

Walter Hermann
Oliver Sander

Pocket Guide Kapillar- mikroskopie



Springer

Pocket Guide Kapillarmikroskopie

Walter Hermann • Oliver Sander

Hrsg.

Pocket Guide Kapillar- mikroskopie

4. Auflage

 Springer

Hrsg.

Walter Hermann

Rheumatologie

Kerckhoff-Klinik

Bad Nauheim, Deutschland

Oliver Sander

Klinik für Rheumatologie und

Hiller Forschungszentrum für

Rheumatologie

Heinrich-Heine Universität

Düsseldorf, Deutschland

ISBN 978-3-662-71363-1

ISBN 978-3-662-71364-8 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-662-71364-8>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://portal.dnb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer-Verlag GmbH, DE, ein Teil von Springer Nature 2025

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jede Person benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des/der jeweiligen Zeicheninhaber*in sind zu beachten.

Der Verlag, die Autor*innen und die Herausgeber*innen gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autor*innen oder die Herausgeber*innen übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

3. Auflage: © Dr. med. Oliver Sander, Prof. Dr. med. Benedikt Ostendorf, PD Dr. med. Christof Iking-Konert 2014

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Wenn Sie dieses Produkt entsorgen, geben Sie das Papier bitte zum Recycling.

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen, Anatomie, Physiologie	1
	<i>Walter Hermann</i>	
2	Geschichte	7
	<i>Oliver Sander und Benedikt Ostendorf</i>	
3	Durchführung der Untersuchung/Technik	19
	<i>W. Hermann</i>	
4	Morphologie	39
	<i>Oliver Sander</i>	
5	Normalbefund	61
	<i>Oliver Sander und Benedikt Ostendorf</i>	
6	Raynaud-Syndrom	71
	<i>W. Hermann</i>	
7	Nagelfalzkapillarmikroskopie in der systemischen Sklerose (SSc)	105
	<i>K. Triantafyllias</i>	
8	Weitere Kollagenosen	115
	<i>R. Hasseli-Fräbel</i>	

9	Scoring-Systeme bei der Kapillarmikroskopie	131
	<i>C. Iking-Konert und B. Ostendorf</i>	
10	Kapillarveränderungen bei COVID-19	141
	<i>Rebecca Hasseli-Fräbel</i>	
11	NVC bei Vaskulitiden	149
	<i>K. Triantafyllias</i>	
12	Antisynthetase-Syndrom (ASyS)	157
	<i>K. Triantafyllias</i>	
13	Alternative Messmethoden zur Evaluation der Mikrozirkulation	163
	<i>P. Klein-Weigel</i>	
14	Kapillarmikroskopie aus dermatologischer Sicht	171
	<i>Cord Sunderkötter</i>	

Autorenverzeichnis

PD Dr. med. Rebecca Hasseli-Fräbel Universitätsklinikum Münster, Sektion für Rheumatologie und Klinische Immunologie, Münster, Deutschland

Dr. med. Walter Hermann Kerckhoff-Klinik GmbH, Bad Nauheim, Deutschland

Priv. Doz. Dr. med. Christof Iking-Konert Abteilung für Rheumatologie, Stadtpital Zürich, Zürich, Deutschland

Dr. med. Peter Klein-Weigel Klinik für Angiologie und Diabetologie, Helios Klinikum Berlin-Buch, Berlin, Deutschland

Prof. Dr. med. Benedikt Ostendorf Rheumatologie am Hofgarten, Düsseldorf, Deutschland

Dr. med. Oliver Sander Klinik für Rheumatologie und Hiller Forschungszentrum für Rheumatologie, Universitätsklinikum, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Düsseldorf, Deutschland

Prof. Dr. med. Cord Sunderkötter Universitätsklinikum Halle (Saale), Universitätsklinik und Poliklinik für Dermatologie und Venerologie, Halle (Saale), Deutschland

PD Dr. med. Konstantinos Triantafyllias Rheumazentrum Rheinland-Pfalz, Bad Kreuznach, Deutschland

Abkürzungsverzeichnis

ANCA	Anti-neutrophile cytoplasmatische Antikörper	KI	Künstliche Intelligenz
Anti-ARS-AK	Aminoacyl-tRNA-Synthetasen Antikörper	NASCAR	Nailfold Capillaroscopy Characteristics of Antisynthetase Syndrome and possible Clinical Associations Results
APLS	Antiphospholipidsyndrom		
ASyS	Antisynthetase Syndrom		
GPA	Granulomatose mit Polyangiitis/granulomatöse Polyangiitis	VEDOSS	Very Early Diagnosis Of SSC
		ViT	Vision Transformer



