

Aus der Augenklinik der Universität Erlangen (Vorstand: Prof. Dr. E. SCHRECK)

Zur Struktur des Stromas der Iris und zur Frage eines Endothels an ihrer Vorderfläche

Von

SUMIKO MAGARI*

Mit 12 Textabbildungen

A. Einleitung

Über den Bau der Irisvorderfläche des Menschen finden sich sehr unterschiedliche Angaben in der Literatur. Es handelt sich dabei vor allem darum, *ob die Irisvorderfläche von einem Endothelbelag überzogen ist*. Manche der älteren Autoren bejahen diese Frage, jüngere dagegen verneinen sie häufig, so WOLFBUM im Handbuch der Augenheilkunde von GRAEFKE-SAEMISCH. Seine Auffassung wurde auch in den Abschnitt über die Iris im Möllendorffschen Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen übernommen. Dabei wird ein Endothelbelag an der Irisvorderfläche nur beim menschlichen Auge in Abrede gestellt. Warum gibt es unterschiedliche Anschauungen über den Bau der Irisvorderfläche? Sie weist beim Menschen so komplizierte und wechselnde Niveaudifferenzen auf, daß man bei der Deutung der histologischen Befunde auf manche Schwierigkeiten stößt. Diese werden noch vergrößert durch ihre Fähigkeit zum Flüssigkeitswechsel.

Für das Verständnis der vorliegenden Untersuchungen sind die Arbeiten von KIHARA wichtig, die ich deshalb vorweg erwähne. KIHARA hat mit seinen Schülern seit 35 Jahren an der Erforschung des Lymphgefäßsystems makroskopisch und mikroskopisch fortgesetzt gearbeitet. Er kommt neuerdings zu der Überzeugung, daß sich eine bestimmte Bindegewebsstruktur anstatt vasculärer Saftbahnen an den Stellen befindet, an welchen keine Lymphgefäße und keine Blutgefäße gefunden werden. Diese Bindegewebsstruktur entspricht im Prinzip der Faserstruktur im lymphoiden Gewebe. KIHARA hat sie „extravasculäres Saftbahnsystem“ genannt. Ich habe mich in früheren Arbeiten hauptsächlich mit der morphologischen und physiologischen Untersuchung der Resorptionswege beschäftigt, die den serösen Saft aus den serösen Höhlen in die Venen oder Lymphgefäße führen. Das Auge stellt in diesem Zusammenhang ein interessantes Forschungsobjekt dar. Ich habe bereits in meiner Arbeit „Extravasculäre Saftbahnen des Augapfels und

* a. o. Professor am Anatomischen Institut der Kansai-Hochschule für Medizin in Osaka, Japan, derzeit als Stipendiatin der Alexander von Humboldt-Stiftung an der Universitäts-Augenklinik Erlangen.

des Sehnerven und ihre Beziehung zu den orbitalen Lymphgefäßen“ über die Struktur der Resorptionswege und über das Endothel des Perichorioidealraumes, des Tenonschen Raumes und des Subvaginalraumes eingehend berichtet. An diese Arbeiten schließen sich die vorliegenden Untersuchungen über den Flüssigkeitswechsel in der Iris an.

Die *Endothelfrage* der Irisvorderfläche hat eine innige Beziehung zu der *Frage nach deren Flüssigkeitswechsel*. Beide Probleme sind vielfach umstritten. Fast alle Autoren nehmen an, daß Farbstoff, der in die Vorderkammer injiziert wird, in das Stroma der Iris übergeht. Ich habe im II. Teil meiner oben genannten Arbeit diesen Versuch an lebenden Kaninchen mit Tusche vorgenommen. Mein Ergebnis stimmt überein mit dem von ASAYAMA. E. SCHRECK ist in seinen Versuchen zu der Ansicht gelangt, daß auch beim menschlichen Auge das Kammerwasser von der Irisvorderfläche resorbiert wird. Er führte seine Versuche mit Hilfe von Eisenionen intravital durch: die Präparate aus diesen Experimenten wurden mir für meine Untersuchungen zugänglich gemacht.

In der *Literatur über rein morphologische Untersuchungen* finden sich folgende Ansichten über die Beschaffenheit der vorderen Irisfläche. Autoren, die mit *Versilberungsverfahren* arbeiteten, behaupten, daß die Irisvorderfläche von Endothel überkleidet sei. Dies leugnen andere Autoren, die *cytologische Untersuchungen* an der Iris durchführten. Ich habe deshalb in der vorliegenden Arbeit sowohl Versilberungsmethoden als auch cytologische Färbungen an einem großen Material angewandt und die Ergebnisse verglichen. Dabei fand sich eine äußerst interessante Zelllage an der Irisvorderfläche, und unter dieser eine charakteristische Faserstruktur, die zum extravasculären Saftbahnsystem nach KIHARA gehört. An Hand dieser histologischen Befunde an Irisvorderfläche und Irisstroma läßt sich die Bedeutung dieser Strukturen für den Flüssigkeitswechsel erklären. WOLFRUM kritisiert in seiner Arbeit über das Endothel an der Irisvorderfläche die Launenhaftigkeit der Versilberungsmethoden. Die theoretischen Grundlagen des Verfahrens sind umstritten. Ich beschäftige mich mit ihnen wie auch mit der Methode seit Jahren und es ergaben sich mir interessante Beziehungen zwischen diesen Untersuchungen und dem Problem des Flüssigkeitswechsels der Iris, wobei ich (was ein Grund mehr für die vorliegende Veröffentlichung ist) die Anschauungen WOLFRUMS nicht teile. Eine genaue Definition des Endothelbegriffes ist für die vorliegende Arbeit unerläßliche Grundlage. Ich werde mich weiter unten hierzu äußern.

Material

Die Untersuchung des Endothels erfordert große Vorsicht bei der *Auswahl des Materials*, weil das Endothel sehr empfindlich gegen pathologische Veränderungen ist. Man verwendet deshalb und besonders zur Modelldarstellung des Flüssigkeitswechsels wie auch zur Versilberung am besten lebensfrisches Material. Für die

cytologischen Untersuchungen ist es ebenfalls wichtig, daß das Auge lebensfrisch fixiert wird. Ich verwendete für meine Untersuchungen Patientenaugen, die wegen eines Tumors am Hinterpol oder in der Orbita an der hiesigen Klinik enukleiert oder exentert worden waren. Professor SCHRECK stellte mir dieses Material, das keine klinischen Veränderungen an der Iris aufwies, freundlicherweise zur Verfügung. Nach der Entnahme wurden die Augen sofort verarbeitet. Um möglichst sichere Befunde zu erhalten, habe ich nach jeder der unten angegebenen Methoden zahlreiche Untersuchungen durchgeführt.

B. Eigene Untersuchungen und Ergebnisse

I. Histologische Untersuchungen der Irisvorderfläche

1. **Versilberungsmethode.** Entsprechend meinem früher schon geübten Vorgehen bei der Darstellung von Endothelien wandte ich *zweierlei Verfahren an*.

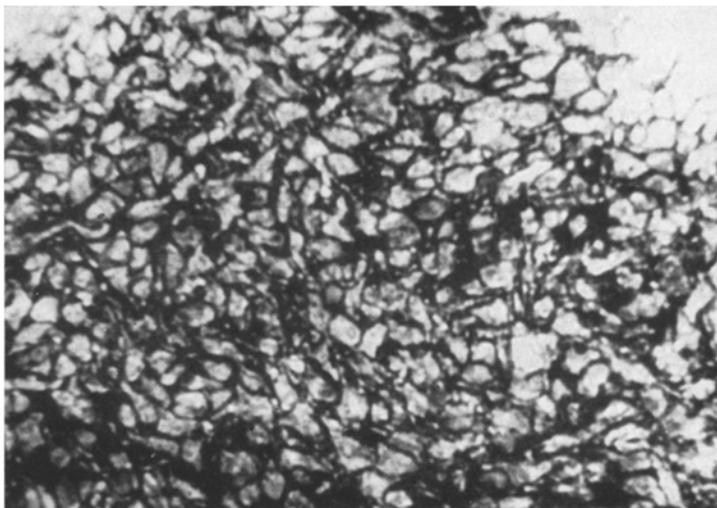


Abb. 1. Die oberste Schicht der Irisvorderfläche. Silberimprägnation. Obj. 10, Oc. 8

1. Gleich nach der Enucleation oder Exenteration wird das Kammerwasser mit der Spritze entnommen und die Vorderkammer mit dest. Wasser 2mal durchspült. Dann wird 0,25%ige Silbernitratlösung in der Menge des entnommenen Kammerwassers injiziert. Nach 10 min überträgt man den Bulbus zur Fixierung und gleichzeitig zur Reduktion des Silbernitrats in 4% Formalinlösung.

