

Sonderdruck aus

Bericht über die 73. Zusammenkunft der Deutschen Ophthalm. Gesellschaft in Heidelberg 1973

© J. F. Bergmann, München 1975 · Printed in Germany

Über die Lichtabsorption am Augenhintergrund

V. P. GABEL*, **R. BIRNGRUBER****, **F. HILLENKAMP****, **I. H. L. WALLOW***,
W. SCHMOLKE**

* Augenklinik der Universität München, Direktor: Prof. Dr. O.-E. Lund (München)

** Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung (Neuherberg b. München).

Lichtkoagulationen am Augenhintergrund sind thermische Effekte an Netzhaut, Pigmentepithel und Aderhaut. Eine *entscheidende* Rolle bei ihrem Zustandekommen spielt die *Lichtabsorption* an den pigmentierten Strukturen des Augenhintergrundes, also an Pigmentepithel und Aderhaut. Deshalb kann die genaue Kenntnis der quantitativen Verhältnisse der Lichtabsorption zu besserer Reproduzierbarkeit von Lichtkoagulationseffekten führen, wie es bei Schwellwertuntersuchungen und klinischen Koagulationen wünschenswert ist. Die Transmission ist ein Maß für die Lichtabsorption, vorausgesetzt, daß Reflexion und Streuung vernachlässigt werden können. Erste grundlegende Arbeiten auf diesem Gebiet stammen von Ham u. Geeraets, die die Transmission und Reflexion an Pigmentepithel- und Aderhaut-Gesamtpräparaten von verschiedenen Spezies und an menschlichem Pigmentepithel gemessen haben. Darüber hinaus sind bis jetzt keine Untersuchungen an den *einzelnen* pigmentierten Schichten verschiedener Spezies sowie an verschiedenen Arealen am Augenhintergrund, wie Macula, Paramacula oder Äquator bekannt.

Es wird daher versucht, mit eigenen Messungen weiteren Aufschluß über das Absorptionsverhalten von Pigmentepithel und Aderhaut zu bekommen. Es soll über erste Untersuchungen berichtet werden, die bis jetzt nur am Pigmentepithel durchgeführt wurden.

Hierzu wurde folgende Methode verwendet:

Von Glutaraldehyd fixierten Augen wurde die Netzhaut abgezogen und das Pigmentepithel durch die Mikrodissektion in Stücken abgelöst (Abb. 1). Die zusammenhängenden Pigmentepithelteile wurden auf Objektträger aufgezogen und ungefärbt eingedeckt. Anschließend wurde die Transmission dieser Präparate in einem Mikrospektralphotometer gemessen. Abb. 2 zeigt den prinzipiellen Meßaufbau mit Mikroskopteil und Datenteil. Mit dieser Methode wurden 57 Präparate aus insgesamt 6 verschiedenen Regionen von je 1 Auge von Chinchilla-Kaninchen, 3 Macaca-Iris-Affen und 3 Menschen ausgewertet. An jedem Präparat wurde die