Grundlagen, Anatomie, Physiologie

Walter Hermann

Inhaltsverzeichnis

Literatur – 4

© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer-Verlag GmbH, DE,
ein Teil von Springer Nature 2025

W. Hermann, O. Sander (Hrsg.), *Pocket Guide Kapillarmikroskopie*,
https://doi.org/10.1007/978-3-662-71364-8_1

Mikrozirkulation betrifft die Durchblutungsverhältnisse in den terminalen Bereichen der Zirkulation [6, 7]. Sie dient zwei Hauptaufgaben: Einerseits stellt sie die Blutversorgung des Gewebes sicher, andererseits wird über die Mikrozirkulation die Durchblutung in den Kapillaren gesteuert. Ein wichtiger Bestandteil dabei stellen die präkapillären Sphinkter dar. Deren Aktivierung kann den Kapillarfluss reduzieren oder sogar ganz kappen. So ist es möglich, die Durchblutung in andere Bereiche zu steuern.

Das einfache, von Malpighi entwickelte Schema der Mikrozirkulation beschreibt eine zunehmende Verzweigung des Gefäßnetzes [2, 7]. Aus kleinen Arterien werden Arteriolen, die danach in Kapillaren übergehen, welche sich wiederum in Venolen sammeln. Deren Abfluss erfolgt letztendlich über kleine Venen. Die Venolen stellen eine funktionelle Reserve in der Durchblutung dar, welche bei Bedarf aktiviert werden kann.

Der Durchfluss bei den kleinen Gefäßen erfolgt vorrangig über Metarteriolen, über die ca. 3/4 des Blutes, welches nicht für metabolische Austauschvorgängen benötigt wird, fließt [2]. Aus diesen Metarteriolen entspringen die Kapillaren, deren Anfangsteil zwar noch kontraktile ist, die jedoch ansonsten keine eigene Möglichkeit der Flusssteuerung besitzen. [2] Über arteriovenöse Anastomosen können Kurzschlüsse zwischen Arteriolen mit Venolen gebildet werden. Dadurch kann bei Bedarf eine rasche Umverteilung des Blutes erfolgen.

Da bei den Kapillaren selbst keine nennenswerte Vasomotorik möglich ist, hängt deren Durchblutung im Wesentlichen von den Strukturen stromaufwärts (Arteriolen, Metarteriolen sowie präkapilläre Sphinkter) und stromabwärts (Venolen) ab [2].

Einen wesentlichen Einfluss auf die Rheologie haben weitere Faktoren wie z. B. die Blutviskosität. Eine Verlangsamung des Blutstroms wird als Stase bezeichnet. Wenn intravaskuläre Erythrozytenaggregate in den Arteriolen zu einer diskontinuierlichen Strömung führen, spricht man von einem „Sludge-Phänomen“ [2].

Die Kapillaren sind von der Epidermis nur durch das papilläre Bindegewebe getrennt. In der Regel findet man pro Papille nur eine Kapillare [2]. Im Bereich der Fingerbeere können manchmal auch mehrere dieser Gefäße nebeneinanderliegen. Am Nagelfalz schließen sich die Hautpapillen der Matrix und der Nagelplatte an und nehmen damit auch ihre Kapillaren mit. Diese liegen daher an dieser Stelle parallel zur Hautoberfläche.

Der Durchmesser von Arteriolen beträgt ca. 30–40 μm , der Durchmesser des arteriellen Schenkels einer Kapillare ca. 8 μm , der einer Venole ca. 8–30 μm [4, 1, 7, 5]. Die Endotheldicke beträgt ca. 50–500 nm (partiell gebildet durch eine einreihige Endothelschicht). [3] Die Kapillaren haben klassischerweise eine Haarnadelform mit jeweils gerade verlaufenden Schenkeln von bis zu 300 μm Länge.

Eine Häufung von Kapillaren findet sich im Gewebe und in Organen, die metabolisch vermehrt aktiv sind [1]. Typische Kapillaren finden sich überall am Körper. Eine Ausnahme stellen Leber, Milz und Knochenmark dar. Hier bestehen statt der klassischen Venolen sogenannte Sinusoide mit einer anderen Gefäßstruktur.

Die Kapillarwand wird durch Endothelzellen in Kombination mit einer Basallamina gebildet [2]. Beide Strukturen dienen als selektiver Filter, welche Substanzen oder Flüssigkeiten am Übertritt in das umliegende Gewebe hindern. In manchen Regionen bilden die Endothelzellen Lü-

cken (Fenestrierung), welche den Durchfluss von Blut oder interstitielle Flüssigkeit ermöglichen. Diese Fenestrierung kann abhängig vom Zustand des umgebenden Gewebes gesteuert werden und entsprechend zu- oder abnehmen.

