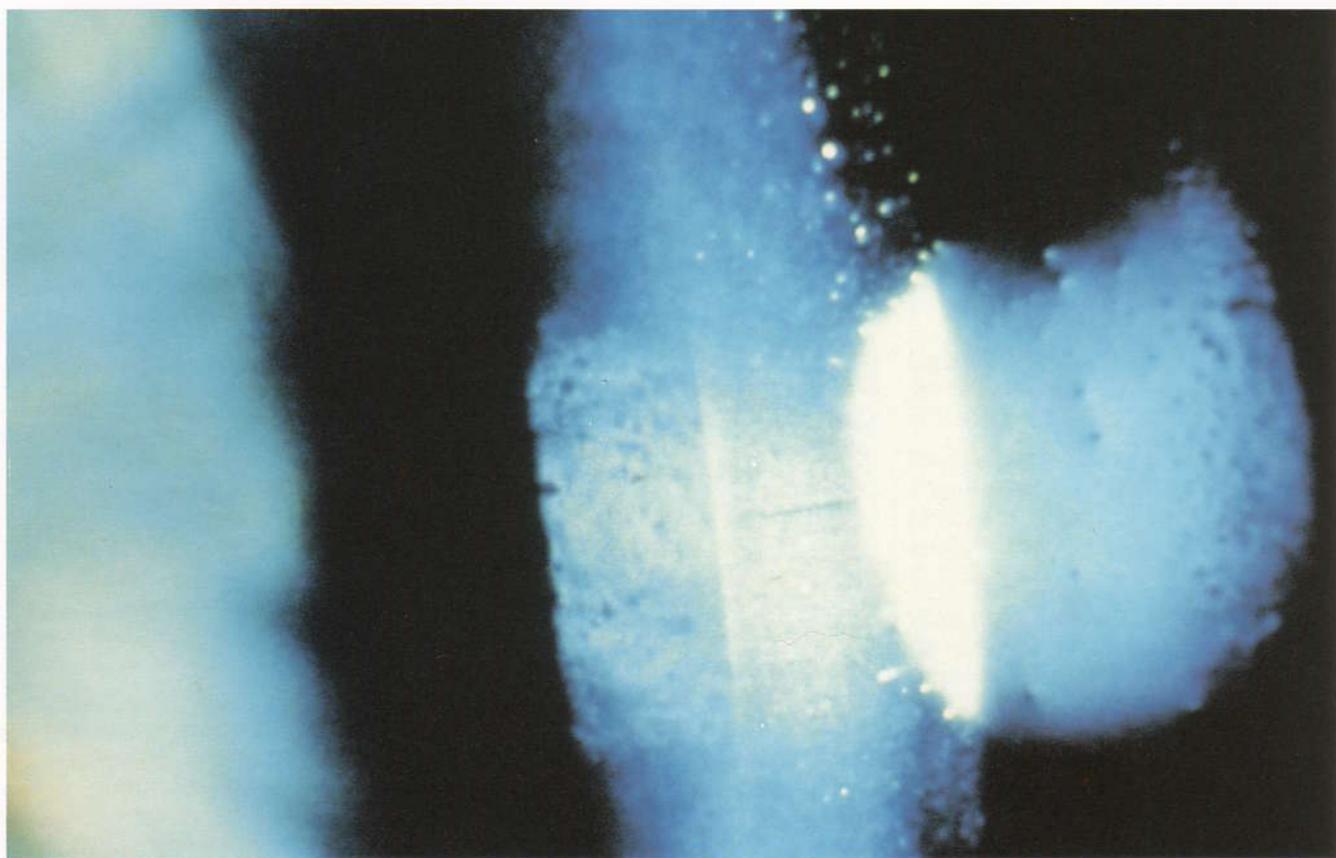

Sauerstoffmangelbedingte Hornhautveränderungen

Dieter Muckenhirn, Freiburg



Sauerstoffmangelbedingte Hornhautveränderungen

Von Dieter Muckenhirn, staatl. gepr. Augenoptiker, Freiburg

1. Vorbemerkungen

Im Zusammenhang mit Kontaktlinsen-tragen können Hornhautveränderungen beobachtet werden. In den letzten Jahren wurden diese Erscheinungen insbesondere im Zusammenhang mit dem Weichlinsentragen allgemein und mit dem verlängerten Linsentragen im Speziellen beobachtet. Die Ursachen sind zum Teil bekannt, werden aber auch noch diskutiert.

Mein persönlicher Eindruck ist, daß die zur Erkennung dieser Erscheinungen notwendigen spaltlampenmikroskopischen Untersuchungstechniken bei vielen Kontaktlinsenanpassern, Augenoptikern wie Augenärzten, noch recht unterentwickelt sind. Die folgende Arbeit verfolgt den Zweck, durch die Beschreibung der Veränderungen, der anzuwendenden Beobachtungstechnik und das dazu passende Bildmaterial den Kontaktlinsenanpasser in dieses wichtige Gebiet einzuführen.