2. Durch die totale Resektion der Cornea wird die Irisvorderfläche bloßgelegt; der Bulbus wird dann mit dest. Wasser gespült und für 10 min in 0,5%ige Silbernitratlösung eingelegt. Nach Abwaschen mit dest. Wasser läßt man ihn 10 min an einem von der Sonne beschienenen Ort stehen und überträgt ihn dann in 4% Formalinlösung. Die vordere Hälfte des Bulbus wird in Celloidin, eventuell in Paraffin eingebettet und die Irisvorderfläche in lückenlose Serien von 4—12 μ dicken Flächenschnitten zerlegt. Jeder zweite Schnitt der Serie wird nur gefärbt (Hämatoxylin-Eosin oder Kernechtrot).

Ergebnisse der Versilberungsmethode: Man findet an der Vorderfläche der Iris in allen Fällen ein klares Silberliniensystem, das scharf konturiert,

wenig geschlängelt und fast gleichmäßig stark erscheint. Dieses begrenzt größere und kleinere Territorien. Die größeren sind zumeist polygonal, bei Fixierung der Iris in stark kontrahiertem Zustand jedoch auch spindelförmig gestaltet. Sie weisen annähernd gleiche Form und Größe auf und sind kleiner als die Endothelien im Perichorioidealraum, Tenonschen Raum und Intervaginalraum, gleichen an Größe vielmehr den Endothelien an der Hinterfläche der Cornea. Allerdings sind sie anders

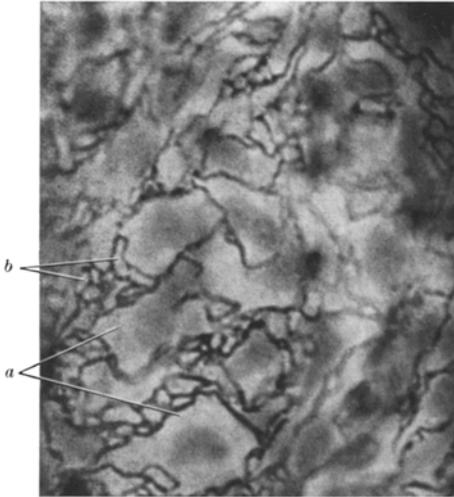


Abb. 2. Die oberste Schicht der Irisvorderfläche. *a* Irisvorderflächezellen. *b* Kleinere Areale zwischen den Irisvorderflächezellen, in welchen keine Kerne nachweisbar sind. Silberimprägnation und Färbung mit Hämatoxylin-Eosin. Obj. 40, Oc. 8

beschaffen als diese. In der Mitte eines jeden Territoriums findet man einen ellipsoid- oder nierenförmig gestalteten großen Kern, der noch einen relativ schmalen Cytoplasmabereich freiläßt. Die Irisvorderfläche besteht im wesentlichen aus diesen Zellen.

Bei Beobachtung in Ölimersion zeigt sich darüber hinaus noch folgendes. An vielen Stellen berühren sich die genannten Zellen, an anderen Stellen dagegen liegen zwischen ihnen anders beschaffene, kleinere Areale, die ganz unregelmäßig gestaltet sind. Man findet in ihnen keinen Zellkern. Die umgebenden Silberlinien bilden ein in sich vollkommen geschlossenes Liniensystem, das von jenem

nicht zu trennen ist, das die kernhaltigen Territorien begrenzt. An einzelnen Stellen beobachtet man Auftreibungen und Verdünnungen in den Silberlinien. Die kleinen Areale können ferner als dunkelbräunlich tingierte Feldchen hervortreten.

Die Silbernitratlösung ruft aber nicht nur diese schwarztingierten Linien an der Irisvorderfläche hervor, sondern sie führt zumeist auch zu einer ungleichmäßigen *diffusen braunen Verfärbung des Irisstromas*. In dem Bereich, in dem man Silberlinien nachweisen kann, ist diese Verfärbung gleichmäßig diffus und am stärksten ausgebildet. Unter dieser Schicht des Präparates stellt sie eine unscharf konturierte Netzfigur dar, die nach der Tiefe zu schwächer wird. Sie ist aber *in der Umgebung der Blutgefäße eindeutig zu finden*. Von dort aus verbreitet sich die Verfärbung annähernd bis zur Dilatatorschicht. An der vorderen Grenzschicht dieser stark imbibierten Bezirke kann man ein *kontinuier-*

liches Silberliniensystem nachweisen. (Die Kontinuität der Silberlinien an der ganzen Irisvorderfläche habe ich in Serienschritten und an Hand von Rekonstruktionsmethoden beobachtet.) Dort, wo an der Irisvorderfläche oder in der Vorderkammer Fibringerinnsel in bräunlich gefärbten Maschen vorkommen, kann die Silberlinie an der Irisvorderfläche unterbrochen sein, bei günstigem Material jedoch nur in geringem Umfang.

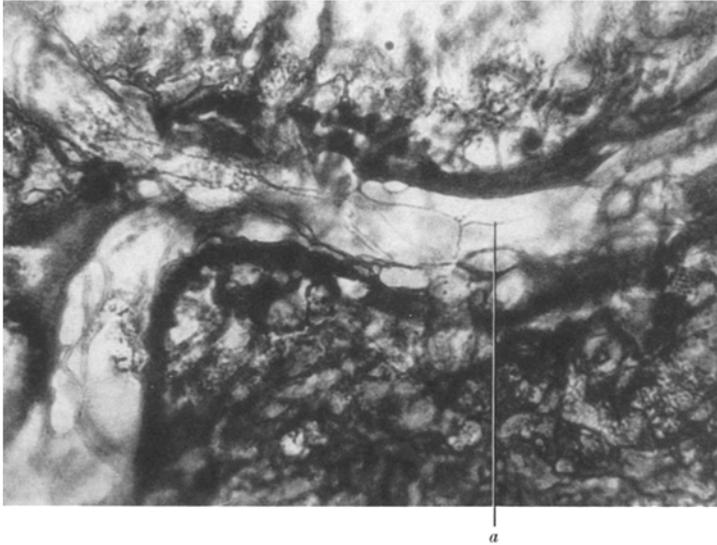


Abb. 3. Blutgefäß am vorderen Stromablatt. Die Silbernitratlösung, die in die Vorderkammer injiziert wurde, sickert durch die Zellgrenzen der Irisvorderfläche in das Irisstroma ein, wobei sie in das Blutgefäß resorbiert wird und die Kittlinien des Gefäßendothels (a) darstellt. Silberimprägnation. Obj. 40, Oc. 8

Solche Stellen liegen nicht in Vertiefungen, sondern zeigen zumeist sogar eine diffus bräunlich gefärbte Auftreibung.

Beachtenswert ist ferner folgendes. Direkt unter den bereits erwähnten Silberlinien der Vordergrenzschicht findet man feine, annähernd parallel zur Irisvorderfläche laufende Gefäße, in denen sich die *Endothelkittlinien* deutlich hervorheben. Aus der Beschaffenheit der Kittlinien läßt sich erkennen, daß es sich dabei nicht um Lymphgefäße, sondern um Blutgefäße handelt. Sie lassen sich in der Gefäßschicht manchmal eine Strecke weit verfolgen.

2. Spezialfärbungen zur cytologischen Untersuchung. Färbung mit Heidenhainschem Eisenhämatoxylin und Pikrofuchsin sowie nach MAY-GRÜNWARD-GIEMSA. Fixierung: Hellysches Gemisch, modifiziert nach MAXIMOW. Einbettung in Celloidin-Paraffin, Paraffin oder Celloidin. Die Irisvorderfläche wird in lückenlose Serien von 2—12 μ dicken Schnitten zerlegt.

