

## Calcinose und Spaltensystem der inneren elastischen Membran der geschlängelten Milzarterien

W. W. MEYER und G. WEBER

Pathologisches Institut der Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
(Direktor: Prof. Dr. H. BREDT)

Eingegangen am 9. Juli 1968

### *Calcinosis and the System of Gaps in the Internal Elastic Membrane of Tortuous Splenic Arteries*

*Summary.* Calcific deposits have been demonstrated grossly in the internal elastic membrane of splenic arteries. They are seen on the margins of membrane gaps as pairs of continuous or interrupted black bands ("calcific bands"). When the calcification is pronounced, nearly the whole system of ramifying and communicating membrane gaps is discerned grossly on the inner surface of the arteries. On the inside of the convex segments of the tortuous splenic arteries the membrane gaps are more numerous and wider than on the inside of the concave segments. Consequently, the calcific deposits are commoner on the convex segments. The development of gaps in the internal elastic membrane on the convex segments is probably the result of distension by the greater hydraulic pressure on these parts of the tortuous artery. This also leads to thinning of the media and interruption of the elastic networks in the adventitia in these parts of the artery.

*Zusammenfassung.* Bei der makroskopischen Darstellung von Kalkablagerungen treten die calcifizierten Anteile der inneren elastischen Membran auch an den Milzarterien in Form von gepaarten schwarzen Kalkbändern oder ihren Fragmenten zutage. Diese stellen mineralisierte Ränder von Membranspalten dar und lassen daher die Form und Ausdehnung der Membranlücken an der Innenwand der Arterie makroskopisch erkennen. Die äußeren, sich ausbuchtenden Bögen der geschlängelten Milzarterien zeigen an ihrer inneren elastischen Membran ein stark ausgebildetes Spaltensystem und erweisen sich zugleich als ein bevorzugter Sitz der Membrancalcinose. Die stärkere Entwicklung des Spaltensystems der primären inneren elastischen Membran an den äußeren Bögen der Krümmer stellt offenbar die Folge einer hier stattfindenden Wanddehnung dar, die auch an der Verdünnung der Wand und an dem Auseinanderweichen der adventitiellen elastischen Geflechte erkennbar wird.

Wie in einer früheren Untersuchung (MEYER u. HENSCHEL, 1958) festgestellt werden konnte, wird die Lokalisation der einzelnen Krümmer einer geschlängelten Milzarterie durch vorbestehende, offenbar anlagebedingte Struktur- und Dehnbarkeitsunterschiede des Arterienrohres bestimmt. So ließen sich bereits an den seichten physiologischen Gefäßkrümmern, wie sie an den Milzarterien junger Erwachsener erscheinen, Unterschiede in der Wandstärke der äußeren und inneren Bögen der ArterienSchlingen erkennen<sup>1</sup>. Wurden solche Arterien einem Überdruck ausgesetzt, so nahmen sie einen deutlich geschlängelten Verlauf an. Hierbei fanden sich an den äußeren Bögen, also an den sich ausbuchtenden Partien der Arterienwand spaltförmige Unterbrechungen der inneren elastischen Membran; diese fehlten an der kräftigeren und offenbar weniger dehnbaren Wand der inneren Bögen der Krümmer. Über die Morphologie und Ausbreitung der

<sup>1</sup> Unter den "äußeren Bögen" oder „Außenbögen“ verstehen wir jene Abschnitte des geschlängelten Arterienrohres, die, *von außen betrachtet*, die konvexen Anteile der Arterienkrümmer bilden; unter den „inneren Bögen“ oder „Innenbögen“ werden die von außen konkav erscheinenden Wandanteile der Arterie verstanden.

beobachteten Spalten der inneren elastischen Membran waren damals noch keine genaueren Aussagen möglich.

Spätere Untersuchungen an den anderen Arterien ergaben, daß die Spaltenränder einen bevorzugten Sitz von Kalkablagerungen darstellen. Die Membranspalten werden hierbei von charakteristischen Kalkbändern umsäumt. Mit einer geeigneten Methode lassen sich die bandförmig calcifizierten Membrananteile und somit auch die Membranspalten im Flachschnitt oder sogar makroskopisch an der Innenwand größerer Arteriensegmente darstellen (MEYER u. STELZIG, 1967 und 1968). Oft wird hierbei nahezu das gesamte Spaltensystem der inneren elastischen Membran deutlich erkennbar.