2. Angebot und Nachfrage

Damit der Stoffwechsel der Hornhaut ohne Einschränkungen ablaufen kann, benötigt sie die ständige Zufuhr von Sauerstoff, Glukose, Aminosäuren, Vitaminen und Mineralien. Gleichzeitig müssen die Abbauprodukte Kohlendioxid und Milchsäure abgeführt werden.

Wieviel Sauerstoff benötigt die Hornhaut zur Aufrechterhaltung ihrer Funktion?

Über diese Frage wurde in den letzten Jahren sehr ausführlich geforscht und berichtet. Eine Antwort ist nicht ganz einfach, hängt sie doch sehr von den zugrundegelegten Kriterien wie

Hornhautquellung,
Gewebeveränderungen,
Epithelzellteilung,
Milchsäureanreicherung,
Hornhautsensibilität und
limbaler Gefäßreaktion ab [1].

In einer einfachen Sauerstoffanteiltabelle lassen sich diese Kriterien sehr anschaulich darstellen (Abb. 1). Die Skala reicht von 0% — also Anoxie — bis 20,9%, dem normalen Sauerstoffanteil der Luft in Meereshöhe. Jahrelang wurde die Polse-Mandell-Schwelle als wichtiger minimaler Grenzwert angesehen. Dieser Wert besagt, daß 2% Sauerstoffanteil notwendig sind, um eine Hornhautquellung zu vermeiden. Anlaß zu widersprüchlichen Meinungen war aber schon dadurch gegeben, daß damit nicht beantwortet werden konnte, warum die Hornhaut während des Schlafens quillt. Stehen ihr doch dort 7,7% Sauerstoffanteil zur Verfügung.

Neuere Untersuchungen, durchgeführt von Holden [2] und Mitarbeitern haben ergeben, daß ein notwendiger Sauerstoffanteil von 10% wesentlich realistischer ist, um eine Quellung zu vermeiden.

Ebenfalls durch Holden wurde festgestellt, daß der Grad der Füllung der lim-

balen Gefäße erst bei einem Sauerstoffanteil von mehr als 10% nicht verändert wird [2].

Hamano, der als Kriterium die Anreicherung des Kammerwassers mit Milchsäure zugrunde legt [3], kommt auf einen Mindestsauerstoffanteil von 13,2%.

Etwa 13% sind auch erforderlich, wenn die Zellerneuerung im Epithel ohne Beeinträchtigung erfolgen soll.

Sicher ist, daß der individuelle Sauerstoffbedarf von Person zu Person unterschiedlich sein kann. Deshalb ist es auch nicht möglich, allgemeingültige Grenzwerte anzugeben. Man muß aber davon ausgehen, daß die Hornhaut deutlich mehr Sauerstoff benötigt, als man in früheren Zeiten angenommen hat.

Um der Hornhaut den notwendigen Sauerstoff zur Verfügung stellen zu können, geben Holden und Merz die „kritischen Transmissibilitäten“ für die Kontaktlinsen an.

Für Tagestragen gilt: $Dk/L = 24 \times 10^{-9} \text{ (cm} \times \text{ml} \times \text{O}_2) / \text{(sec.} \times \text{ml} \times \text{mmHg)}$.

Für das Tragen bei geschlossenen Augen gilt: $Dk/L = 87 \times 10^{-9} \text{ (cm} \times \text{ml} \times \text{O}_2) / \text{(sec.} \times \text{ml} \times \text{mmHg)}$.

Als Kompromiß für verlängertes Tragen wird $Dk/L = 34 \times 10^{-9}$ vorgeschlagen. Diese Transmissibilität erlaubt dem Auge bald nach dem Öffnen wieder die normale Dicke zurückzugewin-

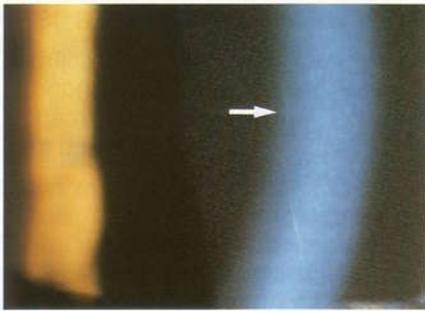


Abb. 6



Abb. 7



Abb. 9

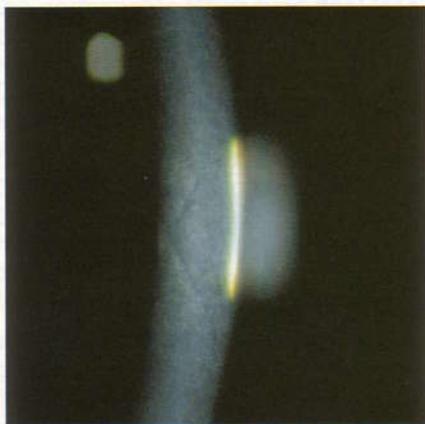


Abb. 10

4.21 Beobachtung

Die Beobachtungstechnik ist grundsätzlich dieselbe wie bei Stromaschlieren (4.11) (Abb. 8).