Ergebnisse der cytologischen Untersuchungen. Der vordere Teil der Iris enthält viele der Fläche und Tiefe nach unregelmäßig angeordnete

Zellen. Ihr Cytoplasma und dessen Ausläufer stellen sich in der Giemsa-Färbung gut dar. *Die Zellfortsätze bilden ein dichtes syncytiales Gerüstwerk.* Zumeist ist diese Zellschicht gleichmäßig dick ausgebildet. *Nach der Tiefe des Irisstromas zu kommen diese Zellen seltener vor, dagegen umgeben sie die Gefäße in dichter Lage.*

In den parallel oder leicht schräg zur Irisvorderfläche geschnittenen Präparaten sieht man diese Zellen mehr in Flächendarstellung. Sie haben

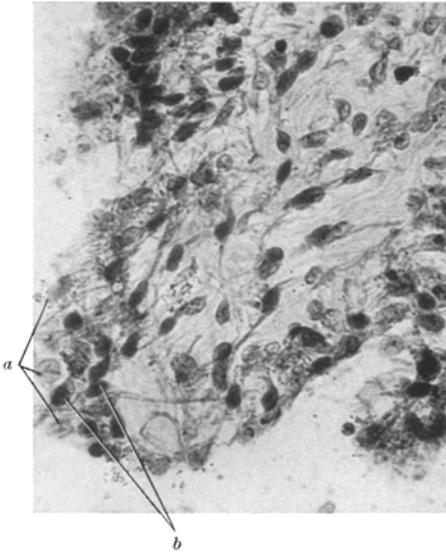


Abb. 4 Die schräg geschnittene Irisvorderfläche. *a* Kerne der Irisvorderflächezellen. *b* Vordere Stromazellen. Färbung nach HEIDENHAIN mit Eisenhämatoxylin. Obj. 40, Oc. 8

eine vielgestaltige Begrenzung, ihr Kern ist zumeist oval. Dort, wo die Zellen dicht gedrängt liegen, erscheint er auch mitunter vieleckig. Nach der Tiefe der Iris zu sieht man bei Schnittführung parallel zur Irisvorderfläche die genannten Zellen häufiger im Profil, so daß sie mehr den Eindruck langer, spindelförmiger Elemente machen. Auch der Kern erscheint länglich. Das Cytoplasma enthält sehr feine Plastosomen. Der Kern besitzt feine Chromatinstruktur und ein oder zwei Kernkörperchen. Bei der Heidenhainschen Eisenhämatoxylinfärbung läßt sich ein Cytozentrum neben dem Kern nachweisen.

Wichtig ist, daß außer diesen Zellen *eine anders beschaffene*

Zellart ausschließlich in der oberflächlichsten Schicht vorkommt. Bei vorsichtiger Bewegung der Mikrometerschraube in Ölimmersion kann man diese Zellen von den vorher besprochenen durch ihre charakteristische Beschaffenheit gut unterscheiden, obwohl sie schwer färbbar sind. Sie erscheinen so *blaß und dünn*, daß ihr Umriß kaum zu erkennen ist. Gerade hierin unterscheiden sie sich deutlich von den zuerst erwähnten Zellen, deren Cytoplasma leicht angefärbt werden kann. Deutlich tritt der ovale oder nierenförmige Zellkern in Erscheinung. Er ist blaß, chromatinarm und stark abgeplattet. Die Chromatinsubstanzen sind fein verteilt. Die Kernmembran ist verhältnismäßig gut sichtbar und weist manchmal eine Falte auf. Diese Zellkerne sind zumeist größer, blasser und dünner, als die der zuerst besprochenen Zellen, jedoch kleiner als die Kerne der Blutgefäßendothelien.

An einem dünnen Flächenpräparat der Irisvorderfläche findet man von den zuerst beschriebenen Zellen, deren Ausläufer ein Gerüstwerk bilden, nur Cytoplasmafortsätze, die teils als Stäbchen (in Schräg- oder Flächenansicht), teils als Körnchen (in der Aufsicht) erscheinen. Die Zellkerne in einem solchen Präparat gehören alle den zuletzt beschriebenen Zellen an. Sie sind nicht so regelmäßig angeordnet wie Endothelkerne und haben keine Beziehung zu den Cytoplasmafortsätzen der zuerst beschriebenen Zellen. Das diese Zellkerne umgebende Cytoplasma ist nur schwer darzustellen; gelegentlich erkennt man feine Plastosomen.

Neben diesen beiden Zellarten kommen noch Chromatophoren vor, deren pigmenthaltige Zellausläufer allerdings die Irisvorderfläche zumeist nicht erreichen.

3. Wasserblau-Orcein-Eosin-Färbung zur Darstellung von Zellgrenzen. Gleich nach der Enucleation oder Exenteration werden die Bulbi in dem nach MAXIMOW modifizierten Hellyschen Gemisch fixiert, dann in Paraffin eingebettet. Eine lückenlose Serie von 2 μ dicken Flachschnitten der Iris wird so gefärbt, daß abwechselnd auf einen mit Wasserblau-Orcein-Eosin gefärbten Schnitt ein Azanschnitt folgt.

Ergebnis der Wasserblau-Orcein-Eosin-Färbung. Die Zellen, deren Ausläufer ein Gerüstwerk bilden, erscheinen deutlich angefärbt. Ihr Cyto-

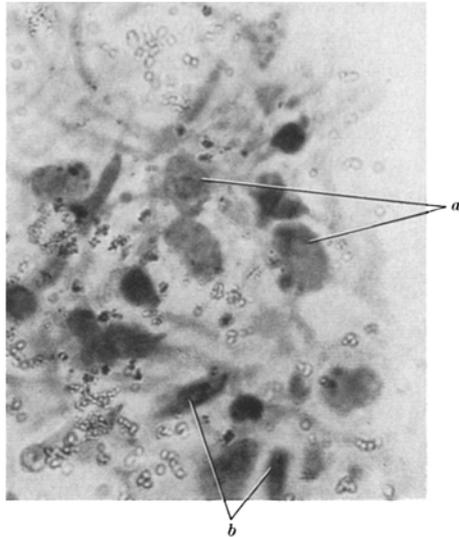


Abb. 5. Flächenansicht der Irisvorderfläche. *a* Irisvorderflächezellen. *b* Vordere Stromazellen. Färbung nach MAY-GRÜNWALD-GIEMSA. Obj. 100, Oc. 8

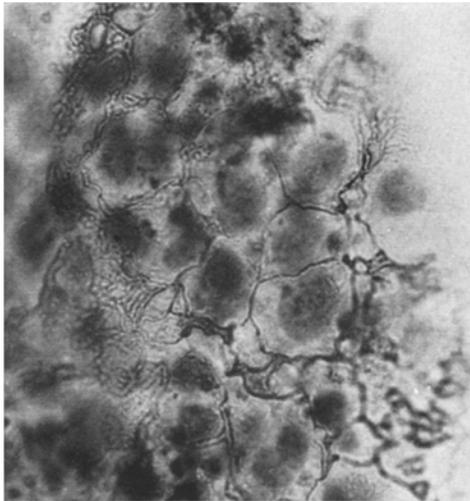


Abb. 6. Irisvorderflächezellen. Silberimprägnation und Färbung mit Hämatoxylin-Eosin. Obj. 40, Oc. 8

plasma ist bläulich-violett und scharf konturiert. Die Räume zwischen diesen Zellen treten dadurch sehr eindrucksvoll als ein Spaltlückensystem hervor. Man findet hier keine cytoplasmafaserartigen Strukturen, die die Zellen miteinander verbinden. Äußerst feine, rötlich braun gefärbte und wenig gewellte Bindegewebsfasern ziehen jedoch nach allen Richtungen und können in das Irisstroma hinein verfolgt werden. Der Zellkern färbt sich ebenfalls rötlich-violett an, in ihm ist zumeist ein leuchtendrotes Kernkörperchen sichtbar.

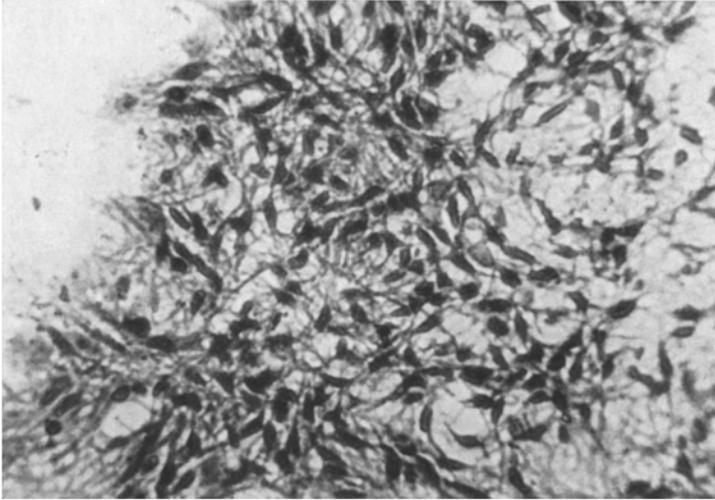


Abb. 7. Cytoplasmatisches Gerüstwerk des vorderen Stromablattes. Färbung mit Wasserblau-Orcein-Eosin. Obj. 10, Oc. 8

Diejenigen Zellen, die sich ausschließlich in der oberflächlichsten Schicht der Iris befinden, werden bei dieser Färbung nicht scharf dargestellt. Sie färben sich diffus rötlich an. Ihre Kerne dagegen treten als große, ovale, rötlich-violett gefärbte Elemente deutlich hervor; in ihnen sind ein oder zwei rote Kernkörperchen sichtbar. Hierdurch unterscheidet sich diese oberflächliche Schicht deutlich von der tiefer gelegenen.

II. Histologische Untersuchungen des Irisstromas

1. Silberimprägnationsmethode für Bindegewebe. Fixierung in 4%igem Formalin, Einbettung in Celloidin. Die in lückenlose Serien von Flachschnitten zerlegte Iris wird so behandelt, daß abwechselnd auf einen mit Silber imprägnierten ein mit Hämatoxylin-Eosin gefärbter Schnitt folgt.