Es erschien nun von Interesse, die Verkalkungsmuster der inneren elastischen Membran auch an der Milzarterie makroskopisch darzustellen, um auf diesem Wege zugleich das Spaltensystem der Membran zu erfassen. Es war zu erwarten, daß hierbei die räumliche Beziehung der Membranspalten zu den Arterienkrümmern deutlich zutage treten wird.

### Material und Methode

Aus dem konsekutiven Sektionsmaterial wurden 42 Milzarterien von Verstorbenen im Alter von 15—59 Jahren untersucht. Hierbei handelte es sich um 40 männliche und 2 weibliche Individuen, die verschiedenen Krankheiten erlagen. Die Milzarterien wurden vom Ursprung ab und samt ihren Hauptzweigen am Milzhilus herauspräpariert. In einigen Fällen wurden auch die proximalen Abschnitte der A. hepatica communis und A. gastrica sinistra mitentnommen. Die Kalkablagerungen wurden makroskopisch nach der abgewandelten Methode von KOSSA zumeist an dem vorher eröffneten Arterienrohr dargestellt (s. MEYER u. STELZIG, 1968). In 10 Fällen wurden die freipräparierten Milzarterien dem Licht in der Silbernitratlösung unaufgeschnitten exponiert und erst danach eröffnet. Dies ermöglichte die Lokalisation der Kalkablagerungen und insbesondere ihre Beziehung zu den einzelnen Anteilen der Arterienkrümmen genauer zu erfassen. Unter den untersuchten Milzarterien zeigten 9 einen nahezu gestreckten Verlauf; in 19 Fällen war das Arterienrohr mäßig, in 14 stärker geschlängelt. — Die nachträgliche histologische Untersuchung erfolgte an Flach- und Längsschnitten. Das elastische Gewebe wurde mit Aldehyd-Fuchsin nach GOMORI dargestellt.

### Ergebnis

Ebenso wie an den anderen muskulären Arterien zeigt die Calcinose der inneren elastischen Membran auch an der Milzarterie eine enge räumliche Beziehung zu den Strukturen des inneren Reliefs, d.h. zu den gröberen und feineren Falten der Arterieninnenwand, die am retrahierten Arterienrohr erscheinen. Größere, zirkulär orientierte spindelförmige Falten, die seit DIETRICH (1932) als Gefäßspindeln bekannt sind, kommen an den Milzarterien in wechselnder Anzahl vor. An den gestreckt verlaufenden Milzarterien von Jugendlichen werden zumeist nur vereinzelte verstreut liegende Spindeln angetroffen. Zahlreiche Spindeln hat dagegen DIETRICH an den geschlängelten Milzarterien beobachtet. An der Innenwand von „kahnförmigen Ausbuchtungen“, also an den äußeren, konvexen Bögen der Arterienkrümmen kommen sie nicht selten gehäuft vor, wie dies z.B. an der geschlängelten Milzarterie eines jungen Hypertonikers zu sehen ist (Abb. 1). Da die primäre innere elastische Membran im Bereich von Spindeln fehlt, wird die darunterliegende Mediaschicht manchmal recht intensiv durch das postmortal lysierte Blut rot-bräunlich verfärbt. Hierbei werden die Konturen der Membranspalten ohne Vorbehandlung des Materials deutlich sichtbar.

In den mittleren und späteren Altersstufen erscheint jedoch die Gefäßinnenwand auch an den äußeren Bögen der Arterienkrümmer zumeist unregelmäßig gefaltet. Die Form und Anordnung von Membranspalten ist dann nicht zu übersehen, zumal sie bereits durch eine hyperplasierte Intima überlagert sein können. Liegt aber eine mehr oder weniger ausgeprägte Calcinose der inneren elastischen