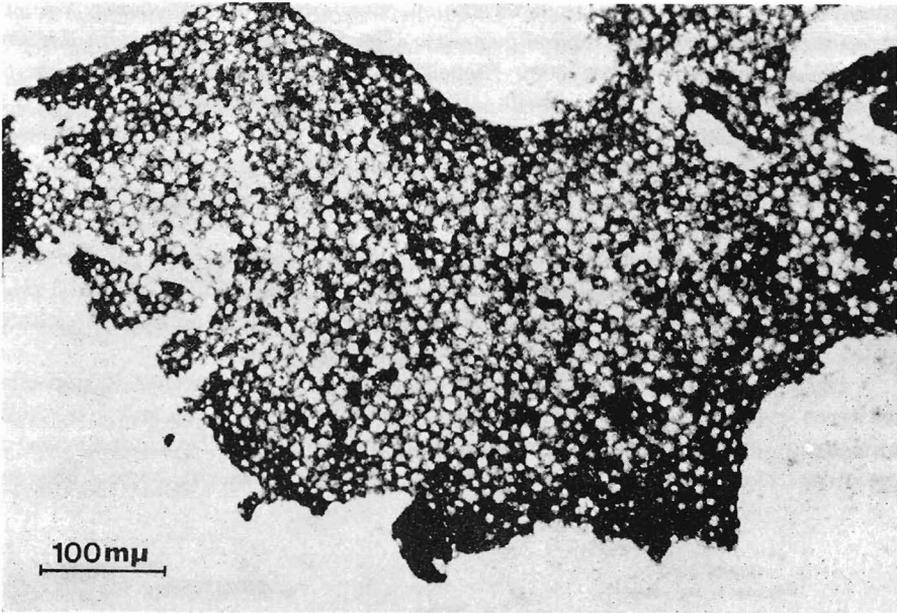


Abb. 1. Pigmentepithelfachpräparat aus der Macula des Menschen (Glutaraldehyd-Fixierung) ungefärbt

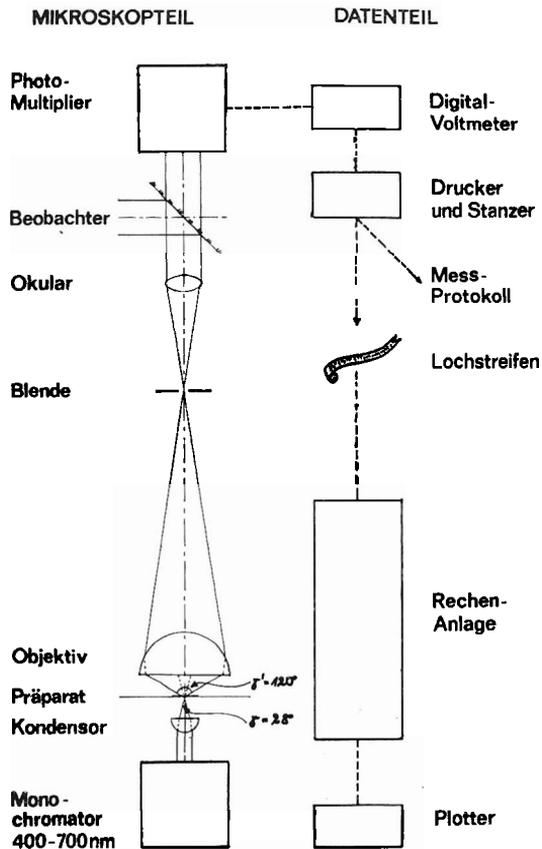


Abb. 2. Meßaufbau zur Transmissionsmessung von Pigmentepithelfachpräparaten

Transmission an durchschnittlich 16 Stellen jeweils bei 9 verschiedenen Wellenlängen zwischen 400 und 700 nm gemessen. Die Computer-Auswertung der auf diese Weise erhaltenen über 8000 Einzeltransmissionsmessungen erfolgte nach 3 Gesichtspunkten:

1. Transmissionsmittelwerte pro Präparat
2. Transmissionsunterschiede von Spezies zu Spezies
3. Transmissionsunterschiede von verschiedenen Regionen des Augenhintergrundes.

Im ersten Rechengang wurden die Transmissionsmittelwerte pro Präparat bestimmt, um die Variation innerhalb eines Präparates zu ermitteln. Abb. 3 zeigt eine typische Kurve aus der Macula des Menschen mit einer Standardabweichung von ca. 8% des Meßwertes und sehr kleinem Standardfehler.

Der zweite Rechengang ergab die Speziesunterschiede durch Addition aller Meßwerte jeweils einer Spezies. Abb. 4 stellt Mittelwertkurven mit Standardabweichung dar, bei denen die Steigung der menschlichen Transmissionskurve gegenüber Chinchilla-Kaninchen und Macaca-Iris-Affen abweicht. Nimmt man bei