Innerhalb der Bielschowsky-Methode für Bindegewebe wende ich seit vielen Jahren folgende eigene Modifikation an: Vorbehandlung nach PERDRAU mit Kaliumpermanganat-Oxalsäure, dann zur Sensibilisierung 2%ige Eisenalaunlösung. Imprägnation und Herstellung der Silberlösung nach BIELSCHOWSKY. Auf Nachvergoldung verzichte ich, da der eindrucksvolle Kontrast des Farbtons zwischen argyro-

philen und kollagenen Fasern hierbei verlorengeht. ROMEIS schreibt in „Mikroskopische Technik“: „Ohne Vergolden und Fixieren sind die Präparate nur kurz haltbar.“ Ich habe dagegen in Präparaten, die vor mehr als 10 Jahren hergestellt wurden, noch keine Veränderung bemerkt.

Ergebnisse der Silberimprägnationsmethode für Bindegewebe. Das *vordere Stromablatt* besteht aus einem *dichten Netzwerk* von tiefschwarz gefärbten *argyrophilen Fasern (Gitterfasern)*, die sich verzweigen und miteinander anastomosieren.

Unter ihnen kann man äußerst feine Fasern von anderen stärkeren unterscheiden. Die Fasern, die das Netzwerk der vordersten Schicht des vorderen Stromablattes bilden, gehören der ersteren Gruppe an. Sie sind alle gleichmäßig dünn und gewellt. Feine Fäserchen treten aus diesem Netzwerk in die vorderste Zellschicht der Iris ein, die als eine diffus dünn-schwarz tingierte Zone erscheint, und erreichen stellenweise die Vorderfläche der Iris. Im Netzwerk der tieferen Schichten des vorderen Stromablattes findet man außer diesen feinen Fäserchen auch stärkere Fasern.

Diese verlaufen gestreckt und straffer. Sie bilden die Grundlage des gesamten Netzwerkes. Um sie herum winden sich feinere Fäserchen, so daß die Zwischenräume des Netzwerkes mit feineren schwarz gefärbten umsäumt sind. Je weiter man nach der Iristiefe zu geht, um so mehr treten die stärkeren Fasern hervor. Schließlich nehmen auch bräunlich gefärbte *kollagene Fasern* am Aufbau des Netzwerkes teil. Hierdurch wird das Gerüstwerk dicker, die Zwischenräume aber werden kleiner. Dabei beobachtet man, daß in dieser Schicht die schwarz gefärbten stärkeren Fasern sich in bräunlich gefärbte kollagene Fasern umwandeln, daß *ein kontinuierlicher Übergang zwischen beiden Faserarten besteht*. An der die Zwischenräume begrenzenden Fläche erscheinen diese bräunlich angefarbten Fasern aber wieder in schwärzlichem Farbton. Im Lumen und an den Rändern der Räumchen findet sich ein feines Netzwerk von schwarzen argyrophilen Fasern. Die kollagenen Fasern nehmen nach der Tiefe immer mehr an Zahl zu. Sie verlaufen

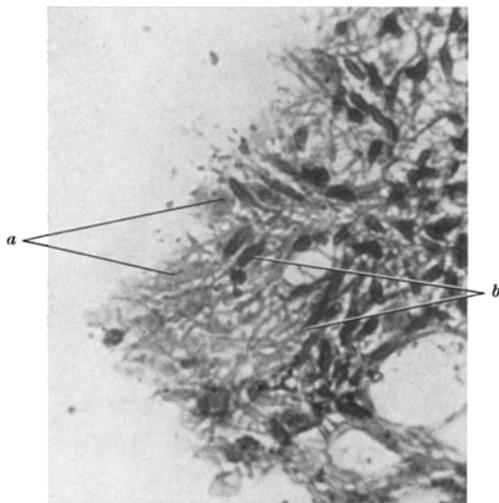


Abb. 8. Die oberste Schicht der Irisvorderfläche weist eine diffuse Verfärbung mit großen, schwer färbbaren, abgeplatteten Kernen (a) auf. b Vordere Stromazellen. Färbung mit Wasserblau-Orcein-Eosin.

nicht nur in Form einzelner Fibrillen, sondern auch als gewellte Bündelchen, die einander kreuzen und vorwiegend parallel zur Irisoberfläche

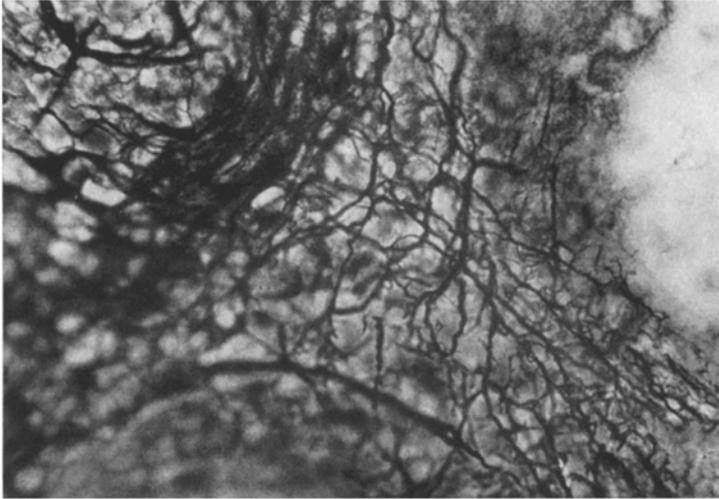


Abb. 9. Argyrophiles Fasernetz am Irisvorderteil. Schräg geschnittene Flächenansicht. Silberimprägnation. Obj. 100, Oc. 8

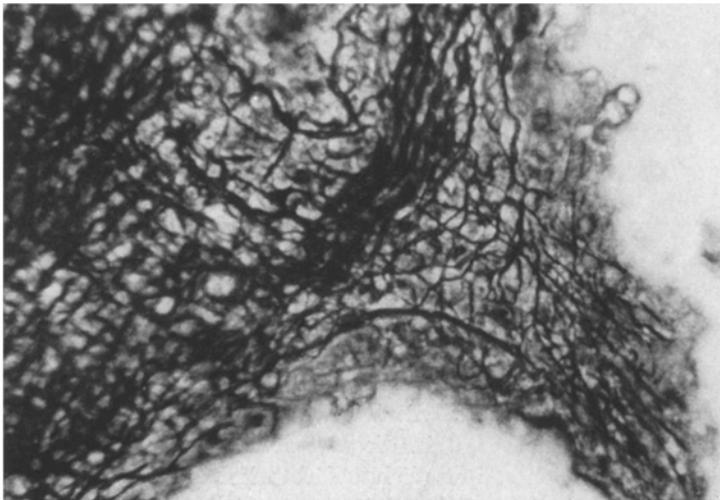


Abb. 10. Argyrophiles Fasernetz am Irisvorderteil. Obj. 40, Oc. 8

verlaufen. Die bisher geschilderten Strukturverhältnisse sind in den tiefer gelegenen Schichten des Irisstromas nur noch in der Umgebung der Blutgefäße zu finden. Das Geflecht der kollagenen Fasern wird von hier aus nach der Tiefe zu lockerer, die Räumchen werden weniger und

mehr und mehr länglich-oval geformt. Stellenweise kann man von ihnen aus ein längsgeschnittenes Gefäßrohr verfolgen. Dieses wird von einer in der Längsrichtung des Gefäßes ziehenden spärlichen Schicht bräunlich gefärbter kollagener Fasern begleitet, die kontinuierlich in das umgebende Gerüstwerk übergehen, das aus argyrophilen und kollagenen Fasern besteht und sich in das vordere Stromablatt fortsetzt. *Nach der Tiefe des Irisstromas zu erscheinen stärkere Gefäße mit ausgebildeter Adventitia.* Hier und da findet man Stellen mit besonders lockerer Faserstruktur, aufgebaut ausschließlich aus gelblich-braun gefärbten, äußerst feinen kollagenen Fibrillen: Es handelt sich hierbei um die Fuchssche Spalte.

Das *hintere Stromablatt* besteht aus dem *Gerüstwerk der kollagenen Fasern*, die sich hier dichter als in der Fuchsschen Spalte verflechten. Am *Dilatator* findet sich ein feines argyrophiles Netzwerk, das einzelne Muskelfasern umhüllt. Ebenso werden die Fasern des *Sphincters* von einem argyrophilen Netzwerk umgeben. Eine ziemlich scharfe Grenze läßt

sich zwischen der aus bräunlichen Fasern bestehenden Schicht des hinteren Stromablattes und der aus tiefschwarz gefärbten Fasern bestehenden Schicht des Dilatators ziehen. Die braun gefärbten Fasern gehen jedoch kontinuierlich in schwarz gefärbte Fasern über.