Kapillarmikroskopisch sichtbar sind nur die blutgefüllten Kapillaren. Die Gefäßwand selbst lässt sich nicht darstellen [8]. Die Flussrichtung kann bei entsprechender Vergrößerung gut eingeschätzt werden. Das dermale Gewebe um das Gefäß selbst (Lichthof) grenzt sich gut von der Epidermis ab (es erscheint heller als das Stratum granulosum der Epidermis) [4]. Das Stratum reticularis ist bei dünner Haut an den querverlaufenden Plexus zu erkennen. Aufgrund von Rotation der Kapillaren kann es bei der zweidimensionalen Aufsicht mit einem Mikroskop zu Überlagerungen oder Kreuzungen von Gefäßen kommen.

■ Zusammenfassung

Die Kapillaren stellen die Kernstruktur der Mikrozirkulation dar. Der Durchmesser von Arteriolen beträgt ca. 30–40 μm , der Durchmesser des arteriellen Schenkels einer Kapillare ca. 8 μm . Klassischerweise besteht eine Haarnadelform.

Literatur

1. Bellando Randone S et al (2010) The microcirculation and rheumatic diseases. In: Cutolo (Hrsg) Atlas of capillaroscopy in rheumatic diseases. Elsevier, Milano
2. Carpenter P, Franco A (1983) Atlas der Kapillaroskopie. Deutsche Abbott GmbH, Wiesbaden

3. Cutolo M, Sulli A, Pizzorni C, Accardo S (2000) Nailfold videocapillaroscopy assessment of microvascular damage in systemic sclerosis patients. *Ann Rheum Dis* 67(6):885–887
4. Geyer M, Vasile M, Hermann W (2014) Nagelfalzkapillarmikroskopie. *Z Rheumatol* 73:149–162
5. Hasseli-Fräbel R, Hermann W, Sander O, Triantafyllias K (2022) Kapillarmikroskopie-Grundlagen und klinische Anwendung. *Z Rheumatol* 81:313–322
6. Hermann W (2016) Kapillarmikroskopie. *Z Rheumatol* 75(6):586–590
7. Imbert B, Carpentier P (2010) Techniques for evaluating the microcirculation. In: Cutolo (Hrsg) *Atlas of Capillaroscopy in Rheumatic Diseases*. Elsevier, Milano
8. Sander O, Iking-Konert C, Ostendorf B (2012) *Taschenatlas Kapillarmikroskopie*, 2. Aufl. Rheumazentrum Rhein-Ruhr. Actelion Freiburg (Übersetzungen ins Griechische und Spanische 2010, Norwegisch und Holländisch 2011, 2. Auflage 2012)



Geschichte

Oliver Sander und Benedikt Ostendorf

Inhaltsverzeichnis

- 2.1 Ursprünge der Kapillarmikroskopie – 9**
- 2.2 Entwicklung der Kapillarmikroskopie und erste Beschreibungen der Veränderungen beim Raynaud-Syndrom und Kollagenosen vor 1933 – 9**
- 2.3 Missbrauch der Kapillarmikroskopie als Instrument der Eugenik – 10**

© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer-Verlag GmbH, DE, ein Teil von Springer Nature 2025

W. Hermann, O. Sander (Hrsg.), *Pocket Guide Kapillarmikroskopie*,
https://doi.org/10.1007/978-3-662-71364-8_2

2.4 Entwicklung der Videokapillarmikroskopie und Fortschritte in der Diagnostik der Kollagenosen – 12

2.5 Transfer der Kapillarmikroskopie in die Neuzeit – 13

Literatur – 14

2.1 Ursprünge der Kapillarmikroskopie

Kapillaren als Verbindung zwischen Arteriolen und Venolen wurden erstmals von Malpighi 1661 in der Froschlunge entdeckt und beschrieben [1]. Auch die In-vivo-Kapillarmikroskopie des Menschen ist ein sehr altes Verfahren der Bildgebung. Bereits 1823 berichtete Purkinje über eine Untersuchung der Kapillaren der Nagelfalz mit einer Lupe. Lombard beschrieb 1911 erstmals auf Deutsch und im Folgejahr auf Englisch den Einsatz von Immersionsöl beim Mikroskopieren der Haut zur Beurteilung der Kapillaren [2]. Die Standardisierung der Untersuchung und eine erste Fotodokumentation wurden von Weiss [3] 1916 veröffentlicht und weitere Arbeiten zur Physiologie folgten. Müller gab 1922 einen ersten Atlas heraus [4], weitere folgten ebenso unter seiner Federführung [5].