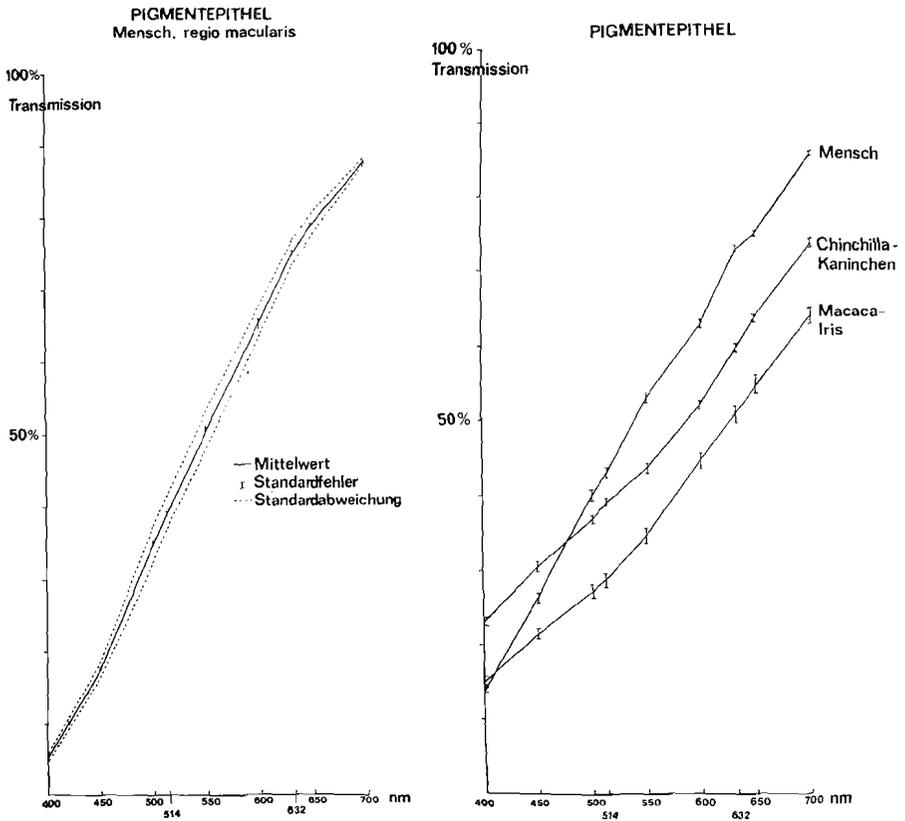


Abb. 3. Mittelwerttransmissionskurve des in Abb. 1 gezeigten Pigmentepithelfachpräparates mit Angabe von Standardfehler und Standardabweichung

Abb. 4. Mittelwerttransmissionskurven mit Standardfehler aller Pigmentepithelfachpräparate aus allen Lokalisationen pro Spezies

allen 3 Spezies gleiches Pigment an, so wären die Unterschiede in der Streuung möglicherweise durch andersartige Form, Größe oder Orientierung der Pigmentgranula erklärbar.

Im dritten Rechengang wurden die lokalisationsbedingten Unterschiede pro Spezies bestimmt.

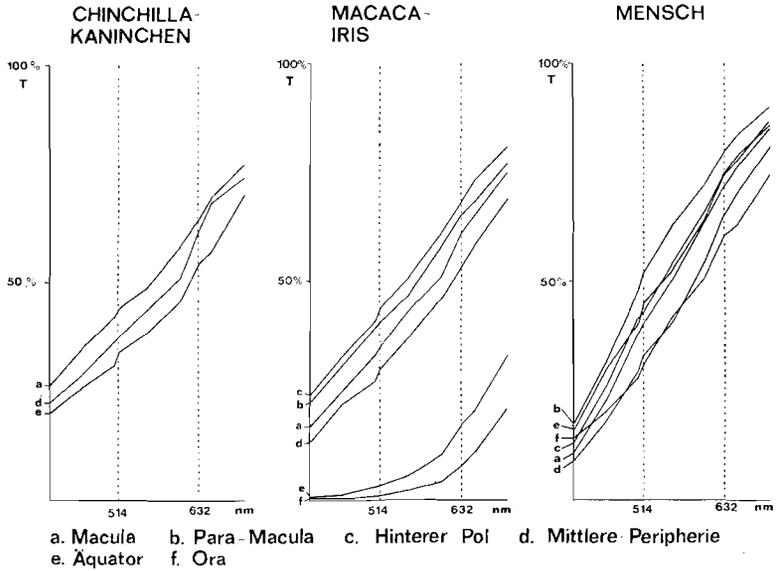


Abb. 5. Mittelwerttransmissionskurven aller Pigmentepithelfachpräparate einer Lokalisation pro Spezies