4.22 Ödemlevel

Will man das Ausmaß eines Hornhautödems abschätzen, kann man sich an folgenden Richtlinien orientieren [9]:

Hornhautdickenzunahme	Beobachtung
ca. 5%	eine zentrale Stromaschlieren
5% – 10%	mehrere Stromaschlieren
über 10%	zahlreiche Schlieren mit zusätzlichen Falten

4.3 Gefäßeinsprossungen

Werden Gefäßveränderungen im Limbusbereich in der Form festgestellt, daß neue Gefäße in die Hornhaut eindringen, ist es grundsätzlich ein Zeichen dafür, daß die Hornhaut unter Streß steht [10]. Auf Kontaktlinsenfragen bezogen heißt das, daß entweder die Anpassung der Linse nicht korrekt ist oder die Linse insgesamt den physiologischen Anforderungen der Hornhaut nicht genügt. Die Ursachen dieses Gefäßwachstums sind vielfältig. Sie variieren in Vorkommen und Ausmaß, sind häufig symptomlos und müssen als ernsthafte Komplikation des Linsentragens angesehen werden. Bei langjährigen HEMA-Linsenträgern oder bei Personen, die ihre Linsen über längere Zeiträume Tag und Nacht tragen (Abb. 11), sind Gefäßveränderungen erheblich ausgeprägter als bei solchen Personen, die ihre Linsen nur sporadisch anwenden, oder die Linsen mit hoher Sauerstofftransmissibilität tragen. Man geht deshalb davon aus, daß ein chronisches Stromaödem einen Dispositionsfaktor für ein Gefäßwachstum darstellt [11], aber nicht die einzige Ursache ist. Leichte Entzündungen durch Kontaktlinsenflüssigkeiten, anaerober Metabolismus und fester Linsensitz werden ebenfalls als Ursache genannt.

Eine gründliche spaltlampenmikroskopische Prüfung des limbalen Gefäßnetzes muß jeder Linsenanpassung vorausgehen. Der momentane Status sollte festgehalten und bei jeder Nachkontrolle auf Veränderung überprüft werden.

Als Grenze für eine akzeptable Gefäßeinsprossung wird ein Bereich von ca. 1 mm Breite [12] vom Limbus aus angesehen. Ist ein über diesen Bereich hinausgehendes Gefäßwachstum festzustellen, muß die Tragezeit, die Anpassung oder der Linsentyp geändert werden.

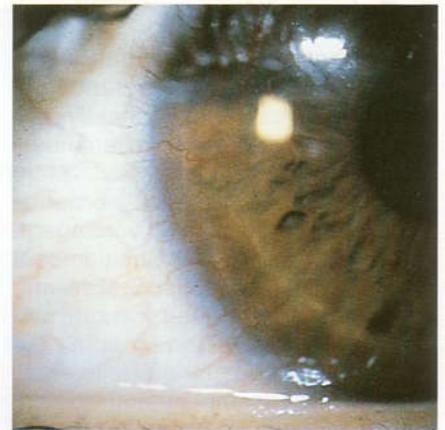


Abb. 11

4.31 Beobachtung

Beobachtet wird mit direkter oder regradienter Beleuchtung (Abb. 12) bei mittlerer bis hoher Vergrößerung. Will man die Ausdehnung der Gefäße messen, kann man das sehr leicht, wenn der Spalteinstellung der Lampe eine Millimeterskala hat. Man stellt dann einfach die Spaltbreite auf die Einsprossung ein (Abb. 13) und liest dann an der Skala die Länge ab. Mit einem Rotfrei-Filter kann durch Verbesserung des Kontrastes die Beobachtung erleichtert werden.