2.2 Entwicklung der Kapillarmikroskopie und erste Beschreibungen der Veränderungen beim Raynaud-Syndrom und Kollagenosen vor 1933

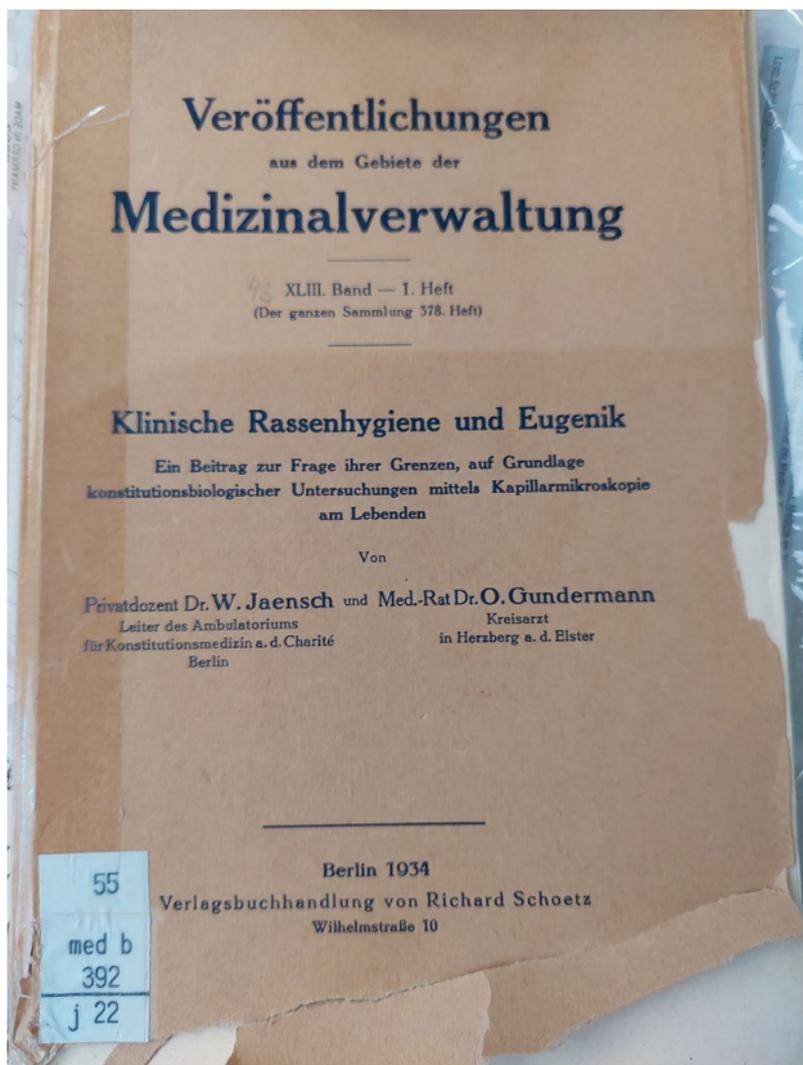
Im Atlas von Müller finden sich auch gezeichnete Abbildungen zu den Veränderungen beim Raynaud-Syndrom. 1923 beschrieb er erste Beobachtungen zur Regulierung des Kapillarflusses [6]. Brown beschrieb seit 1922 die Kapillarveränderungen bei verschiedenen Erkrankungen, 1925 beim Raynaud-Syndrom [7] und im Folgejahr bei der Sklerodermie [8]. Die Beobachtungen wurden von anderen Autoren geteilt [9].

2.3 Missbrauch der Kapillarmikroskopie als Instrument der Eugenik

In den 1930er-Jahren wurde die Kapillarmikroskopie in Deutschland verbreitet durch staatliche kapillarmikroskopische Untersuchungsstellen angewandt. Gundermann beschreibt so die Auswertung der Untersuchung von 18.500 Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen in den Regierungsbezirken Merseburg, Kassel, Schleswig-Holstein und in der Schweiz [10] (■ Abb. 2.1, 2.2).

Zu dem Zeitpunkt gab es in den Instituten professionelle Zeichner, die das Kapillarbild zeichneten. Die Auswertungen führten zu der glücklicherweise nie umgesetzten Empfehlung, amtliche Kapillarmikroskopien (zwangsweise) durchzuführen, bevor Studienplätze vergeben oder Hochzeiten erlaubt werden.

Nach dem Krieg war die Kapillarmikroskopie in der wissenschaftlichen Literatur in Deutschland dann kaum noch präsent.



■ **Abb. 2.1** Missbrauch der Kapillarmikroskopie: Umschlagseite des Übersichtswerkes von Gundermann, der Kapillarmikroskopie für Untersuchungen in der Eugenik vorschlägt [10]