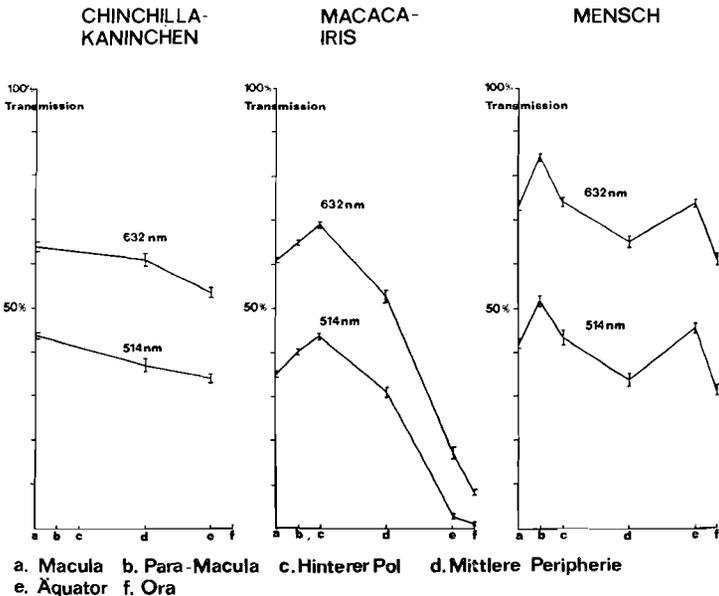


Abb. 6. Mittelwerttransmissionskurven mit Standardfehler aller Pigmentepithelfachpräparate einer Lokalisation pro Spezies bei Argon- und He-Ne-Laser Wellenlänge

Abb. 5 läßt erkennen, daß die Transmissionskurven parallel verlaufen, mit Ausnahme der von der Peripherie von *Macaca-Iris-Affen*. Man kann daher bei beliebigen Wellenlängen die Transmission herausgreifen und zur besseren Übersicht in Abhängigkeit von den verschiedenen Regionen des Augenhintergrundes darstellen (Abb. 6).

Bei den untersuchten Spezies sind von Spezies zu Spezies und von Lokalisation zu Lokalisation stets nahezu die gleichen Standardfehler zu erkennen, eine Beobachtung, die dafür spricht, daß sich das Pigmentepithel von Chinchilla-Kaninchen, *Macaca-Iris-Affen* und Mensch bezüglich der lokalen Schwankungen sehr ähnlich verhält. Ebenfalls bei den drei Spezies findet sich die Tendenz, daß die Transmission im Zentrum des Augenhintergrundes geringer als in der Peripherie ist. Dies ist am geringsten bei Chinchilla-Kaninchen, am deutlichsten bei *Macaca-Iris-Affen* ausgeprägt. Beim Mensch zeigen sich dagegen mehr von Region zu Region Schwankungen, während der Unterschied zwischen Zentrum und Peripherie gering ausgeprägt ist. Bei *Macaca-Iris-Affen* und beim Mensch fällt darüber hinaus auf, daß die paramaculären Regionen geringere Transmission als die Macula selbst aufweisen, bei beiden Spezies beträgt jedoch diese Differenz nicht mehr als durchschnittlich 10%.

Faßt man die Ergebnisse der Transmissionsmessungen an Pigmentepithelflachpräparaten von Chinchilla-Kaninchen, *Macaca-Iris-Affen* und vom Mensch zusammen, so kann man feststellen:

1. Die Transmission von menschlichen Pigmentepithel verhält sich etwas anders als das von Chinchilla-Kaninchen und *Macaca-Iris-Affen*. Dies ist möglicherweise durch andersartige Größe, Lage oder Orientierung der Pigmentgranula bedingt.

2. Bei den drei genannten Spezies nimmt die Transmission vom Zentrum zur Peripherie hin ab, am geringsten bei Chinchilla-Kaninchen, am meisten bei Macacac.

3. Die Transmissionschwankungen sind bei allen untersuchten Spezies und Bereichen größenordnungsmäßig etwa gleich, d. h. bei allen Präparaten bestehen überall etwa gleichgroße regionale Schwankungen.