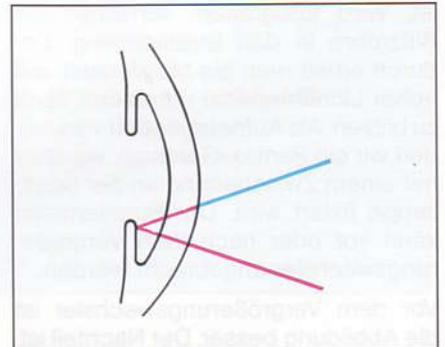


Abb. 12

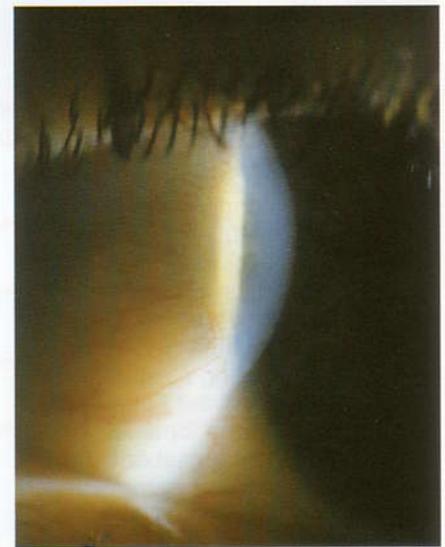


Abb. 13

4.4 Endothel

Die wichtige Rolle des Hornhaut-Endothels für die Aufrechterhaltung des normalen Quellungszustandes der Cornea ist in der Vergangenheit ausführlich beschrieben worden. In neuerer Zeit wird die Frage der Endothelbeeinflussung durch Kontaktlinsenträger immer ausführlicher diskutiert. Da sich Endothelzellen nicht regenerieren und mit zunehmendem Alter die Zelldichte geringer wird, ist es wichtig zu wissen, welchen zusätzlichen Einfluß eine Kontaktlinse hat. Das normale Endothel hat eine Zelldichte von etwa 2000 – 3000 Zellen pro mm² [13]. Die Zellen sind sechseckig und gleichmäßig in Form und Größe (Abb. 14).

4.41 Beobachtung

Die Beobachtungstechnik ist vergleichbar mit der direkten und wird als diffuse Spiegelung bezeichnet. Dazu beobachtet man nicht das in der Schärfeebene des Spaltbildes befindliche, sehr helle Lampenwendel-Reflexbild der Hornhautoberfläche, sondern die schräg dahinter liegende Zone der sogenannten diffusen Reflexion (Abb. 15). Dieser hintere Spiegelbezirk hat nur etwa 1/100 Lichtintensität gegenüber dem vorderen (Abb. 16). Deshalb müssen beide Spiegelbezirke (Vorder- und Rückfläche) gut getrennt werden [13]. Der Spalt darf eine gewisse Breite nicht überschreiten und ist vom Winkel zwischen dem Beobachtungs- und Beleuchtungsstrahlengang abhängig. Als Ausgangsgröße wählt man eine Spaltbreite von ca. 1 mm. Der Winkel zwischen Beobachtungs- und Beleuchtungseinrichtung beträgt 45° bis 50°.

Die Beobachtung wird damit begonnen, daß das Mikroskop senkrecht zur Hornhaut steht und leicht temporal justiert wird. Die Beleuchtung ist schräg einseitig. Dadurch beobachtet man zuerst die peripheren Endothelbezirke. Durch leichtes Verändern des Winkels zwischen Mikroskop und Beleuchtung und gleichzeitiger Nachfokussierung versucht man in der Zone der diffusen Reflexion die Endotheloberfläche zu finden. Der Einfachheit halber beginnt man mit einer mittleren Vergrößerung von 20- bis 25fach. Hat man die Endotheloberfläche gefunden, muß man die Vergrößerung auf 50- bis 60fach steigern, um die einzelnen Endothelzellen erkennen zu können (Abb. 17/Abb. 18).

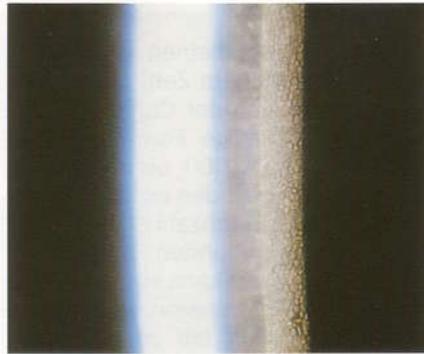


Abb. 14 (Aufnahme Zeiss Endothelmikroskop)

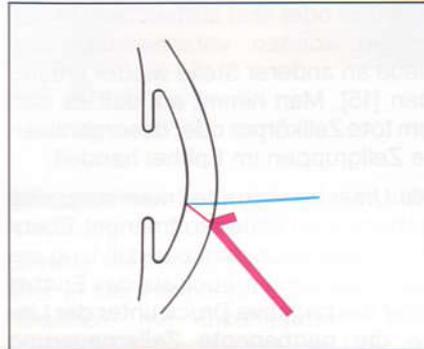


Abb. 15

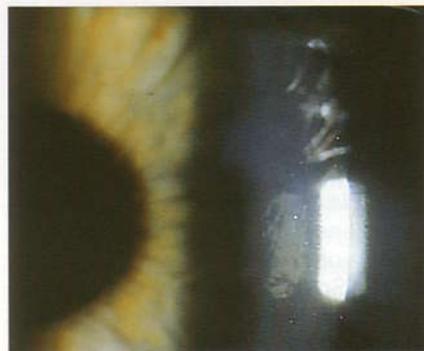


Abb. 16



Abb. 17

Abb. 18 (starke Nachvergrößerung)

4.42 Kurz- und langfristige Endothelveränderungen

Bei Kontaktlinsenträgern muß man bei der Endothelbeobachtung zwischen kurz- und langfristigen Veränderungen unterscheiden.