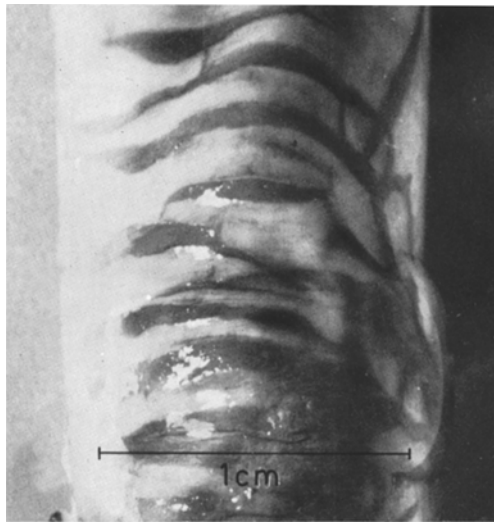


Abb. 1. Zahlreiche, dicht aufeinanderfolgende, vorwiegend quer zur Arterienachse lokalisierte Spindeln an der Innenwand des äußeren Bogens eines Krümmers. Zum Zwecke der photographischen Dokumentation wurde die ursprünglich ausgebuchtete Wandpartie in Richtung des Gefäßlumens vorgestülpt. Die stärkere Verfärbung der mittleren Partien von Spindeln (am frischen Präparat rot-braun, im Bild dunkelgrau) ist durch die postmortale Imbibition der membranfreien Anteile der Arterieninnenwand bedingt. 25 Jahre, männlich. Glomerulonephritische Schrumpfnier. Hochdruck. S. Nr. 402/68

Membran vor, so werden die Umrisse der Membranspalten bei der makroskopischen Darstellung von Kalkablagerungen sichtbar. Ebenso wie an den anderen muskulären Arterien erscheinen sie nun von schwarzen, paarweise verlaufenden bandförmigen Kalkinkrustationen begrenzt. Vielfach handelt es sich aber nicht um kontinuierlich verlaufende Kalkbänder, sondern um mehr oder weniger dicht aneinander gereihete, herdförmig inkrustierte Anteile des Membransaumes, die als Kalkbandfragmente imponieren.

An den *geschlängelten* Arterien stellt sich die Calcinose der inneren elastischen Membran ganz vorwiegend im Bereich der äußeren, konvexen Bögen der Arterienkrümmer ein (Abb. 2, 3). Die Kalkinkrustationen erscheinen hier an den Rändern von mittelgroßen und kleineren Spindeln, vielfach aber auch dazwischen, entlang zahlloser schmaler Membranlücken, die netzartig zusammenhängen. Auch diese werden von paarweise verlaufenden schmalen Kalkbändern, häufiger aber von Kalkbandfragmenten umgeben (Abb. 4). Oft sind die Umrisse der feinen Membranspalten wie durch punktierte schwarze Linien markiert bzw. angedeutet. Auch bei einer unvollständigen Verkalkung der Spaltenränder ist das oft auffallend dichte Netz von Membranspalten an den äußeren Bögen der Arterienkrümmer gut zu übersehen. Einige Ausläufer dieses Spaltensystems erreichen die inneren Bögen der Krümmer, doch handelt es sich hierbei zumeist um kleinere Membran-

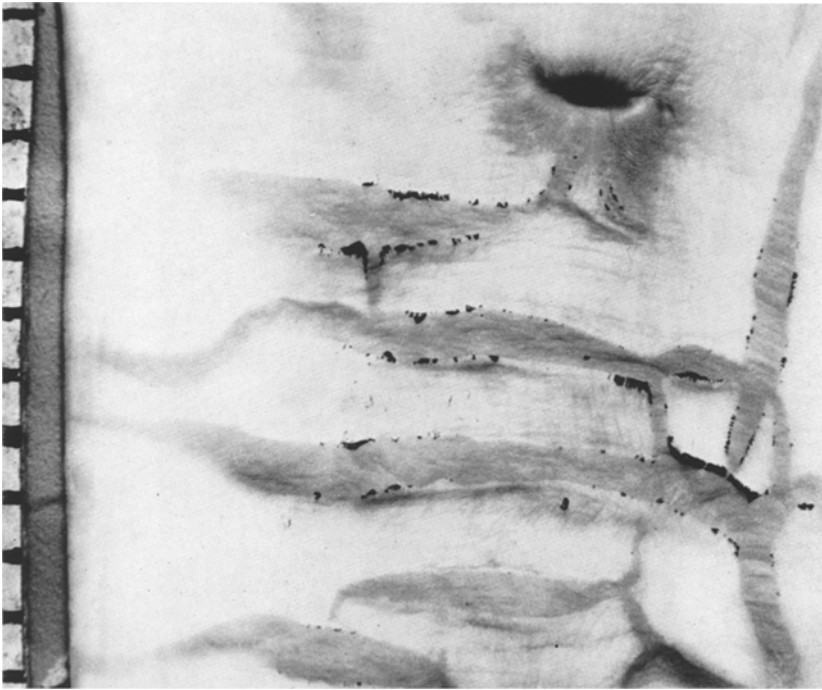


Abb. 2. Teilansicht des in der Abb. 1 dargestellten Außenbogens eines Krümmers nach makroskopischer Darstellung von Kalk. An den Rändern der kommunizierenden Membranspalten (grau) finden sich zahlreiche Kalkinkrustationen (schwarz), die stellenweise die Form von Kalkbändern annehmen. Links Millimetermaßstab

lücken. Die innere elastische Membran bleibt hier, zumindest in den früheren Phasen der Calcinose, frei von Kalkinkrustationen.