4. Bei Mensch und *Macaca* ist die Transmission im Maculagebiet ca. 10% geringer als paramaculär, ein Unterschied, der das Verlöschen des background motteling im Maculagebiet bei der Fluoreszenz-Angiographie nicht allein erklären kann.

Für die freundliche Mithilfe bei der Computer-Auswertung danken wir Herrn M. Hühsam sehr herzlich.

Zusammenfassung

Mikrospektralphotometrische Transmissionsuntersuchungen an Pigmentepithelflachpräparaten von Chinchilla-Kaninchen, *Macaca-Iris-Affen* und vom Mensch haben ergeben:

1. Die Transmission von menschlichen Pigmentepithel verhält sich etwas anders als das von Chinchilla-Kaninchen und *Macaca-Iris-Affen*. Dies ist möglicherweise durch andersartige Größe, Lage oder Orientierung der Pigmentgranula bedingt.

2. Bei den drei genannten Spezies nimmt die Transmission vom Zentrum zur Peripherie hin ab, am geringsten bei Chinchilla-Kaninchen, am meisten bei Macacac.

3. Die Transmissionsschwankungen sind bei allen untersuchten Spezies und Bereichen größenordnungsmäßig etwa gleich, d. h. bei allen Präparaten bestehen überall etwa gleichgroße regionale Schwankungen.

4. Bei Mensch und Macaca ist die Transmission im Maculagebiet ca. 10% geringer als paramaculär, ein Unterschied, der das Verlöschen des back ground mottling im Maculagebiet bei der Fluoreszenz-Angiographie nicht allein erklären kann.

Aussprache

Herr Hunold (Bonn):

Haben Sie im Strahlengang unmittelbar vor oder hinter Ihrem Pigmentepithel-Präparat einen Diffusor eingeschaltet? Wenn das nicht der Fall ist, erhalten Sie bei Ihren Messungen wohl zu niedrige Werte für die Transmission bzw. zu hohe Werte für die Absorption, da Sie zwischen Präparat und Photokathode Licht durch Streuung verlieren. Bei Benutzung der Opalglas-Methode nach Shibata ist die Gültigkeit des Lambert-Beerschen Gesetzes eher gewährleistet.

Herr Meyer-Schwickerath:

Sie sprachen von der Transmission der untersuchten Pigmentschicht. Ist die uns am meisten interessierende Absorption der reziproke Wert davon?

Herr Gabel zu Herrn Hunold:

Wir haben bei unseren Messungen keinen Diffusor verwendet. Um durch Transmissionsmessungen an streuenden Medien auf das Absorptionsverhalten schließen zu können, kann man prinzipiell 2 Methoden anwenden:

1. Man verwendet zusätzlich einen Diffusor und mißt anschließend einen wohldefinierten Teil des dann in alle Richtungen gestreuten Lichtes, oder
2. man wählt den Meßwinkel größer als den Streuwinkel.

Wir haben uns, nicht zuletzt aus Gründen der größeren Lichtstärke, für die 2. Methode entschieden und mit einem Winkel von 120° gemessen. Zuvor wurde durch orientierende Messungen mit verschiedenen Meßwinkeln gezeigt, daß bei 120° bis auf höchstens 3 bis 5% alles gestreute Licht mitgemessen wurde. Da wir bei unseren Messungen weder die Konzentration der Pigmentkörner noch die Dicke der absorbierenden Schicht gemessen haben, ist die Anwendbarkeit des Lambert-Beerschen Gesetzes irrelevant.

Zu Herrn Meyer-Schwickerath: Prinzipiell kann eine Gewebsschicht Licht absorbieren, streuen und reflektieren. Wenn man durch die Meßanordnung sicherstellt, daß neben dem direkt transmittierten auch das gestreute und das reflektierte Licht gemessen wird, ist die Absorption gleich 1 minus der Transmission. Durch unsere Messung von Leerwert und Präparat bekommen wir praktisch keine zusätzliche Reflektion am Pigmentepithel. Durch die Wahl eines Objektivs mit sehr großer Apertur ($A = 1,32$, das entspricht ca 120° Meßwinkel) haben wir sichergestellt, daß bis auf einige Prozent alles gestreute Licht mitgemessen wird, so daß die o.g. Beziehung zwischen Transmission und Absorption gültig ist.