2. Azanfärbung nach Heidenhain. Über die Herstellung der Präparate siehe den Abschnitt über Wasserblau-Orcein-Eosin-Färbung.

Ergebnisse der Azanfärbung nach HEIDENHAIN. Diese Methode zeigt eindrucksvoll die *Beziehungen zwischen Zellen und Bindegewebsfasern*, stellt jedoch keinen unterschiedlichen Farbton zwischen argyrophilen und kollagenen Fasern dar. Hierüber hat bereits die Bielschowsky-Methode Aufschluß gegeben.

Man findet im Flächenpräparat der Irisvorderfläche die Fasern im Querschnitt als Pünktchen, teilweise als Fädchen dargestellt, oder man kann äußerst feine, blau gefärbte Fäserchen im Niveau der Irisvorderfläche erkennen. An den senkrecht oder in großem Winkel zur Iris-

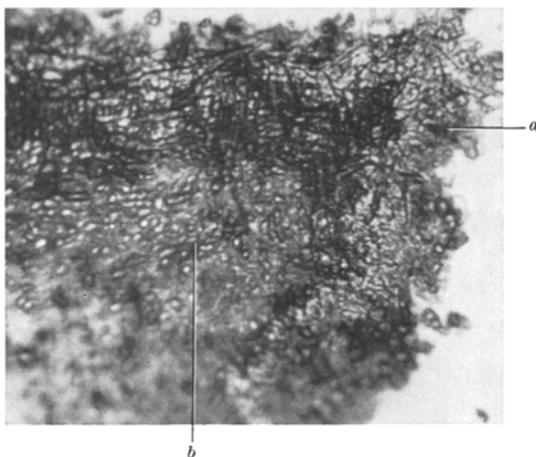


Abb. 11. Verflechtung der Bindegewebsfasern im Irisvorderteil. Schräg geschnittene Flächenansicht. *a* Netzwerk von argyrophilen Fasern. *b* Poröse Struktur von argyrophilen und kollagenen Fasern. Silberimprägnation. Obj. 10, Oc. 8

vorderfläche geschnittenen Präparaten laufen die Fäserchen gelegentlich in die Vorderkammer aus, wie schon WOLFRUM bemerkte. Im vorderen Stromablatt sind diese blau gefärbten Fasern offensichtlich zwischen orange gefärbte Zellausläufer eingelagert.

III. Modelldarstellung des Flüssigkeitswechsels

Hierüber hat bereits SCHRECK Versuche an zahlreichem Material durchgeführt. Ich selbst begnügte mich deshalb mit einem einzigen Versuch in seiner Eiseniontechnik. In weiteren Experimenten wandte ich japanische Tusche an. Sie ist nach

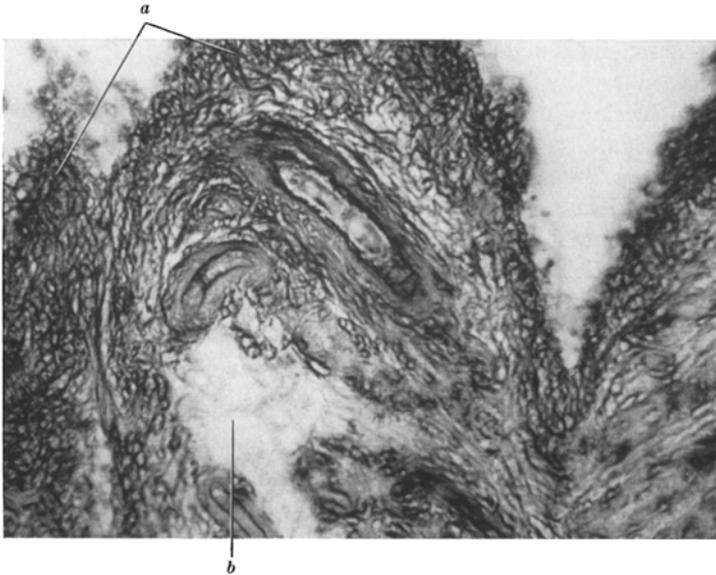


Abb. 12. Schräg geschnittene Flächenansicht des Irisvorderteiles, Netzstruktur von argyrophilen Fasern (a) und Fuchssche Spalte (b). Silberimprägnation. Obj. 10, Oc. 8

meinen Erfahrungen wegen ihrer besonderen Kolloidalverhältnisse, dann wegen ihrer Trägheit im Stofftransport zur morphologischen Beobachtung der Resorptionswege, vor allem zur Darstellung der Lymphgefäße besonders gut brauchbar. Da es beim Flüssigkeitswechsel in der Iris um die alte Frage geht, ob Lymphgefäße in der Iris vorhanden sind, schien mir Tusche für die Untersuchung besonders geeignet.

1. Eisenionmethode. Vor der Enucleation werden 0,2 cm³ Kammerwasser entnommen und dafür die gleiche Menge 1%iger Ferriammoniumcitratlösung injiziert. Depotdauer 15 min. Nach der Enucleation wird der Bulbus in 4%iger Formalinlösung fixiert. Schließlich wird er in lückenloser Serie von 12 μ dicken Schnitten parallel zur Irisoberfläche zerlegt und das Modelleisen mit Hilfe der Berliner-Blaureaktion blau, die Zellkerne mit Kernechtrot rötlich dargestellt.

Die Gewebe des vorderen Irisabschnittes erscheinen gleichmäßig diffus blau tingiert. In den Krypten der Vorderkammer finden sich blaue Farbmassen, während das Irisgewebe selbst an diesen Stellen keine besonders starke Verfärbung aufweist.

2. Tuschemethode. Gleich nach der Enucleation wird Kammerwasser entnommen und Tusche in derselben Menge injiziert. Nach 30 min Aufbewahrung in Ringerlösung wird der Bulbus in Formalin fixiert. Die Präparate werden wie bei der Eisenion-Methode hergestellt. Färbung mit Hämatoxylin-Eosin.

Die Tusche dringt vorzugsweise im Bereich der Krypten in das Irisgewebe ein und färbt dieses teils diffus, teils in Form von Fasernetzfiguren an. *Es finden sich auch auffallend verzweigte, feinste kanälchenförmige Bildungen, jedoch keine echten Lymphgefäße.*

C. Zusammenfassung und Diskussion der eigenen Ergebnisse

Mit der Versilberungsmethode konnte ich an der Irisvorderfläche beim Menschen ein vorzüglich scharfes, kontinuierliches Liniensystem darstellen. Es gleicht demjenigen, das seit RECKLINGHAUSEN (1826) gewöhnlich als *Intercellulararkittlinien des Endothels* bezeichnet wird (vgl. Abb. 1). Bei genauer Beobachtung zeigen sich aber charakteristische Besonderheiten. Unter den Territorien, die von den Silberlinien umrahmt werden, lassen sich größere und kleinere deutlich unterscheiden. Innerhalb dieser beiden Gruppen jedoch sind die Schwankungen in der Größe gering. Die größeren Territorien sind polygonal gestaltet und enthalten einen ellipsoiden oder nierenförmigen Kern (vgl. Abb. 2 a und b). Sie erinnern an gewöhnliche Endothelzellen. Die kleineren Territorien dagegen sind unregelmäßig, teils rundlich oder länglich oval, teils stäbchenförmig gestaltet. In ihnen läßt sich kein Kern nachweisen (vgl. Abb. 2 b). Man kann also diese kleinen Territorien nicht als selbständige Zellen ansehen.

Nach der Beschreibung von WOLFRUM (1922) scheint es, daß es ihm nicht gelang, beim Menschen dieses scharf konturierte, einigermaßen regelmäßige Liniennetz darzustellen. Auf Grund meiner Ergebnisse kann ich dagegen mit Sicherheit folgendes sagen: Mit Hilfe der *Versilberungsmethode läßt sich ein kontinuierliches Liniensystem an der Irisvorderfläche des menschlichen Auges scharf darstellen*, wie dies auch schon SCHWALBE (1883, 1887) und KOGANEI (1885) betonten. Dieses Liniensystem zeigt ein regelmäßiges Muster, das sich aus der Kombination der zwei unterschiedlichen Territorien ergibt.