4.421 Kurzfristige Endothelveränderungen

Dazu zählen:

Endothelblebs

Falten und Streifen (beschrieben unter Descemetfalten und Stromaschlieren)

Endothelblebs können bei Linsenträgern auftreten, welche sich noch nicht an die Linse gewöhnt haben. Sie sind schon kurz nach dem Aufsetzen zu sehen und verschwinden wieder, wenn die Linse entfernt wird. Blebs erscheinen als viele schwarze Punkte in der Zellstruktur (Abb. 19). Bei der mikroskopischen Beobachtung sieht es aus, als ob einzelne Zellen fehlen würden.

Die Ursache der Blebs ist noch ungeklärt. Es scheint aber so zu sein, daß die Regelmäßigkeit der Endotheloberfläche gestört ist. Dies entsteht durch ein Endothelödem, wodurch einzelne Zellen anschwellen. Bei der optischen Abbildung haben sie eine andere Schärfeebene und erscheinen deshalb als schwarze Punkte (Abb. 20).

4.422 Langfristige Endothelveränderungen

Hierbei geht es um Veränderungen von Form und Größe der sonst regelmäßig hexagonalen Endothelzellen.

Solche Veränderungen bezeichnet man als Polymegathismus, die daraus resultierende Zellformation als polymorph.

Langjähriges Tragen von gasundurchlässigen Linsen sowie ununterbrochenes Tragen von Weichlinsen verursacht derartige Veränderungen [14].

Bei der spaltlampenmikroskopischen Beobachtung erkennt man eine ziemlich unregelmäßige Zellstruktur, wobei einzelne Zellen rund und wesentlich vergrößert sind (Abb. 21). Nach heutigem Wissensstand ist es sehr unwahrscheinlich, daß sich polymorphe Veränderungen zurückbilden, auch wenn von gasundurchlässigen auf gasdurchlässige Linsen oder von Dauertagen auf tägliches Tragen umgestellt wird. Selbst ein vollständiges Weglassen der Linsen hat keinen Einfluß.

Inwieweit Polymegathismus den Hornhautstoffwechsel oder andere Funktionen beeinflusst, ist bis jetzt nicht bekannt.



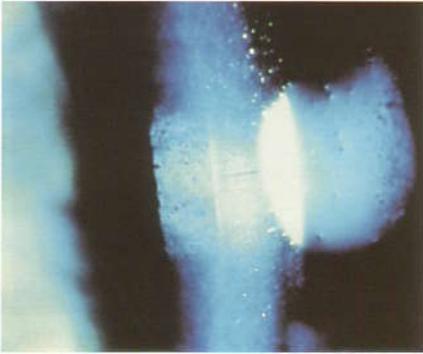


Abb. 19 (Aufnahmen B + L)

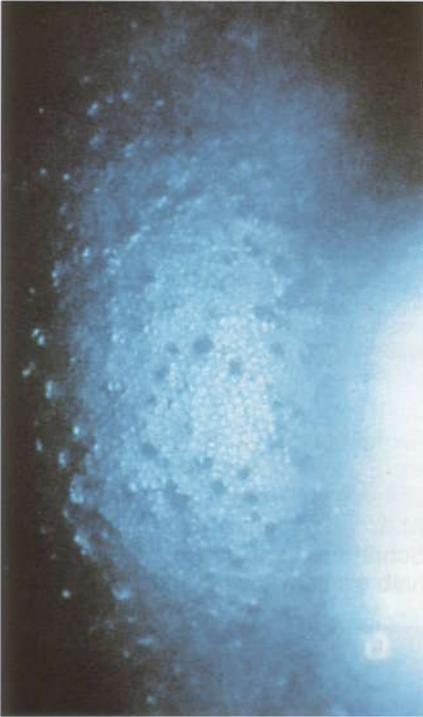


Abb. 20 (S. Zantos)



Abb. 21 (Aufnahme Zeiss Endothelmikroskop)

4.5 Mikrozysten

Mikrozysten erscheinen als kleine graue Pünktchen im Zentrum und im mittleren Bereich der Cornea, haben eine unregelmäßige Form und eine Größe von ca. 2/100 bis 5/100 mm (Abb. 22). Sie befinden sich im Epithel (Abb. 23). Ihre Brechzahl ist größer als die des sie umgebenden Hornhautgewebes. Die Anzahl kann von einzelnen bis sehr vielen variieren, in außerordentlichen Fällen bis zu mehreren Hundert.