An den *gerade verlaufenden* Milzarterien bzw. an den noch geraden Gefäßstrecken zwischen den einzelnen Krümmern werden durch Kalkbänder oder Kalkbandfragmente spindelige oder bandförmige, 0,5—1,0 mm breite Membranlücken begrenzt, die inmitten flach erhabener Spindeln liegen. Die Membranlücken dehnen sich nicht selten ringförmig nahezu über die gesamte Arteriencircumferenz aus.

Die *histologische Untersuchung* von Längsschnitten aus dem Bereich der Außenbögen bestätigt die Annahme, daß die makroskopisch schwarz erscheinenden Kalkbandfragmente oder Kalkbänder in der Tat kalkimprägnierte Ränder der unterbrochenen primären inneren elastischen Membran darstellen. Jedes Kalkbandpaar schließt somit eine Membranlücke ein. Bei jungen Erwachsenen wird die Media im Bereich von Membranlücken gegen das Lumen durch eine schmale subendotheliale Schicht feiner elastischer Geflechte abgesetzt. In den nachfolgenden Altersstufen bildet sich aus diesen Geflechten eine membranähnliche Struktur, die als zweite innere elastische Membran erscheint. Oft liegt sie dicht der primären elastischen Lamelle auf.

Auf den Querschnitten durch die Arterienkrümmer erkennt man in Bestätigung früherer Befunde, daß die Wand ihrer Außenbögen schmäler ist als die der Innenbögen. Die Kalkablagerungen in der inneren elastischen Membran sind auf die dünnwandigeren Außenbögen beschränkt. An den Innenbögen der