Wie bereits erwähnt, ist es bemerkenswert, daß die Autoren, die mit Versilberungsmethoden arbeiten, ein Endothel an der Irisvorderfläche vermuten, daß dagegen diejenigen Autoren, die cytologische Färbeverfahren anwenden, ein vorderes Irisendothel in Abrede stellen. Um die Bedeutung dieser beiden Territorienarten näher zu bestimmen, führte ich nun ebenfalls cytologische Färbungen durch. Dabei fallen die ein cytoplasmatisches Gerüstwerk bildenden Zellen, die viele Autoren für die einzigen Zellen der Irisvorderfläche halten, allerdings zuerst auf, aber man darf dabei nicht andere, ausschließlich in der obersten Schicht der Iris liegende Zellen übersehen. Das Cytoplasma dieser zuletzt genannten

oberflächlichen Zellen (die in der Silbermethode als Territorien erscheinen), zeigt zunächst wenig Struktur, ist blaß und anscheinend fast homogen. Ihr Kern ist dünn, oval und mäßig groß (vgl. Abb. 4a, 5a und 8a). Im Gegensatz dazu ist das Cytoplasma der zuerst erwähnten tiefer gelegenen Zellen gut färbbar: es streckt nach verschiedenen Richtungen Fortsätze aus. Der Kern ist zumeist länglich oval oder spindelförmig und verhältnismäßig gut färbbar (vgl. Abb. 4b, 5b, und 8b). Beide Zellarten sind wegen dieser unterschiedlichen Beschaffenheit und der Niveaudifferenz bei Flächenansicht gut voneinander zu unterscheiden, obwohl sie eng aufeinander liegen.

Auf einem dünnen, in der richtigen Ebene geschnittenen Flächenbild der Irisvorderfläche kann man nicht nur die *Zellen, die sich ausschließlich in der oberflächlichen Schicht befinden*, gut beobachten, sondern es läßt sich auch das Versilberungsbild in Klarheit deuten. Die *große Kerne enthaltenden Territorien* im Versilberungsbild entsprechen den *Zellen*, die sich *ausschließlich an der Irisvorderfläche* befinden. Die *kleinen*, ganz unregelmäßig gestalteten *Territorien* sind *Teilchen oder Enden der Zellausläufer*, die *im vorderen Stromablatt ein Gerüstwerk* bilden (vgl. Abb. 7). Zwischen Zellen und Zellausläufern lassen sich Cytoplasmafasern bzw. Cuticularbildungen nicht nachweisen. Diese meine Ergebnisse stimmen im wesentlichen mit der Beschreibung von SALZMANN (1912) überein, der bemerkte, daß neben den Endothelzellen wahrscheinlich auch noch Elemente der vorderen Grenzschicht teilweise bei der Bildung der vorderen Irisfläche beteiligt sind. Ich kann dasselbe feststellen. Die eigentlichen Irisvorderflächenzellen und die hier und da eingeschalteten Stückchen der Zellausläufer der vorderen Stromazellen bilden offensichtlich *einen gemeinsamen, vollkommen flach ausgebreiteten Belag*, obwohl die letztgenannten Zellen in einer tieferen Schicht liegen. Dabei ist denkbar, daß eine minimale Niveaudifferenz besteht, d. h. daß Spaltlücken um diese Zellausläufer herum bestehen. Man findet nämlich zuweilen, daß im Versilberungsbild die Silberlinien, die die kleinen Territorien umrahmen, mehrere Auftreibungen und Verdünnungen zeigen oder daß die Territorien als dunkelbräunlich tingierte Feldchen hervortreten.

WOLFRUM bezweifelt, daß die Versilberungsmethode richtig begrenzte Zellterritorien darstellt. Ich glaube, daß meine bisher erwähnten Ergebnisse dieses Problem gelöst haben, werde aber auf die Problematik der Versilberungsmethode später noch eingehen. Hier sei zunächst nur folgendes bemerkt: Die Abbildung, die WOLFRUM in seiner Abhandlung zeigt und die LAUBER (1936) im Abschnitt über die Iris im Möllendorffschen Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen zitiert, stellt meines Erachtens kein richtiges Bild der allerersten Schicht dar, sondern es tritt darin zumindest die nächste, tiefer gelegene Zellschicht

in den Vordergrund. Eine individuelle Differenz mag freilich bestehen. Ich habe jedoch die oben erwähnten Strukturverhältnisse an Flächenschnitten der Irisvorderfläche ausnahmslos nachweisen können. Ich bin daher nicht der Ansicht, daß die vordere Irisfläche durch einen Filz von Zellen und Zellausläufern des vorderen Stromablattes gebildet wird.

Nun muß man fragen, *ob die Irisvorderfläche überall, auch in den Krypten, diese Strukturen zeigt.* Um dies zu entscheiden, habe ich in zahlreichem Material lückenlose Serien von Flächenschnitten parallel zur Irisoberfläche hergestellt und, wo nötig, eine Rekonstruktionsmethode angewandt. Es ist bekannt, daß in den Krypten sich das vordere Stromablatt verdünnt, dessen Zellen dort sehr locker liegen und stellenweise anscheinend vollständig fehlen. Die eigentlichen Irisvorderflächenzellen dagegen sind so dünn abgeplattet und schwer färbbar, daß sie sich in den senkrecht oder mit großem Winkel zur Irisfläche geschnittenen Präparaten kaum nachweisen lassen, obwohl sie auf den exakten Flächenschnitten ausnahmslos auch deutlich erkennbar erscheinen. Bei der starken Unebenheit der Irisvorderfläche des menschlichen Auges ist es praktisch unmöglich, von allen Stellen ein Flächenbild herzustellen. Die Rekonstruktionsmethode bietet allerdings einige Vorteile, aber keine perfekten Erfolge. Ich möchte aber hervorheben, daß es gelang, in einem Fall mit Hilfe der *Rekonstruktionsmethode eine lückenlose Schnittserie* herzustellen und *ein fast ununterbrochenes Liniensystem* nachzuweisen.

Beim Injektionsversuch findet man, daß der Farbstoff in den Krypten besonders gut resorbiert wird. Das mag einerseits seinen Grund darin haben, daß in den Krypten die Spaltlücken zwischen den bereits eingehend beschriebenen Zellen und Zellausläufern größer als an anderen Stellen sind. Andererseits ist aber auch denkbar, daß die Farbstofflösung in den Vertiefungen längere Zeit stagniert, so daß größere Mengen von ihr resorbiert werden können. *Zweifellos sickert die Farbstofflösung jedoch nicht nur von den Krypten aus, sondern auch durch die ganze Irisvorderfläche in das Stroma ein. Hier gibt es nur Gradunterschiede.* Es läßt sich auf Grund von Vor- und Nachversilberungsmethoden (Versilberung zur Darstellung von Zellgrenzen und Silberimprägnation für Bindegewebe) mit Sicherheit sagen, daß in den Krypten, in denen das vordere Stromablatt anscheinend vollkommen fehlt und das Irisstroma gegen die Vorderkammer offen ist, doch eine scharfe Grenze, ja eine eindeutige Differenz der histochemischen Verhältnisse nachgewiesen wird.

WOLFRUM kritisiert in seiner Arbeit die Versilberungsmethoden. Ich meine jedoch auf Grund meiner Untersuchungen über die Problematik dieser Methode, daß sie gerade bei Arbeiten über Fragen des Flüssigkeitswechsels besonders interessant ist. Die Untersuchungen KIHARAs und seiner Schüler ergaben, daß das die serösen Höhlen auskleidende *Endothel sich unterschiedlich verhält*, je nachdem, ob es an einer den

Gewebssaft resorbierenden Stelle oder an einer nichtresorbierenden Stelle liegt. Im ersteren Fall beobachtet man oft, daß die Versilberungsmethode „launenhaft“ ist — eine rein empirisch gewonnene Feststellung. Die entscheidenden Faktoren der elektiven Darstellung mit Hilfe von Silbermethoden sind immer noch unklar. Wie kommt z. B. die Silberkeimbildung zustande? Viele Autoren führen sie auf die Anwesenheit eines besonderen Stoffes, vermutlich eines Eiweißkörpers, zurück, der Silbersalz örtlich festhält und negative Ladung zeigt. Außerdem muß man an bestimmte Kolloidalverhältnisse und an die Strukturdichte der Substrate denken. Ich habe die Silberkeimbildung mit Hilfe des Elektronenmikroskops und der Elektronenbeugung untersucht und fand, daß der *Zusammentritt feiner Silberteilchen zu größeren Komplexen im Cytoplasma zweifellos verzögert, im intercellulären Gewebe dagegen begünstigt* wird, und daß eine Abhängigkeit von einem Schutzkolloid besteht. In dieser Beziehung teile ich die Ansicht von ROBINO (1937), der meint, daß der unmittelbare Kontakt des Gewebes mit Blutplasma oder Peritonealflüssigkeit bei der Versilberung eine Rolle spielt.