Manchmal können sie nach dem Absetzen der Linsen sogar kurzfristig zunehmen oder erst auftauchen. Mikrozysten können verschwinden und neue an anderer Stelle wieder entstehen [15]. Man nimmt an, daß es sich um tote Zellkörper oder desorganisierte Zellgruppen im Epithel handelt.

Als Ursache vermutet man langfristig anhaltenden Sauerstoffmangel. Ebenso ist aber auch denkbar, daß lang anhaltender Linsendruck auf das Epithel oder der negative Druck unter der Linse die permanente Zellerneuerung des Epithels behindert.

4.51 Beobachtung

Mikrozysten beobachtet man mit regredienter Beleuchtung (Abb. 24). Die Schärfeebene des Spaltlampenmikroskopes muß auf das Epithel eingestellt sein. Als Fokussierhilfe können dabei die feinen Partikel des Tränenfilms dienen. Die Lichtquelle hat einen Winkel von ca. 45 Grad zum Mikroskop und die Spaltbreite soll etwa 2 mm betragen. Bei der Suche nach Mikrozysten wird die Lichtquelle im Winkel leicht verändert, während mit der anderen Hand die gesamte Spaltlampe leicht verschoben wird. Die auf der Iris des Auges abgebildete Licht-Schattengrenze sollte etwa in Höhe der Pupillengrenze verlaufen. Diese Grundeinstellung findet man am besten bei mittlerer Vergrößerung. Ist man in der richtigen Position und in der Schärfeebene des Epithels, steigert man die Vergrößerung auf 30- bis 40fach und kann dann sehr leicht die Mikrozysten erkennen, sofern welche vorhanden sind (Abb. 25).

4.6 Vacuolen

Vacuolen sind verhältnismäßig leicht von Mikrozysten zu unterscheiden. Sie haben eine ziemlich runde Form und eine scharfe Abgrenzung. Recht häufig sind Vacuolen größer als Mikrozysten. Sie haben einen geringeren Brechungsindex als das sie umgebende Epithelgewebe [16]. Sie treten gewöhnlich im mittleren Hornhautbereich auf, vielfach zusammen mit Mikrozysten. Bei Hartlinsenträgern mit 3-9-Uhr-Stippen kann man im Bereich



