß in vivo der Dehnungsreiz zwar einen wesentlichen, aber sicher nicht den einzigen Faktor für die Auslösung der Peristaltik darstellt. So konnten wir zum Beispiel bei Untersuchungen über Resorptionsfragen, die allerdings zu keinen verwertbaren Ergebnissen führten, bei intrajejunalen Verabreichung jodhaltiger wässriger Kontrastmittel beobachten, daß der Dünndarm, ohne gedehnt zu werden, auf derartige Reize mit peristaltischen Bewegungen reagierte.

Auch zwischen kleinen Dünndarmbewegungen und Tonus besteht eine Abhängigkeit insofern, als mit Erhöhung des Tonus eine Frequenzzunahme der sogenannten Mischbewegungen einhergeht, die allerdings jenseits gewisser Grenzen zum Auftreten unkoordinierter Bewegungserscheinungen führt.

Die nervöse Erregung der glatten Muskulatur des Dünndarms erfolgt durch die Automatie eines intramuralen Ganglienzellapparates, dem Enteric-System Langley's, durch übergeordnete zentral-nervöse Reflexbahnen und in breitem Umfang durch die Wechselbeziehungen zwischen Sympathicus und Parasympathicus. Als auslösende Faktoren für einen geordneten Ablauf der Motilität sind Füllungsgrad, Zusammensetzung und Temperatur des Inhaltes, seine chemische Beschaffenheit, hormonale und inkretorische Beeinflussung sowie psychische Momente von Bedeutung.

### 3. Methodik und Technik

In Anpassung an seine sehr unterschiedlichen funktionellen Aufgaben hat der menschliche Dünndarm im Laufe der Phylogenese jene eigenartige Topographie angenommen, wie wir sie jetzt vor uns sehen. Der direkten Zugänglichkeit durch die Einschaltung zwischen Magen und Colon entzogen, in kurzen eng gewundenen, sich fächerförmig überlagernden Schlingen an einem langen Mesenterium beweglich aufgehängt, bietet er für die Röntgenuntersuchung besonders ungünstige Voraussetzungen. Bei der Kontrastmittelfüllung ist trotz schubweisen Zuflusses aus dem Magen eine möglichst gleichmäßige und zusammenhängende Darstellung des ganzen Dünndarms anzustreben. Dem stehen die in der Topographie und lokomotorischen Funktion liegenden Eigenheiten des Organs entgegen. Füllt man den Magen prall auf, kommt es auch zu einer entsprechend starken Füllung des Dünndarms mit Auslösung lebhafter Bewegungserscheinungen, sehr bald überdecken sich aber die Schlingenknäuel soweit, daß ihre Entwirrung und isolierte Darstellung oft auf Schwierigkeiten stößt. Fraktioniert man mit der von Pansdorf angegebenen Methode durch schluckweises Verabreichen des Kontrastmittels, erreicht man zwar eine bessere Übersichtlichkeit und oft auch eine mehr zusammenhängende Füllung, schafft aber, worauf Weltz besonders hingewiesen hat, unphysiologische Bedingungen für den Bewegungsablauf, die sich um so mehr geltend machen, je weiter die Fraktionierung getrieben wird. Es ist also die Röntgenuntersuchung des Dünndarms eng verknüpft mit der Schaffung eines geeigneten Füllungszustandes. Um dies zu erreichen, hat sich uns nach verschiedenen orientierenden Versuchen folgendes Vorgehen bewährt: Es werden etwa 100 ccm einer Neobaraufschwemmung von sahnartiger Konsistenz auf einmal verabreicht. Dies stellt für den Magen einen genügenden Anreiz zur Austreibung dar, wodurch das obere und mittlere Jejunum gefüllt werden. In der dann bald einsetzenden hypotonischen Phase des Magens verringert sich der Zufluß zum Dünndarm, der dann aber so viel Kontrastmittel enthält, daß er von sich aus trotz fehlenden Nachschubes durch Eigenbewegungen zum Weitertransport und Verteilen seines Inhaltes in der Lage ist. Nach 45 Minuten werden nochmals 100 ccm Neobar gegeben, die ausreichen, die Kontrastmittelspitze bis in das Ileum vorzutreiben, wo sich infolge verlangsamter Passage von selbst eine mehr zusammenhängende Füllung ausbildet. Eine derartige Kontrastmittelverabreichung ermöglicht es, die Motorik ohne Überladen des Darmes genügend aufrecht zu erhalten und einigermaßen günstige Aufnahmebedingungen zu schaffen. Es sei aber betont, daß es bei keiner der verschiedenen Methoden in jedem Falle gelingt, den Dünndarm als übersichtliches Ganzes zur Darstellung zu bringen.

Bei solchem Vorgehen wurde der Dünndarm in seiner fortschreitenden Füllung mittels Durchleuchtungen in Bauch- oder Rückenlage in viertel- bis halbstündigen Intervallen beurteilt und wesentliche Befunde auf Übersichtsbildern und gezielten Aufnahmen festgehalten. Zur Erfassung der Motorik wurden Serienaufnahmen in rascher Folge angefertigt, die feinere Analyse durch Heranziehung der Kymographie und Kinematographie angestrebt.

Die kymographischen Aufnahmen wurden mit 70—80 kV und 200—240 mAs bei einem F.H.-Abstand von 40 cm angefertigt. Das mAs-Produkt wurde je nach der Belichtungszeit von 5—15 Sek. entsprechend aufgeteilt. Die damit an der Hautoberfläche erzeugte Einfallsdosis mit Rückstreuung ergab bei Messungen mit dem Universal-Dosismesser von Siemens Werte von 10—15 r pro Aufnahme.

Nach Möglichkeit wurde zu Vergleichszwecken unmittelbar vor oder nach der kymographischen Aufnahme eine Übersichtsaufnahme angefertigt, die zwar nicht den tatsächlich