Meines Erachtens darf ferner folgendes vermutet werden: Wenn sich die intercellulären Lücken durch eine Funktion der Zellen erweitern und vermehrt seröser Saft ins Gewebe einsickert, tritt die Intercellularsubstanz im Versilberungsbild nicht mehr als Linie hervor. Das würde erklären, daß sich die Launenhaftigkeit der Versilberungsmethode an jenen Orten der serösen Höhlen, an denen der Gewebssaft resorbiert wird, zeigt. Bei pathologisch verändertem Gewebe könnte man auch noch an eine besondere Substanz denken, die die Keimbildung verzögert oder verhindert. Der *Erfolg der Versilberungsmethode* ist jedenfalls *von der Beschaffenheit der Intercellularsubstanz bzw. ihrer Kolloidalverhältnisse und der Strukturdichte abhängig* und nicht so sehr davon, ob es sich um Endothelzellen oder andere Zellen handelt.

Wenn man Silbernitratlösung in die Vorderkammer injiziert, so sickert sie in das Stroma ein und stellt dabei an der Irisvorderfläche die Grenzlinien zwischen Zellen und Zellausläufern dar, das Stroma aber färbt sie nur diffus an. Falls sie weiter in die Blutgefäße resorbiert wird, läßt sie die Kittlinien des Gefäßendothels ebenfalls in der diffusen Verfärbung des Irisstromas hervortreten (vgl. Abb. 3).

Zu welcher Zellart gehören nun die speziellen Zellen der Irisvorderfläche? Nach der konservativen Ansicht der ältesten Autoren handelt es sich um Endothelien im Sinne der klassischen Definition. MAXIMOW jedoch schlägt (1927) vor, die die serösen Höhlen auskleidenden Zellen nicht Endothelien, sondern Deckzellen zu nennen. Dem kann ich nicht ohne weiteres zustimmen. Da, wie oben ausgeführt, diese Zellen sich unterscheiden in solche, die an resorbierenden Stellen liegen, und in solche, die nichtresorbierende Stellen überziehen, sollte man sie nicht

alle unter dem einen Begriff „Deckzellen“ zusammenfassen und den Endothelien gegenüberstellen.

Die *Zellen an resorbierenden Stellen* unterscheiden sich in ihrer Größe von denjenigen an nichtresorbierenden Stellen. R. WALTER (1912) hat beim Pleuroperitonealepithel über ein sehr kleinzelliges Epithel und seine funktionelle Bedeutung berichtet. Die Arbeiten von KIHARA und seinen Mitarbeitern haben im Rahmen der Forschung über „Extravasculäres Saftbahnsystem“ nicht nur beim Pleuroperitonealepithel, sondern auch bei den anderen serösen Höhlen folgendes ergeben: Die Endothelzellen an der Resorptionsstelle sind bemerkenswert klein, der Kern dagegen ist verhältnismäßig groß, so daß das blasse Cytoplasma nur einen schmalen Saum um den Kern herum bildet. Die Zellen sind nach meinen Erfahrungen sehr empfindlich gegen verschiedene Reize und pathologische Vorgänge. Bei der Darstellung der Zellgrenzen zeigt sich zuweilen die Launenhaftigkeit der Versilberungsmethode. *Diese Eigenschaften aber besitzen die Irisvorderflächen ebenfalls!* Noch mehr gleichen sie jedoch den Zellen an der Oberfläche der Rindennasse des lymphoiden Gewebes im Lymphknoten. Viele neuere Autoren nehmen an, daß es sich hierbei *nicht um Endothelzellen, sondern um abgeplattete Reticulumzellen handelt*, während ältere Autoren sie für einen Endothelbelag halten. Ich habe bereits über die allmähliche Umwandlung und den kontinuierlichen *Übergang von Endothelzellen in Reticulumzellen* an der Innenfläche der Kapsel und Trabekel, an der Oberfläche des Sinusreticulums und an der Oberfläche des lymphoiden Gewebes und der Markstränge im Lymphknoten berichtet. Interessant ist, daß sich *ähnliche Verhältnisse an den Wänden der Vorderkammer* finden. Die hintere Fläche der Cornea läßt sich dabei mit der Innenfläche *der Kapsel* des Lymphknotens vergleichen. Sie ist von echtem Endothel überzogen. Die Bälkchen des Lig. pectinatum entsprechen den Sinusreticula, und *die Oberfläche der Iris zeigt ein ähnliches Verhalten wie diejenige der lymphoiden Gewebe des Lymphknotens*. Es ist denkbar, daß die eigentlichen Irisvorderflächenzellen eine Mittelstellung zwischen sog. abgeplatteten ruhenden Reticulumzellen (also undifferenzierten Mesenchymzellen im weiteren Sinn) und Endothelzellen einnehmen.

Um diese Frage noch genauer entscheiden zu können, ist es zweckmäßig, das *Phagocytosevermögen* zu untersuchen. Aus meinen bisherigen Arbeiten über derartige Zellen ergibt sich, daß diese nicht sehr phagocytoseaktiv, jedoch aktiver als echte Endothelien sind. Es ist allerdings schwierig, am menschlichen Auge hierüber experimentell Klarheit zu schaffen. Die eigentlichen *Irisvorderflächenzellen* gehören jedenfalls, soviel ergibt sich aus all diesem, zu derjenigen *Zellart, die an der Resorptionsstelle von serösen Höhlen nachgewiesen wird und stehen den Sinuswandzellen des lymphoiden Gewebes nahe*. Ich möchte hierzu noch

bemerken, daß mir KIHARA vor kurzem mitteilte, daß er zu der Überzeugung gekommen sei, daß die Zellen des extravasculären Saftbahnsystems zum Reticuloendothelialsystem im weiteren Sinne gehörten.

Die Fasern der vorderen Grenzschicht der Regenbogenhaut sind zweifellos argyrophile Fasern (Gitterfasern, Reticulumfasern). Sie bilden direkt unter der Irisvorderfläche ein äußerst feines (argyrophiles) Netzwerk (vgl. Abb. 9). Je tiefer man jedoch in das Stroma eindringt, um so mehr treten stärkere argyrophile Fasern hervor und bilden die Grundlage des Netzwerkes (vgl. Abb. 10). Zu bemerken ist, daß schließlich nicht nur die feinen kollagenen Fasern an der Bildung des Netzwerkes teilnehmen, sondern daß auch die argyrophilen Fasern selbst allmählich sich in kollagene Fasern umwandeln. Die Zwischenräumen des Netzwerkes sind nicht nur mit feinen argyrophilen Fasern umsäumt, sondern auch, je nach Tiefe, immer mehr mit feinen kollagenen Fasern. Diese Gegend erscheint dann nicht mehr netzförmig, sondern porös (vgl. Abb. 11). *Solche Strukturverhältnisse lassen sich im Irisstroma vornehmlich in der Umgebung der Blutgefäße nachweisen.* Das einzelne kleine Räumchen erinnert an eine quer getroffene Capillare bzw. Postcapillarevene (vgl. Abb. 12a). Einige Zwischenräumen lassen sich tatsächlich auch eine Strecke weit als Röhrechen verfolgen, das von einem feinen argyrophilen Fasernetz umkleidet ist (vgl. Abb. 12b).

Diese Struktur entspricht im Prinzip derjenigen der „Extravasculären Saftbahnen“ nach KIHARA, über die ich bereits in der Einleitung berichtet habe. Es ist wohl daraus der berechtigte Schluß zu ziehen, daß *der in die Vorderkammer injizierte Farbstoff in das Irisstroma einsickert, wobei er zuerst das vordere Stromablatt, anschließend die Umgebung der Blutgefäße diffus tingiert und schließlich in die Venen resorbiert wird.* Es besteht daher fast kein Zweifel daran, daß das Kammerwasser durch die bereits eingehend beschriebenen Zellgrenzen der Irisvorderfläche in die aus argyrophilen Fasern bestehende Schicht eindringt und schließlich in die Capillaren bzw. Postcapillaren resorbiert wird. Dabei wird es durch die Zwischenräumen des Fasernetzes in eine Richtung gelenkt. Ich möchte hier TAKASHI KIHARA zitieren: „Wird eine experimentelle Lymphinfiltration in den kollagenen Fasern herbeigeführt oder Eiweißsol ins kollagene Gewebe eingespritzt, so verändern sich die kollagenen Fasern und werden in argyrophile Fasern umgewandelt.“ Man könnte somit auch sagen, daß *an der Iris diejenigen Stellen, in denen Argyrophilie an den Fasern nachgewiesen wird, den Resorptionsweg des Kammerwassers darstellen.* Auf Grund dieser oben erwähnten Befunde und Überlegungen bin ich der Ansicht, daß an der Fuchsschen Spalte, die nur äußerst wenige, feine Fasern aufweist, die bei der Nachversilberung hell gelblich erscheinen, kaum ein lebhafterer Flüssigkeitswechsel zustande kommt und die physikochemische Beschaffenheit ihres Inhaltes mit der des Kammerwassers nur wenig verwandt ist (Abb. 12b).