Abb. 22

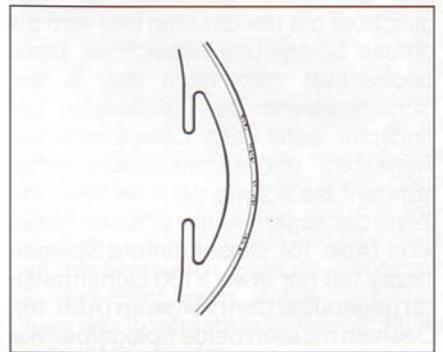


Abb. 23

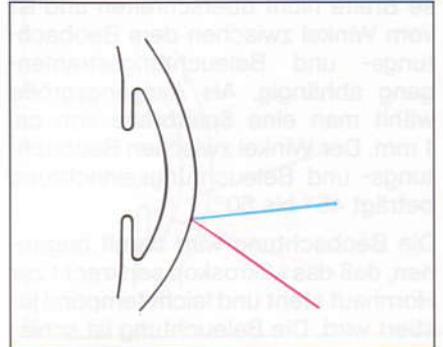


Abb. 24



Abb. 25



Abb. 26

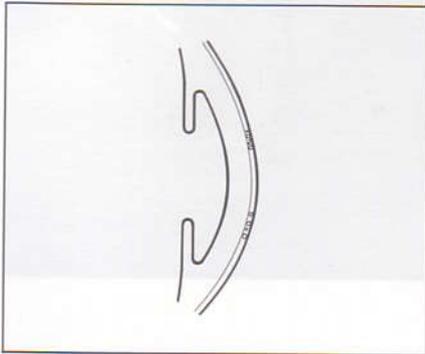


Abb. 27

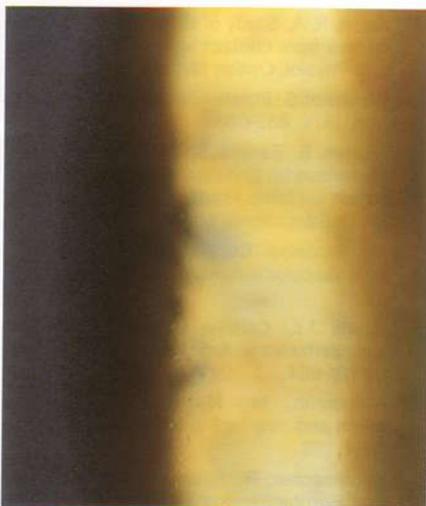


Abb. 28

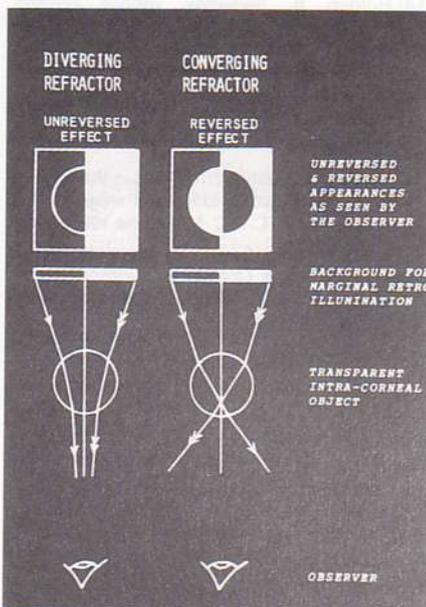


Abb. 29



Abb. 30



Abb. 31

des gestippten Epithels Vacuolen aufspüren.

Ebenso bei Nichtlinsenträgern, dann aber in der Peripherie oder auch bei Personen mit inkomplettem Lidschlag, dort dann im unteren Bereich der Hornhaut.

Bei Linsenträgern kommen normalerweise nur wenige Vacuolen vor. Sie treten dabei als kleine Gruppen von 2 bis 6 Stück auf (Abb. 26).

Da bekannt ist, daß der Brechungsindex der Vacuolen geringer als der des Hornhautgewebes ist, nimmt man an, daß es sich um gasförmige oder luftleere Bläschen handelt (Abb. 27). Ihre Ursache ist bislang unbekannt. Sie treten in erster Linie bei aphaken Linsenträgern mit verlängerter Tragezeit auf. Aber auch bei Weichlinsenträgern, die andere Sauerstoffmangelzeichen über längere Zeiträume haben, kann man Vacuolen nachweisen. Deshalb vermutet man, daß Sauerstoffmangel die Entstehung mitverschuldet. Da sie aber auch dort zu finden sind, wo durch Tränenfilmprobleme (Abb. 28) Epithelstörungen vorkommen, sind auch andere Ursachen denkbar.

4.61 Beobachtung

Es wird dieselbe Beobachtungstechnik wie bei der Mikrozystenbeobachtung angewandt (Abb. 24).

Ist man unsicher, ob es sich bei den beobachteten Details um Mikrozysten oder Vacuolen handelt, kann man die Änderung des Licht-Schatten-Effekts der reflektierten Beleuchtung verwenden. Dabei beobachtet man die Licht-Schattengrenze auf der Iris und positioniert das Spaltlampenmikroskop so, daß die reflektierte Licht-Schattengrenze genau durch die Mitte der Mikrozyste bzw. Vacuole verläuft. Handelt es sich bei der beobachteten Veränderung um eine Mikrozyste (Brech-

zahl höher als Umgebung), sind Licht und Schatten entgegengesetzt dem Licht-Schatten auf der Iris (Abb. 29/30). Handelt es sich bei der beobachteten Veränderung um eine Vacuole (Brechzahl kleiner als Umgebung), sind Licht und Schatten in der Vacuole gleichgerichtet dem Licht-Schatten auf der Iris [16] (Abb. 29/31).

4.7 Epithel-Bullae

Epithel-Bullae werden von Vacuolen durch ihre mehr ovale Form, durch die weniger ausgeprägten Abgrenzungen und durch das büschelartige Auftreten unterschieden. Das Aussehen ist vergleichbar mit der Oberfläche einer Orange (Abb. 32). Meist dehnen sich Bullae flächenhaft aus und sind überall auf der Hornhaut zu finden. Wie die Vacuolen haben Bullae einen gleichgerichteten Licht-Schatteneffekt. Daraus kann man schließen, daß die Brechzahl geringer ist als die der Umgebung. Da die Grenzen von Bullae recht schwierig zu sehen sind, kann man folgern, daß die Brechzahlen sehr ähnlich sind. Man nimmt deshalb an, daß es sich bei Bullae um flüssigkeitsgefüllte Zonen handelt.

Im Zusammenhang mit Linsentragen kommen Bullae recht selten vor. Die Ursache ist ungeklärt, man nimmt aber an, daß sie die Folge eines langanhaltenden, ausgedehnten Stromaödems sind [17].