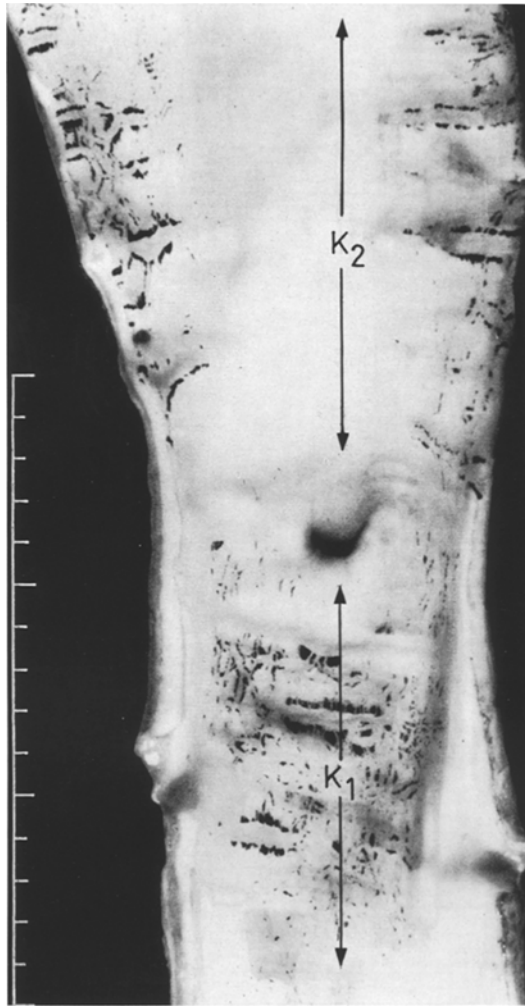


Abb. 3. Lokalisation der Kalkinkrustationen in zwei aufeinanderfolgenden Krümmern der Milzarterie. Ein Krümmer (unterer Teil des Bildes,  $K_1$ ) ist entlang dem inneren Bogen eröffnet worden, so daß die Innenfläche der gesamten, nach außen ausgebuchteten Wandpartie (des Außenbogens) unverletzt blieb und gut zu übersehen ist. Hier reichlich Kalkablagerungen (schwarz). Im oberen Teil des Arteriensegmentes wurde der Schnitt durch die Mitte des Außenbogens des nächsten Krümmers,  $K_2$ , weiter geführt und traf die hier lokalisierten Kalkablagerungen (schwarz). Sie sind jetzt an den beiden seitlichen Schnittträndern des flach ausgebreiteten Arteriensegmentes zu sehen. Die Innenfläche des inneren Bogens (die dazwischenliegende weiße Partie) ist frei von Kalk. Makroskopische Darstellung von Kalkablagerungen. Links Millimetermaßstab. 19jähriger Mann. Tod beim Verkehrsunfall

Krümmer erscheint die innere elastische Membran kräftiger und zeigt, auch auf den Längsschnitten, keine oder nur vereinzelte Unterbrechungen.

Bemerkenswert ist, daß die adventitiellen elastischen Geflechte an den Außenbögen von Krümmungen mehrfach unterbrochen erscheinen. Größere Strecken der Adventitia enthalten hier kein elastisches Gewebe. Soweit man nach den bis jetzt vorliegenden Präparaten urteilen kann, handelt es sich hierbei vermutlich nicht um absolute Verminderung des elastischen Gewebes der Adventitia, wie

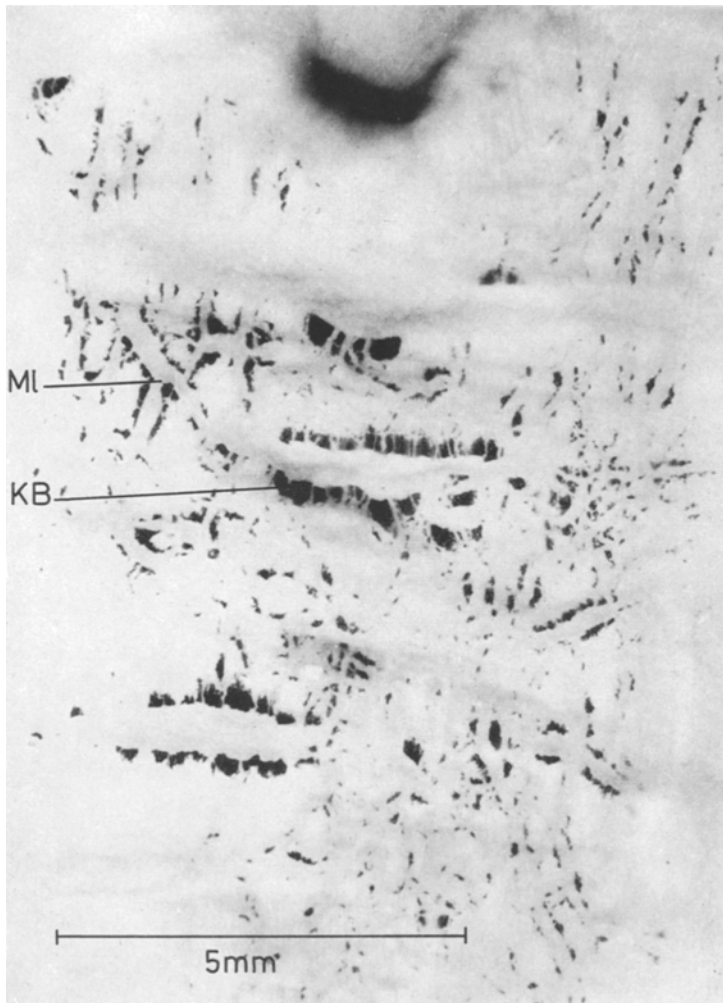


Abb. 4. Nahaufnahme des in der Abb. 3 dargestellten Außenbogens eines Arterienkrümmers ( $K_1$ ). Neben den nahezu kontinuierlichen Kalkbändern (KB) sind zahlreiche paarweise verlaufende Reihen von Kalkbandfragmenten zu sehen, die kleinere, untereinander kommunizierende Membranlücken (ML) markieren

DIETRICH angenommen hat, sondern um ein Auseinanderweichen von elastischen Netzen infolge einer erheblichen Dehnung der Arterienwand im Bereich der sich ausbuchtenden Außenbögen. An den inneren Bögen lagen derartige Unterbrechungen des elastischen Gerüsts der Adventitia nicht vor.