Ich habe früher beim Kaninchen und beim Rinde am Kammerwinkel und an der Iris argyrophile Fasern untersucht und sehe nun, daß sich *beim Menschen mehr argyrophile Fasern finden als bei Tieren*, und daß sie *feiner und schwammartiger* beschaffen sind. Die Zellen des Irisvorderteils stehen meines Erachtens den undifferenzierten Mesenchymzellen nahe. Dies würde der Meinung von WOLFRUM nicht widersprechen, daß der vordere Teil der Iris eine regressive Erscheinung aufweist.

Zum Schluß möchte ich noch betonen, daß *an der Iris keine echten Lymphgefäße existieren. Statt dessen ist eine aus argyrophilen Fasern bestehende Netzstruktur als Saftbahnsystem anzusehen, ein mikroskopisch feines Röhrensystem, das tatsächlich den in die Vorderkammer injizierten Farbstoff in die Blutgefäße abführt.*

An dieser Stelle erlaube ich mir, Herrn Prof. Dr. SCHRECK ganz besonders dafür meinen tiefsten Dank auszusprechen, daß er mir in seiner Klinik die Möglichkeit gegeben hat, die vorliegende Arbeit durchzuführen. Gleichzeitig sei Herrn Dr. GAREIS und Herrn Dr. PFANZ mein Dank ausgesprochen für ihre freundliche Unterstützung bei der Erfüllung meiner Aufgabe. Ich möchte aber auch die Hilfe der Herren Priv.-Dozent Dr. LEONHARDT und Priv.-Dozent Dr. HAUG vom Anatomischen Institut der Universität Erlangen dankbar erwähnen, die mir bei der Fertigstellung der vorliegenden Abhandlung zuteil wurde.

Literatur

ASAYAMA: Über die Resorption des Kammerwassers von der vorderen Fläche der Iris. Graefes Arch. **51** (1900). — ARNOLD, FR.: Handbuch der Anatomie des Menschen mit besonderer Rücksicht auf Physiologie und praktische Medizin, Bd. II. Freiburg 1851. — ARCHOFF, L.: Pathologische Anatomie. Jena 1909. — ASCHOFF, L., E. KÜSTER u. SCHMIDT: Hundert Jahre Zellforschung. Berlin 1938. — EISLER, P.: Kurzes Handbuch der Ophthalmologie. Berlin 1930. — FUCHS, E.: Lehrbuch der Augenheilkunde. Leipzig u. Wien 1907. — GRIMM, R.: Kurze Bemerkung zu einer japanischen Arbeit. Extravasculäre Saftbahnen des Augapfels und Sehnerven und ihre Beziehungen zu den orbitalen Lymphgefäßen, von S. MAGARI (Sitzungsberichte). Klin. Mbl. Augenheilk. **127** (1955). — HELLMANN, T.: Lymphgefäße, Lymphknötchen. In MÖLLENDORFFS Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen, Bd. VI/1. Berlin 1935. — HENLE, J.: Handbuch der Eingeweidelehre des Menschen. 1886. KIHARA sen., T.: Das Zirkulationssystem im weiteren Sinne. Jap. Circulat. J. **4** (1938) und in Ber. der 10. Japanischen Medizinischen Verslg, Kyoto 1938. — Das extravasculäre Saftbahnsystem. Ber. des hämatologischen Symposions. Nr 3, 1950. — Studies on the extravascular fluid-path-system. Acta anat. nipponica **26**, Nr 2 (1951). — Das extravasculäre Saftbahnsystem. Okajimas Fol. anat. jap. **28**, (1956). — KIHARA jr., T.: Untersuchung der Reticulumfasern. Ber. der II. Abt. des Anat. Inst. der Univ. Kyoto, Heft 1, 1953. — KOGANEI: Untersuchungen über den Bau der Iris des Menschen und der Wirbeltiere. Arch. mikrosk. Anat. **25** (1885). — LAUBER, H.: Die Regenbogenhaut (Iris). In MÖLLENDORFFS Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen. Berlin 1936. — LEBER, TH.: Die Zirkulations- und Ernährungsverhältnisse des Auges. In GRAEFTE-SAEMISCHS Handbuch der gesamten Augenheilkunde, Bd. II. Leipzig 1903. — LIESEGANG, R. E.: Histologische Versilberungen. Z. wiss. Mikrosk. **28** (1911). — Das Verhalten minimaler Räume bei einigen Färbungen. Z. wiss. Mikrosk. **45** (1928). — LUSCHKA, V.: Die Struktur der serösen Häute. Tübingen 1851. — MAGARI (NISHIMURA), S.: Studien über die

Struktur der Sinuswand des Lymphknotens. Kinki-Tagg. der Jap. Anat. Ges. April, 1949. — Elektronenmikroskopische Untersuchungen über den Bau der extravaskulären Saftbahnen. Acta anat. nipponica **26**, Nr 4 (1951); **28**, Suppl. (1953). — Extravaskuläre Saftbahnen des Augapfels und Sehnerven und ihre Beziehungen zu den orbitalen Lymphgefäßen. Acta Scholae med. Kioto **31**, H. 1 (1953). — Beiträge zur Kenntnis der sog. kraterförmigen Stigmata in der Pleuroperitonealmembran der Anura. Acta anat. nipponica **29**, Nr 3 (1954). — Electron Microscope studies on the endothelial cell and the intercellular cement substance. Acta anat. nipponica **30** (1955). — Tusche als Färbemittel bei histologischen Untersuchungen. Anat. Anz. **103**, H. 21/24 (1956). — MAXIMOW, A.: Bindegewebe und blutbildende Gewebe. In MÖLLENDORFFS Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen, Bd. II/1. Berlin 1927. — Über die Zellformen des lockeren Bindegewebes. Arch. mikrosk. Anat. **67** (1906). — MURAKAMI, Y.: Studien über das Reticuloendothelialsystem im Lymphknoten. Ber. des Pathol. Inst. der Univ. Niigata, **62**, 1945. — PAPPENHEIM, S.: Die spezielle Gewebelehre des Auges mit Rücksicht auf Entwicklungsgeschichte und Augenpraxis. Breslau 1842. — PLENK, H.: Über argyrophile Fasern (Gitterfasern) und ihre Bildungszellen. Erg. Anat. **27** (1927). — RANVIER, L.: Traité technique d'Histologie. Deutsche Übers. von NICATI und v. WYSS. Leipzig 1875. — RECKLINGHAUSEN, F. V.: Die Lymphgefäße und ihre Beziehung zum Bindegewebe. Berlin 1862. — ROBINOW: Zit. nach K. ZEIGER, Physikochemische Grundlagen der histologischen Methodik. Wiss. Forschungsber. **48** (1938). — ROMEIS, B.: Mikroskopische Technik. München 1948. SALZMANN, M.: Anatomie und Histologie des menschlichen Augapfels im normalen Zustand. Berlin u. Wien 1912. — SCHAFFER, J.: Das Epithelgewebe. In MÖLLENDORFFS Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen, Bd. II/1. Berlin 1927. — SCHRECK, E.: Zur intravitale Modell Darstellung des Flüssigkeitswechsels. Ber. dtsch. ophthalm. Ges. **28** (1949). — SCHWALBE, G.: Lehrbuch der Anatomie der Sinnesorgane. 1883. — Untersuchungen über die Lymphbahnen des Auges und ihre Begrenzungen. Arch. mikrosk. Anat. **6** (1870). — STADTMÜLLER, F.: Historische Darstellung zur Deutung des Wesens der Silbermethode an nicht fixierten Objekten und experimentelle Studien bezüglich der Behandlung nicht fixierter Epithelien und markhaltiger Nervenfasern mit Argentum nitricum. Anat. H. **59** (1921). — TEI, J.: Über die Beziehung zwischen dem interzellulären Raum des Lymphfollikels und der Lymphsinus zu den Blutgefäßen. Arch. chir. jap. **14**, Nr 5 (1937). — THIEL: Zur Frage der Lymphgefäße der Iris. Klin. Mbl. Augenheilk. **1927**. — THOMÉ, R.: Endothelien als Phagozyten. Arch. mikrosk. Anat. **52** (1898). — WALTER, R.: Über die „Stomata“ der serösen Höhlen. Anat. H. **46** (1912). — WOLFRUM: Über die Struktur der Irisvorderschicht. Heidelbg. Ber. **14** (1920). — Über den Bau der Irisvorderfläche des menschlichen Auges mit vergleichend anatomischen Bemerkungen. Graefes Arch. **109** (1922). — Die Anatomie der Regenbogenhaut. In GRAEFE-SAEMISCHS Handbuch der gesamten Augenheilkunde, 2. Aufl. Leipzig 1926. — ZEIGER, K.: Physikochemische Grundlagen der histologischen Methodik. Wiss. Forschungsber. **48** (1938).

Prof. Dr. S. MAGARI,

Anat. Institut der Kansai-Hochschule für Medizin, Osaka (Japan)