4.71 Beobachtung

Die Beobachtungstechnik ist vergleichbar der für Mikrozysten bzw. Vacuolen (Abb. 24). Da die Grenzen der Bullae nur schwer festzustellen sind, sollte man nicht nur das Hornhautepithel, sondern gleichzeitig auch die dahinter liegende Iris beobachten (Abb. 33). An der durch die Bullae veränderten Schärfe der Iris kann man die Bullae leichter identifizieren.



Abb. 32



Abb. 33

5. Schlußbemerkungen

Wer die Entwicklungstendenzen der letzten Jahre verfolgt hat und diese in die Zukunft projiziert, dem ist klar, daß immer besser werdende Kontaktlinsenmaterialien und Kontaktlinsengeometrien eine noch größere Erschließung des Kontaktlinsenträgerpotentials erhoffen lassen. Diese Hoffnungen werden sich aber nur erfüllen, wenn parallel dazu der Kontaktlinsen-anpasser seine Anpaßtechnik den erforderlichen Gegebenheiten anpaßt. Eine zentrale Rolle spielt dabei eine möglichst perfekte Spaltlampentechnik. Man darf nicht davon träumen, daß bessere Linsen die Anpassung vereinfachen. Ein gutes Beispiel dafür sind die Linsen für verlängerte Tragezeit. Von verschiedenen Firmen werden schon jetzt diese Linsen sehr stark beworben. Aussagen wie „problemlos für 30 Tage“ oder „auch als vT-Linse geeignet“ sind dabei keine Seltenheit. Man muß sich davor hüten, dies einfach zu übernehmen. Eine Linse für verlängertes Tragen anzupassen, ist nicht so sehr das Problem. Das Problem liegt mehr darin zu beurteilen, ob der Klient ohne Schaden zu nehmen eine Linse für mehrere Tage oder Wo-

chen ununterbrochen auf dem Auge belassen kann. Deshalb ist nicht die Frage zu diskutieren, ob die Linse vT-geeignet ist, sondern die Frage, ob der Linsen-anpasser „vT-geeignet“ ist. Diese Frage muß sich jeder selbst beantworten und immer dabei bedenken, welche Verantwortung er bei der Durchführung einer Anpassung übernimmt.

Literaturhinweise

- [1] Efron, N., Brennan, N.: Physiologische Anforderungen der Cornea beim Tragen von Hydrogellinsen. NOJ 5/1985.
- [2] Holden, B.: Bausch and Lomb Symposium on Contact Lenses. 1983 Athen.
- [3] Hamano, H.: Effects of contact lens wear on mitosis of corneal epithelium and lactat content in aqueous humor of rabbit. Jpn. J. Ophthalmol 1983; 27:451-458.
- [4] Kohler, J.E.: Clinical dehydration of extended wear lenses. I. C. L. C. 3.85.
- [5] Fatt, J.: Persönl. Mitteilung.
- [6] Stone, J.: Die Anwendung des Biomikroskopes in der augenoptischen Praxis. The Ophthalmic Optician. Juni 1979.

- [7] Kerns, R. A.: Study of striae observed in the cornea from contact lens wear. Am J. Opt. and Physiol. Optics 12/1985.
- [8] Wechsler, S.: Striate corneal lines. Am J. Optom. 1974; 852-855.
- [9] Holden, B., Zantos, S.: The Holden Zantos Technique for Endothelia and high magnification slit lamp Photography. Bausch and Lomb Educational Service.
- [10] Mc. Monnies: Contact lens induced corneal vascularizations. I. C. L. C. 1983; 10:12-21.
- [11] Baum, J.L.: Corneal edema and corneal vascularizations. Am. J. Ophthalmol. 1968; 65:881-884.
- [12] Allansmith, M.: Neovascularization-How much and how far? J. of the A. O. A. March 1984; 199.
- [13] Sundmacher, R.: Spaltlampenmikroskopie des Hornhautendothels im Spiegelbezirk. Ber. Dtsch. Ophthalmol. Ges. 77, 943-950 (1980).
- [14] Holden, B., Sweeney, Vannas, Nilsson, Efron: Effect of long terme extended lens wear on the human cornea. Invest Ophthal. Vis Su: Submitted for publications 1984.
- [15] Zantos, S.: Corneal infiltrates, debris and microcysts. J. of the A. O. A. March 1984; 196-198.
- [16] Zantos, S.: Cystic formations in the corneal epithelium during extended wear of contact lenses. I. C. L. C. May/June 1983.
- [17] Korb, Richmond, Herman: Physiological response of the Cornea to hydrogel lenses before and after cataract extraction. J. of the A. O. A. 1980.

Anschrift des Verfassers:
Dieter Muckenhirn
Dorfstraße 2
7801 Au

*Veröffentlichung nach einem Vortrag, gehalten auf der
31. Arbeitstagung der Vereinigung Deutscher Contactlinsen-anpasser VDC
am 28. 9. 1985 in Oldenburg.*