### Besprechung

Wie dargelegt, werden die Verkalkungsmuster der primären inneren elastischen Membran der Milzarterie — ebenso wie an den anderen muskulären Arterien — im Wesentlichen durch das System der Membranspalten bestimmt. An den geschlängelten Milzarterien erreicht dieses Spaltensystem vor allem im Bereich der äußeren Bögen der Arterienkrümmer eine stärkere Entwicklung. Hier findet auch die bevorzugte Mineralisation der inneren elastischen Membran

statt, die offenbar mit der verstärkten Ausbildung von Membranlücken eng zusammenhängt. Da die Spalten in der primären inneren elastischen Membran an den noch nahezu gestreckt verlaufenden Milzarterien von Jugendlichen auch beim Fehlen der Calcinose regelmäßig vorkommen, sind sie als ein normales Strukturelement der Arterienwand anzusehen. Beim Fortschreiten der Schlingelung und fortdauernder Ausbuchtung der äußeren Bögen nimmt aber die Breite und die Anzahl der Spalten der inneren elastischen Membran an diesen Teilen der Arterienwand erheblich zu. An einem unvorbehandelten Arterienrohr ist dies bereits makroskopisch an einer Verstärkung des inneren Reliefs, oft verbunden mit einer Häufung von Spindeln im Bereich der äußeren Bögen zu erkennen. Die stärkere Entwicklung von Membranlücken an den sich ausbuchtenden Wandanteilen der geschlingelten Arterie ist offenbar Folge einer höheren hydrostatischen Beanspruchung der Außenbögen (MÜLLER, 1953) und deutet auf ein gewisses Nachgeben bzw. eine Schwächung der Arterienwand hin. Dies wird auch an einigen anderen Strukturveränderungen, z. B. an einer Abnahme der Wandstärke der äußeren Bögen und einem Auseinanderweichen der elastischen Geflechte der Adventitia erkennbar. Eine verstärkte Entwicklung der Membranspalten an den sich ausbuchtenden Wandanteilen läßt annehmen, daß eine Überbelastung des Gefäßrohres im Sinne einer höheren Wandspannung auch an den anderen Arterien für die Entstehung des Spaltensystems in der primären inneren elastischen Membran von Bedeutung sein könnte.

Die Verkalkung der inneren elastischen Membran tritt also bevorzugt an jenen Stellen der Milzarterie auf, die vermutlich mechanisch stärker beansprucht werden und die zugleich in einer ausgeprägten Form jene Strukturbesonderheiten erkennen lassen, die sich auch an den anderen muskulären Arterien als ein ausgesprochener Lokalisationsfaktor erweisen.

Die Aufgabe der vorliegenden Untersuchung war vor allem die Erfassung der Frühformen der Arteriencalcinose, die zuerst im Wesentlichen an der inneren elastischen Membran erscheint und die Darstellung ihres Spaltensystems ermöglicht. Mit dem fortschreitenden Alter und zunehmender Schlingelung stellt sich aber die Calcinose oft auch außerhalb der äußeren Bögen ein, wobei die Kalkablagerungen immer mehr in der Media und in den atherosklerotischen Herden hervortreten können. Die Letzteren entstehen aber bevorzugt — im Gegensatz zu den Frühformen der Calcinose der inneren elastischen Membran — an den inneren Bögen der Krümmer. Die ursprüngliche selektive Calcinose der äußeren Bögen tritt hierbei immer mehr zugunsten der anderen Lokalisationen der Verkalkung zurück.

#### Literatur

- DIETRICH, K.: Beiträge zur Pathologie der Arterien des Menschen. *Virchows Arch. path. Anat.* **274**, 452—527 (1930).  
 MEYER, W. W., u. E. HENSCHEL: Untersuchungen über die Schlingelung und Sklerose der Milzarterie. *Virchows Arch. path. Anat.* **331**, 396—416 (1958).  
 —, u. H. H. STELZIG: Morphologie des Spaltensystems der inneren elastischen Membran muskulärer Arterien. *Z. Zellforsch.* **88**, 415—425 (1968).  
 MÜLLER, P. ANSGAR: Die Strömungsverhältnisse in einem Krümmer mit kleinem Krümmerradius. *Arch. Kreisl.-Forsch.* **19**, 281—311 (1953).

Prof. Dr. W. W. MEYER  
 Patholog. Institut der Universität  
 65 Mainz, Langenbeckstr. 1  
 Postfach 3960